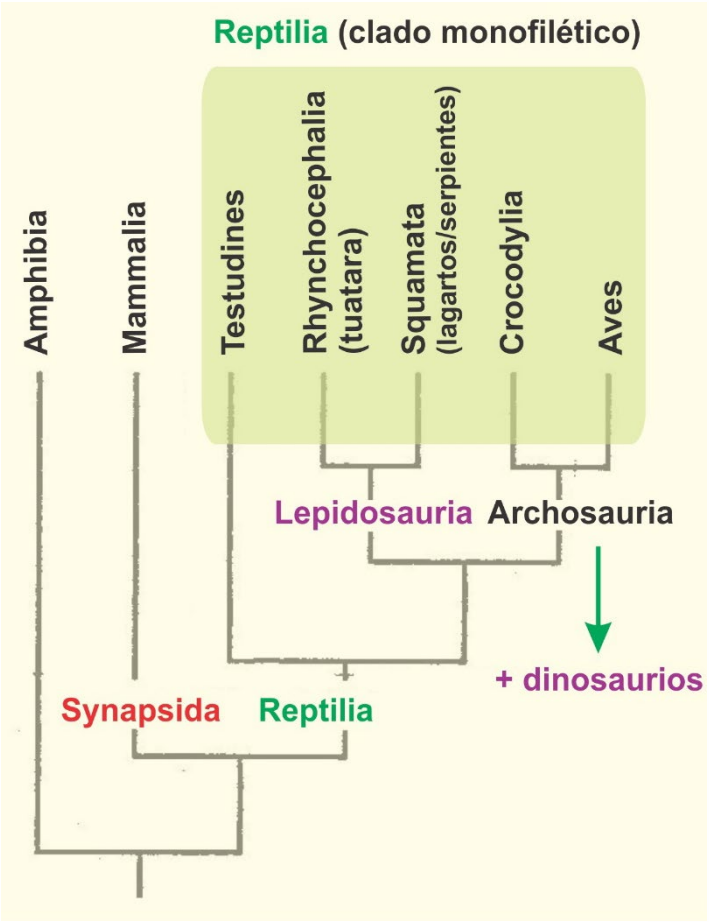
Clase

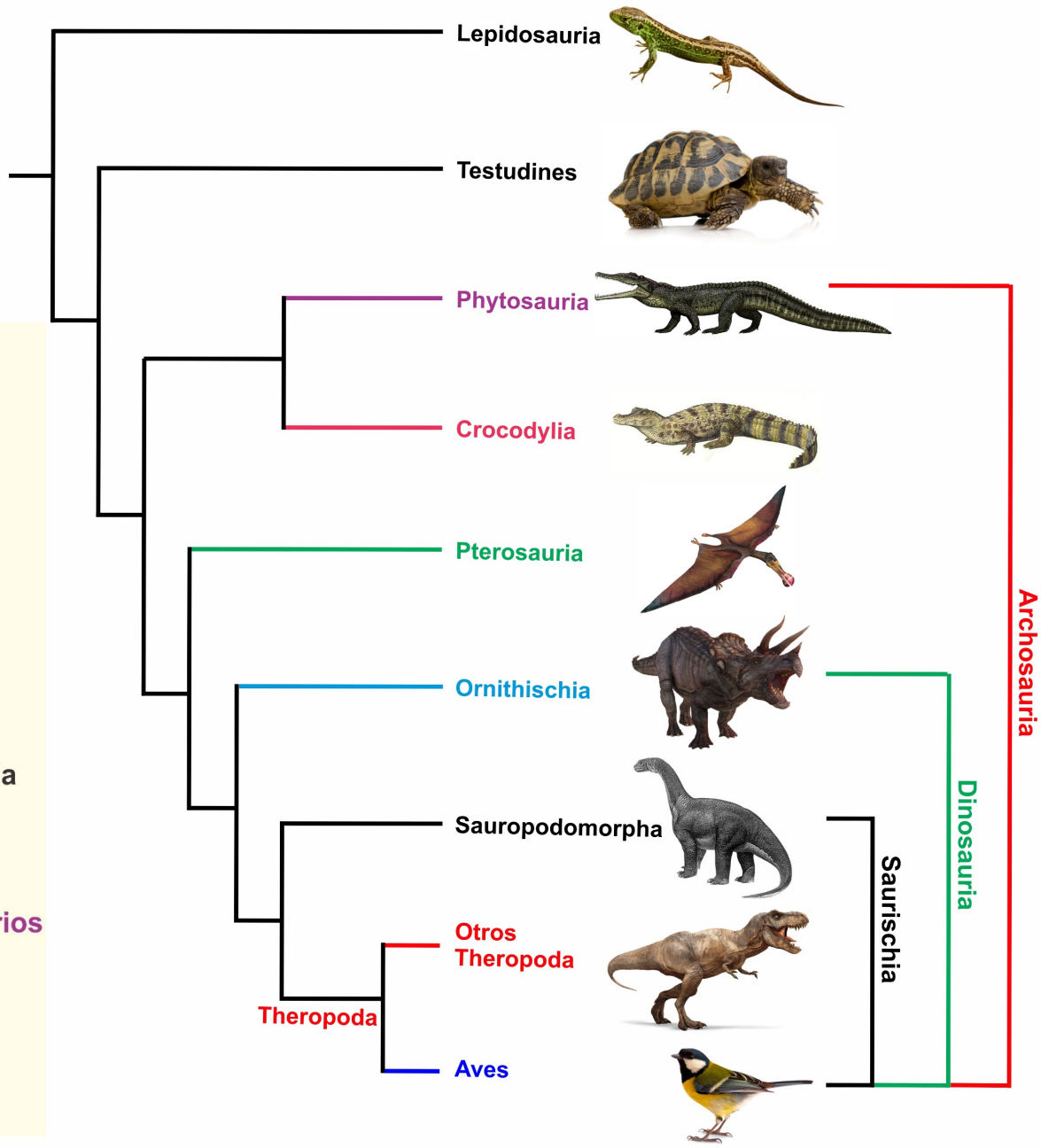
Aves

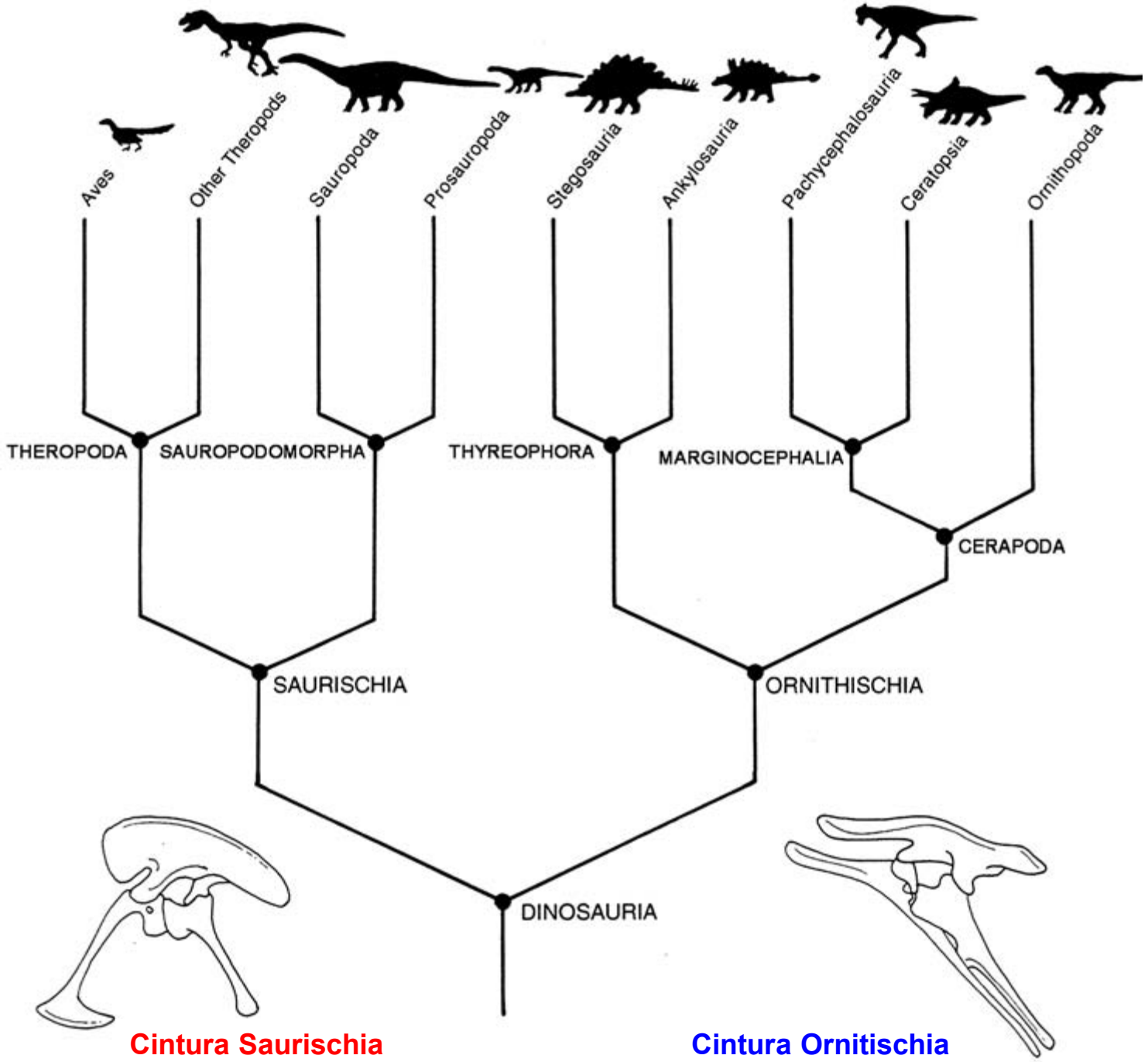
Tema 5.9

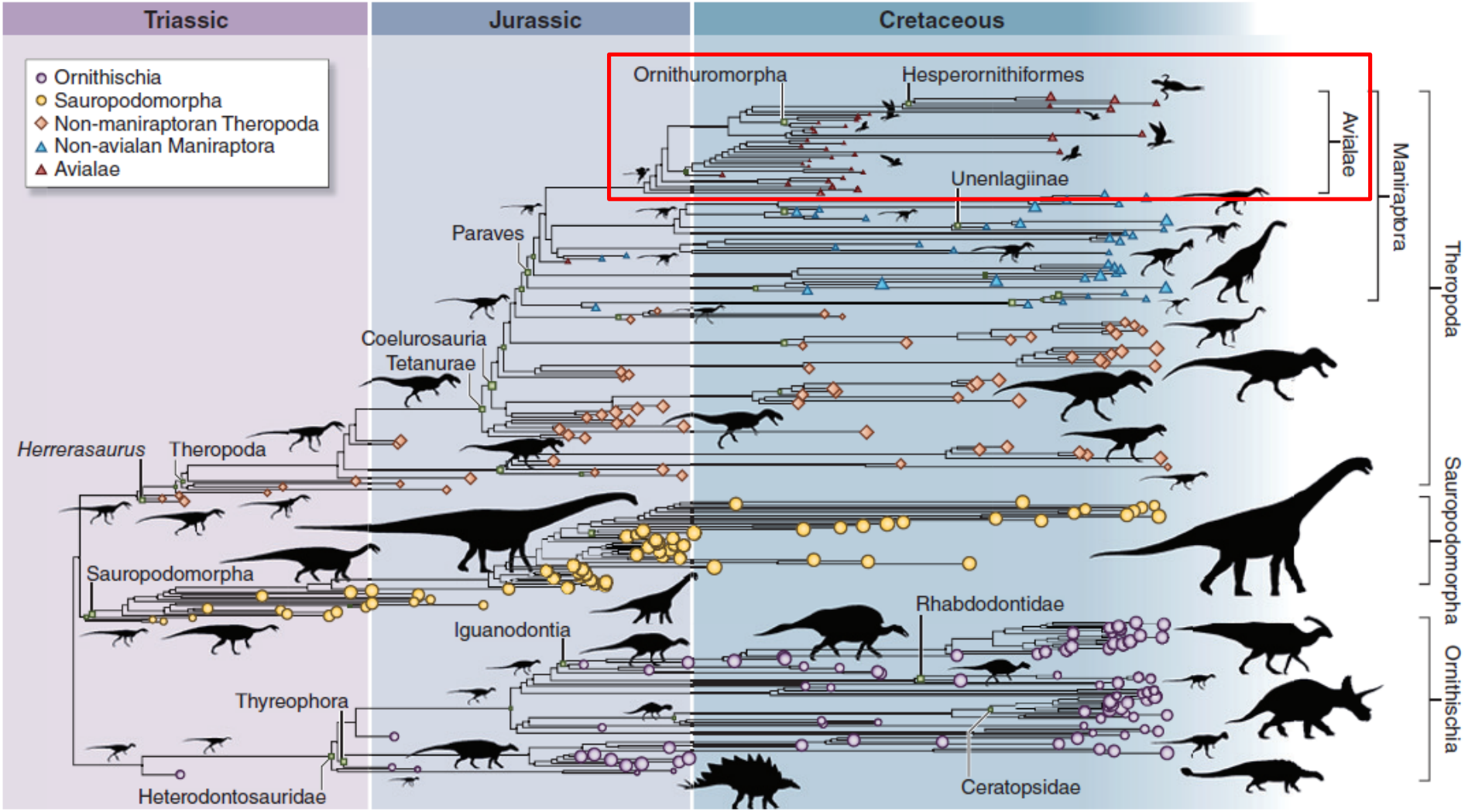
Bernardo Lopez

Aves en el contexto histórico






Aves
Other Theropods
Sauropoda
Prosauropoda
Stegosauria
Ankylosauria
Pachycephalosauria
Ceratopsia
Ornithopoda
THEROPODA
SAUROPODOMORPHA
THYREOPHORA
MARGINOCEPHALIA
CERAPODA
SAURISCHIA
ORNITHISCHIA
DINOSAURIA
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

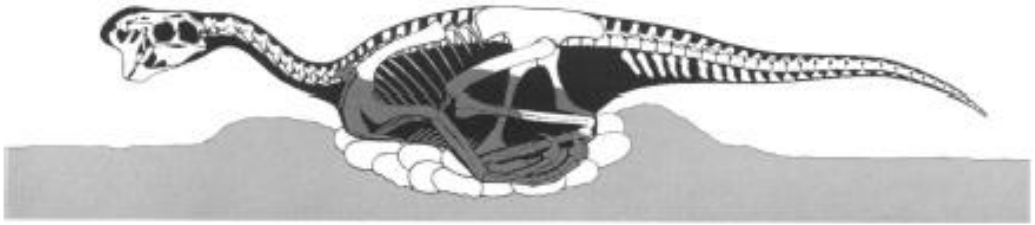
1. Similitudes comportamentales
2. Similitudes osteológicas
3. Filogenia
4. Registro fósil: dinosaurios emplumados del Jurásico

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

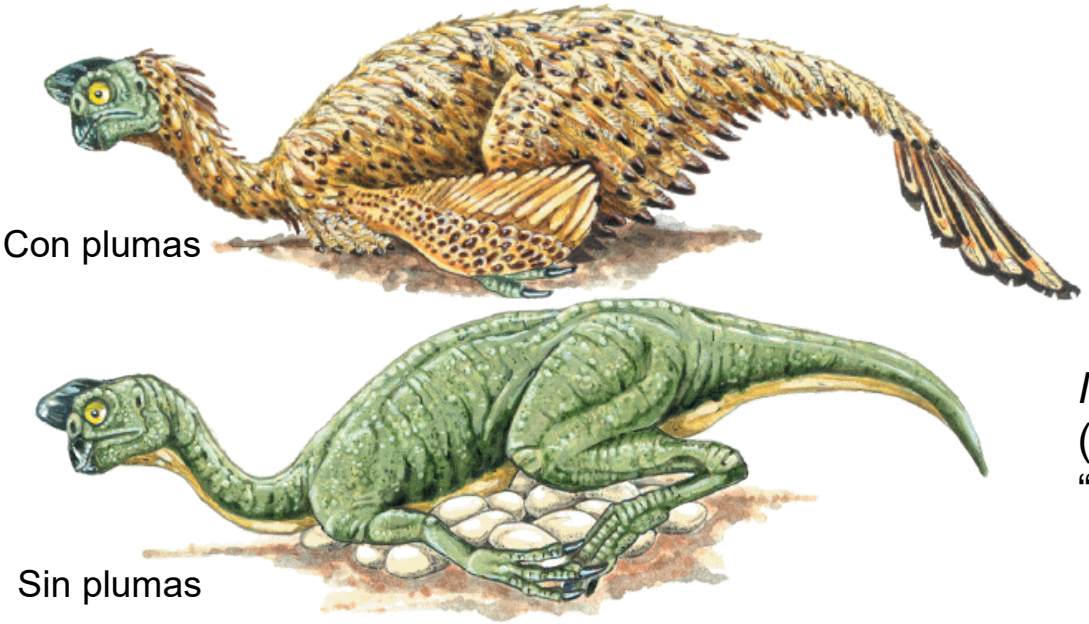
Beibeilong sinensis

Avestruz anidando



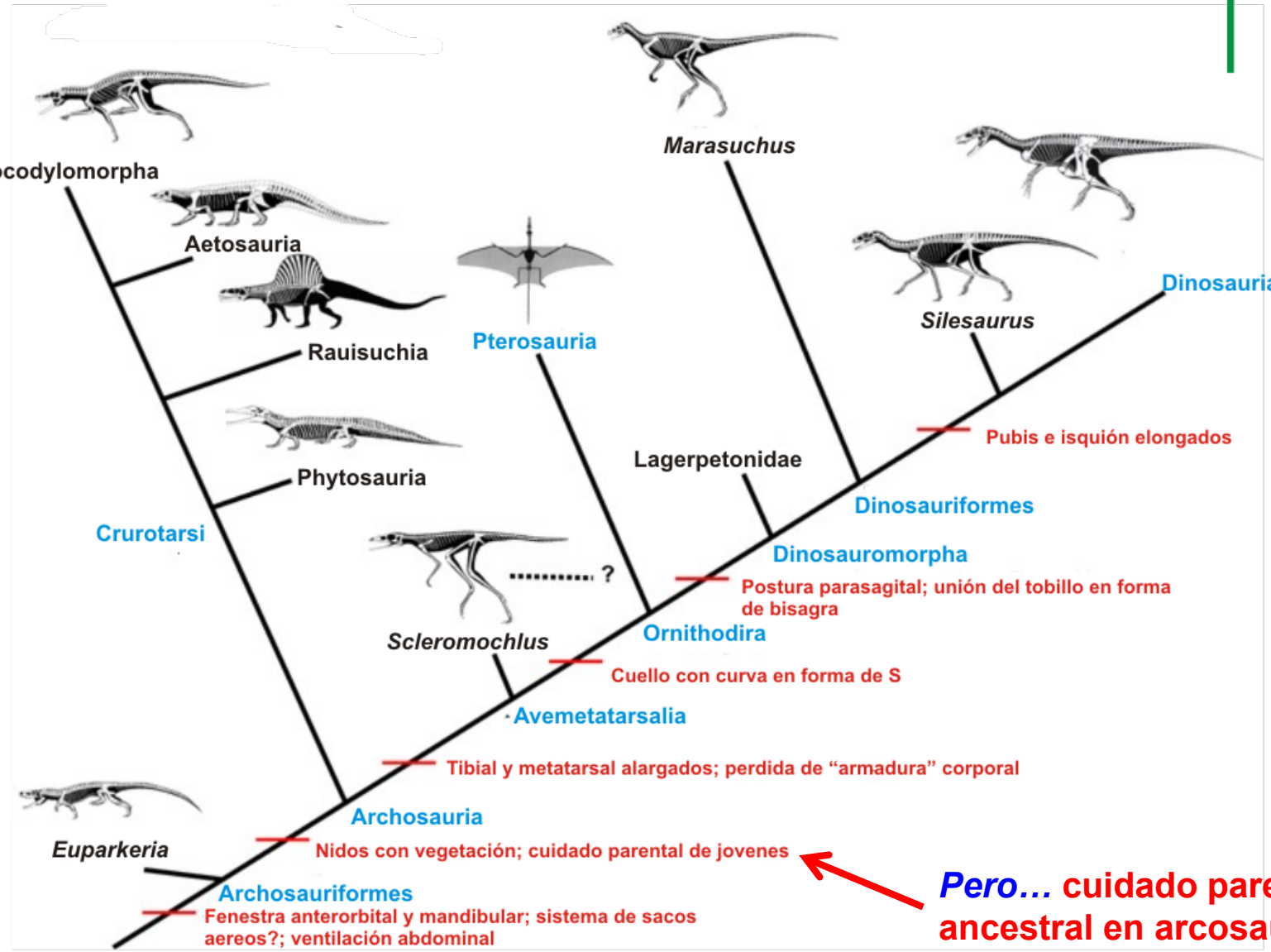
Oviraptor (Theropoda) muerto mientras estaba "empollando"

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



Nomingia gobiensis
(Oviraptosauria; Caenagnathidae)
"empollando"

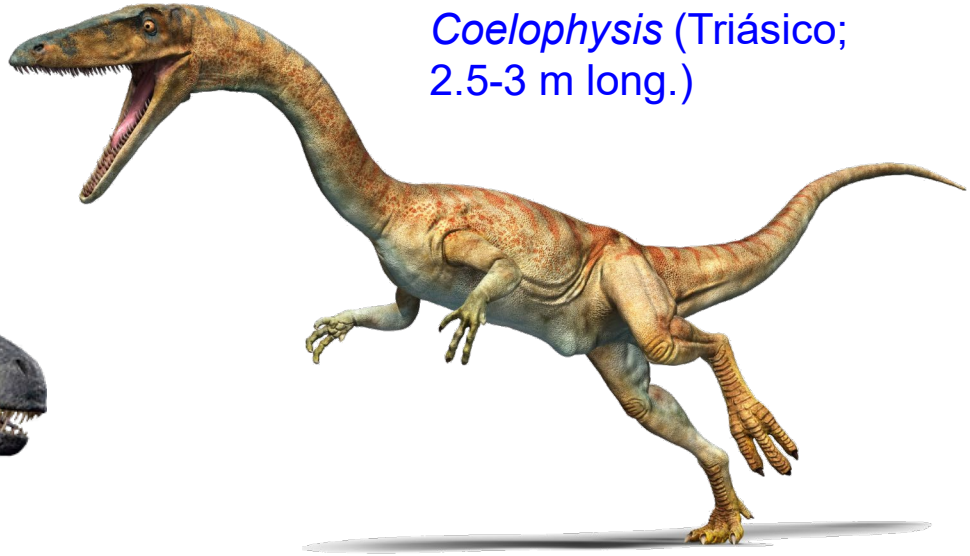
Archosauria



Pero… **cuidado parental es ancestral en arcosaurios**

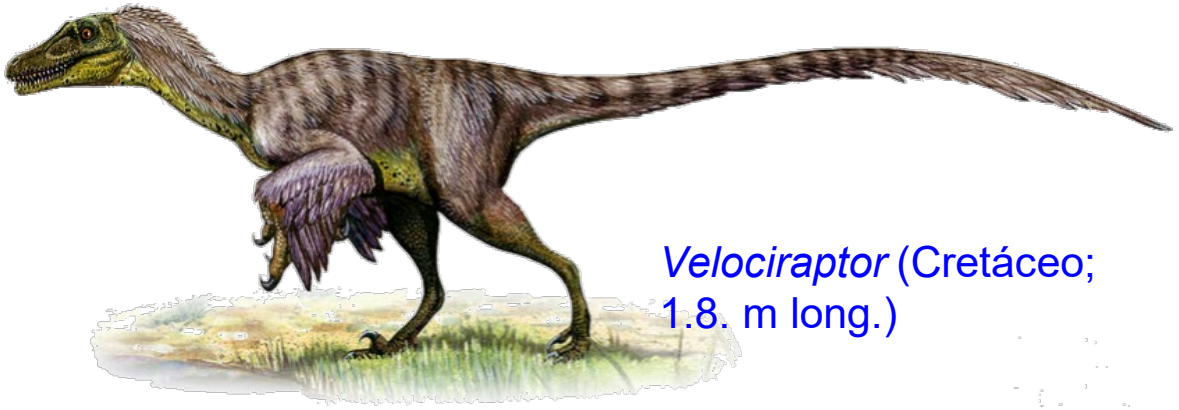
1. Comportamiento
2. **Osteología**
3. Filogenia
4. Evidencia de plumas en el registro fósil

Tres terópodos candidatos



Coelophysis (Triásico; 2.5-3 m long.)

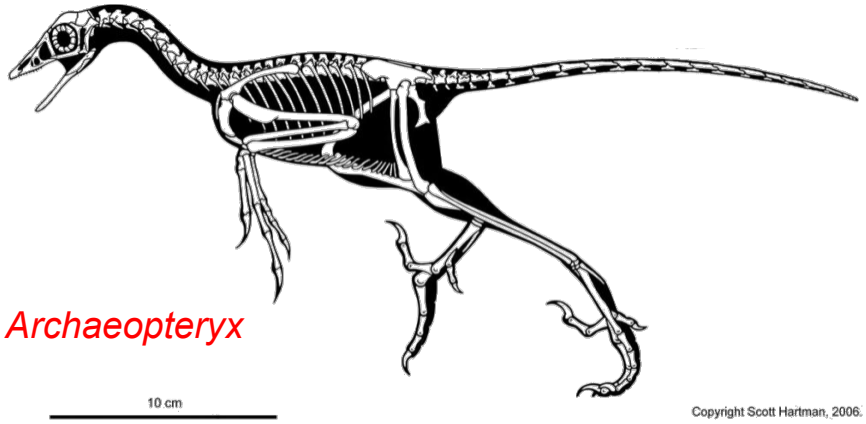
Allosaurus (Jurásico; 8-13 m long.)



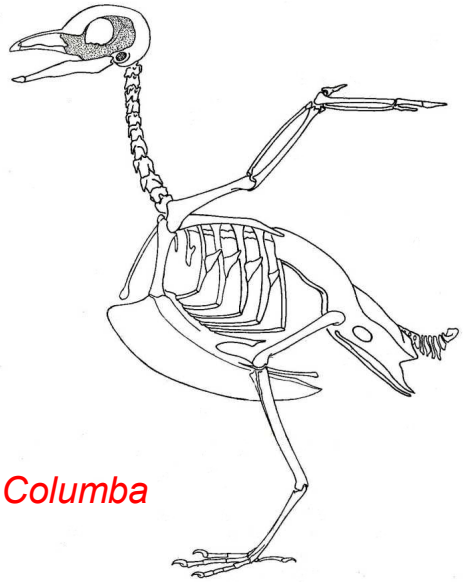
Velociraptor (Cretáceo; 1.8. m long.)

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

Bambiraptor

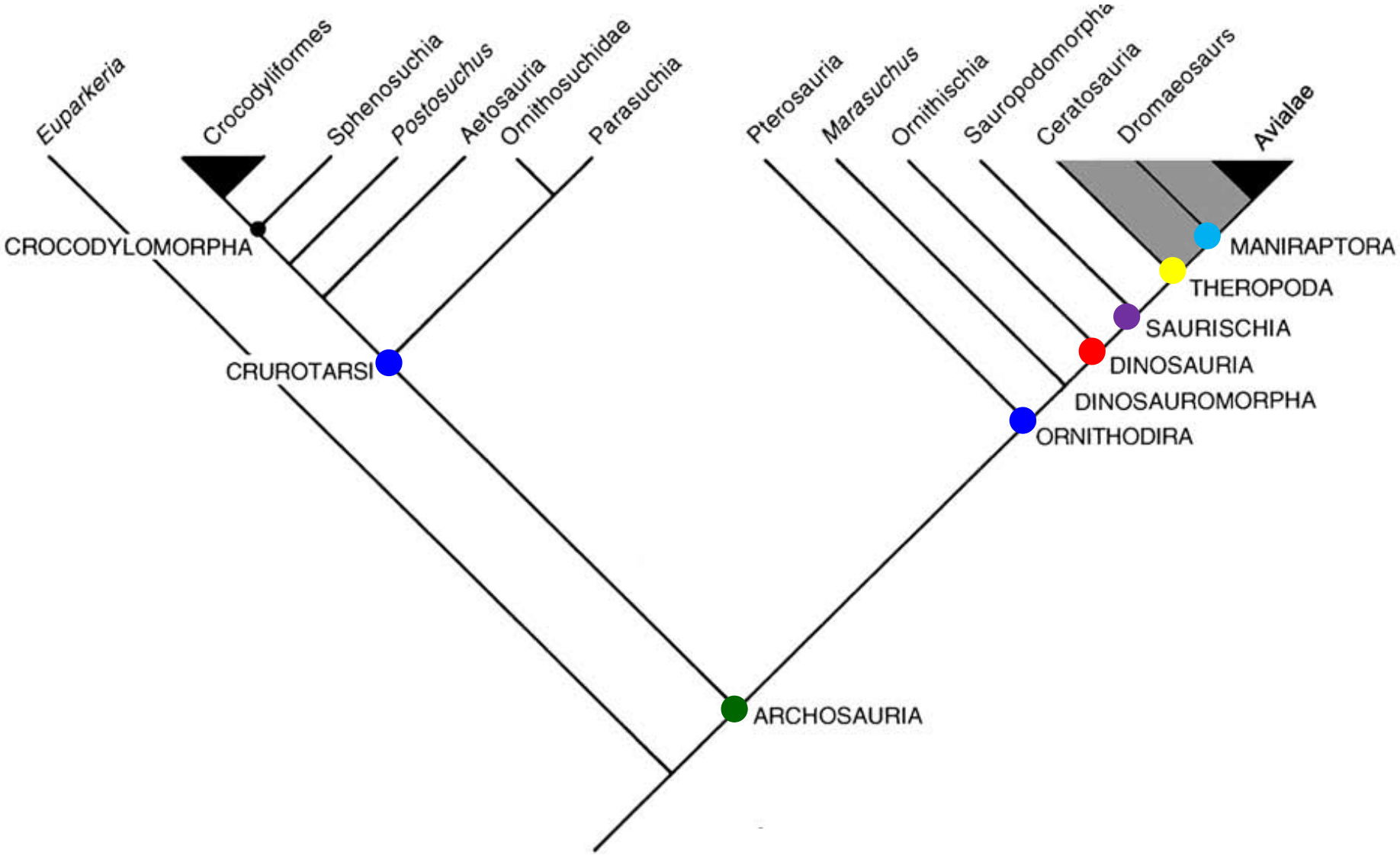


Archaeopteryx



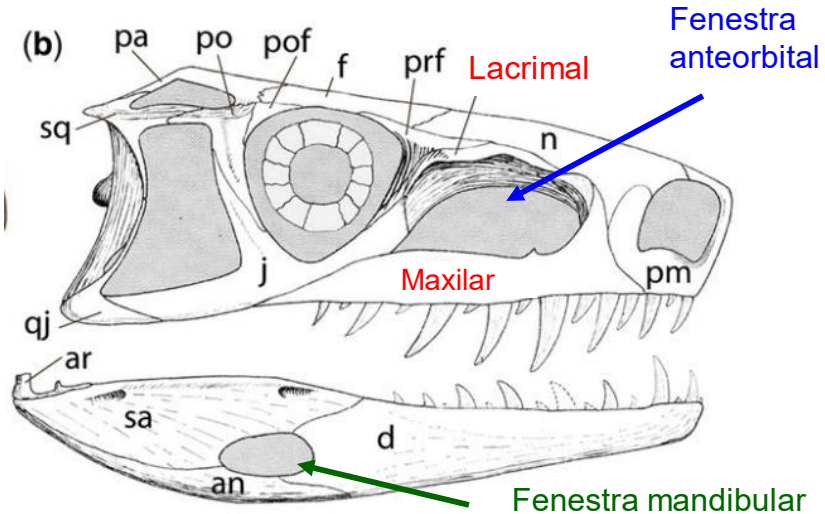
Columba

Sistemática de Archosauria

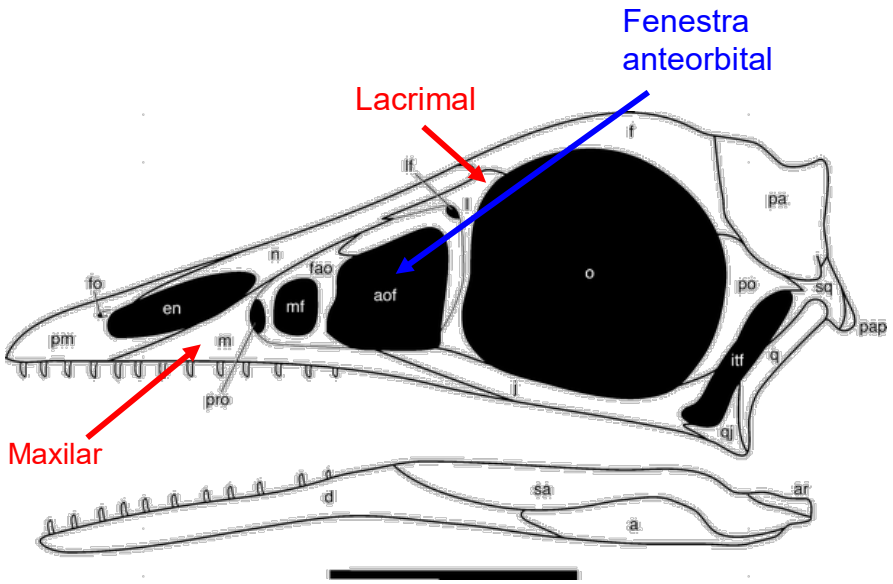


Chatterjee, S. 2015. The rise of birds. 225 million years of evolution. Second Edition. Johns Hopkins University Press, Baltimore. 370 pp.

Relación Archosauria – Aves

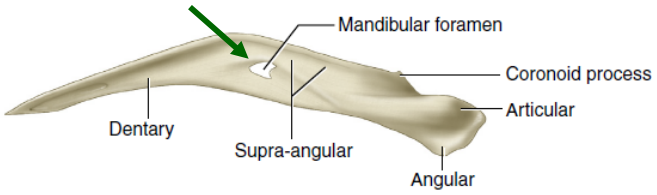


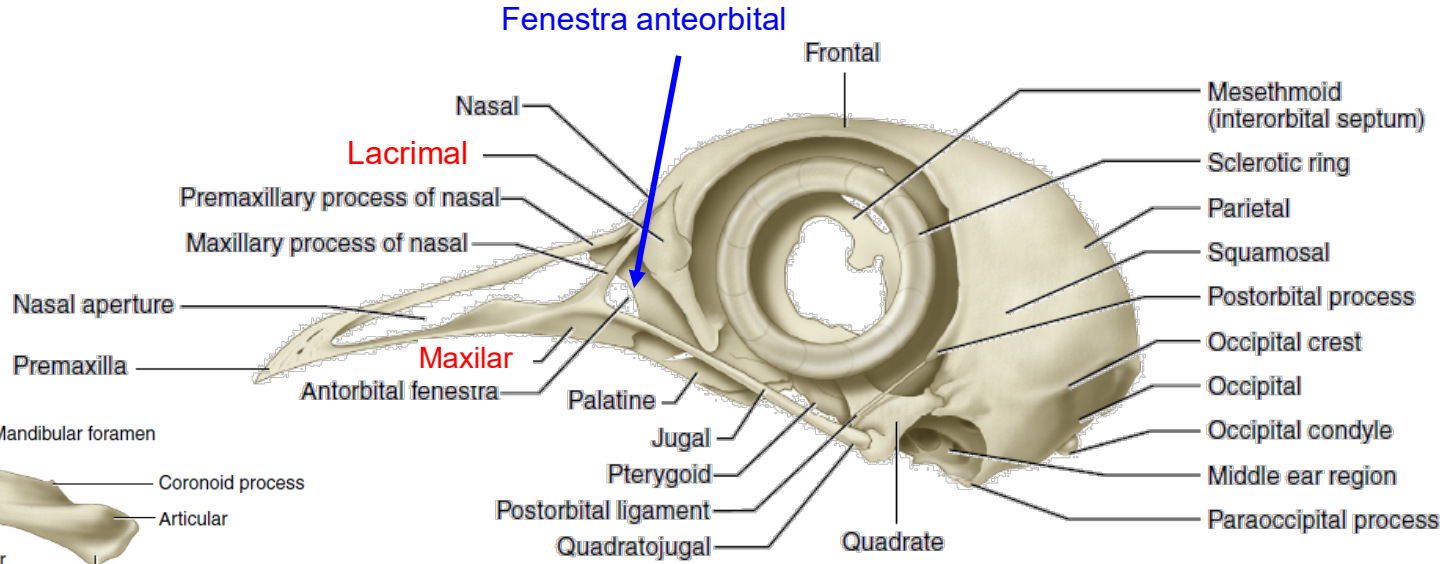
1. *Euparkeria* (Archosauria no-dinosaurio)



2. *Archaeopteryx* (Archosauria Avialae: Aves)

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

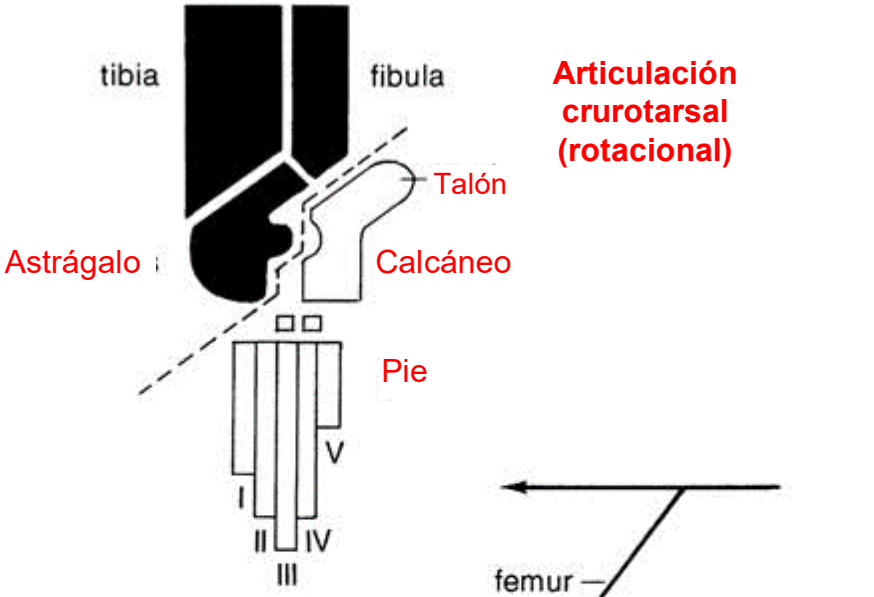




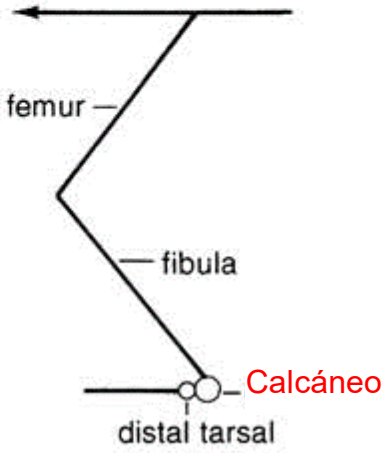
Relación Ornithodira – Dinosauria – Aves

Diferencias en la articulación del tobillo con el pie

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



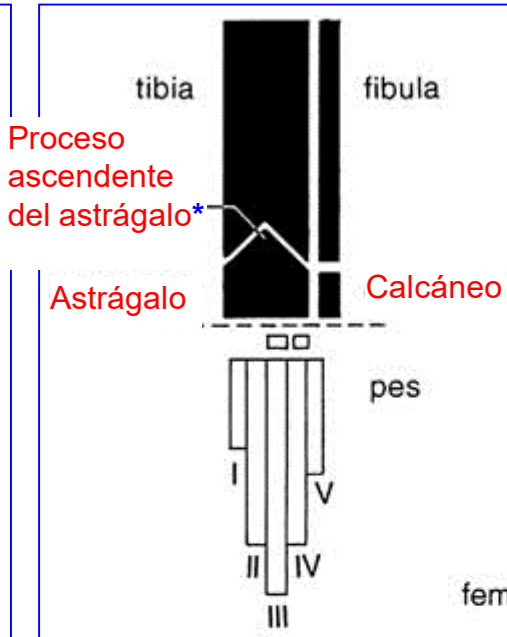
Articulación crurotarsal (rotacional)



Pie plantígrado

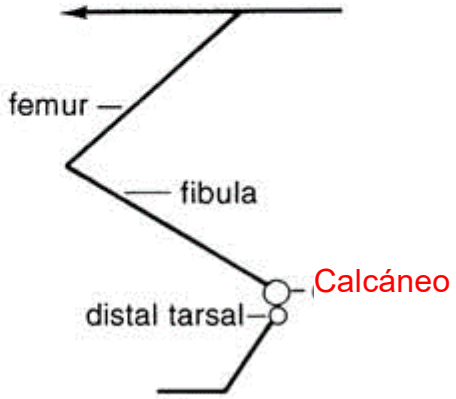
Paul, G.S. 2016. The Princeton field guide to dinosaursul. Second edition. Princeton University Press, Princeton, New Jersey. 360 pp.

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



Articulación mesotarsal (bisagra)

***Proceso ascendente**: presente en Theropoda y Aves

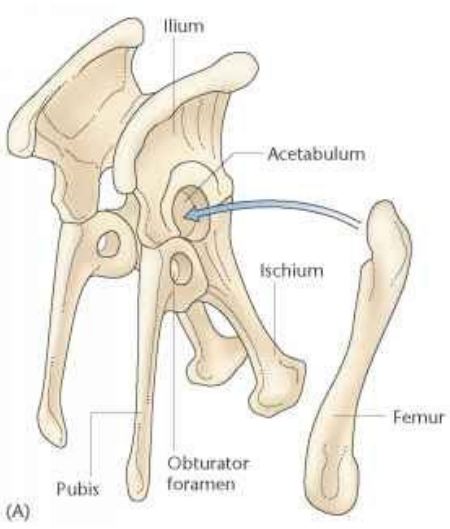


Pie digitígrado

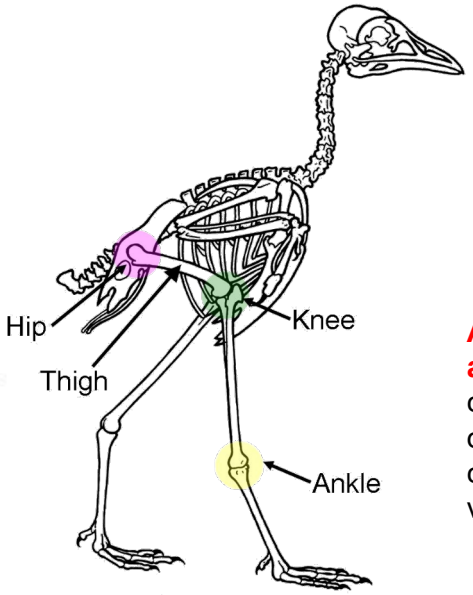
Relación Dinosauria – Aves

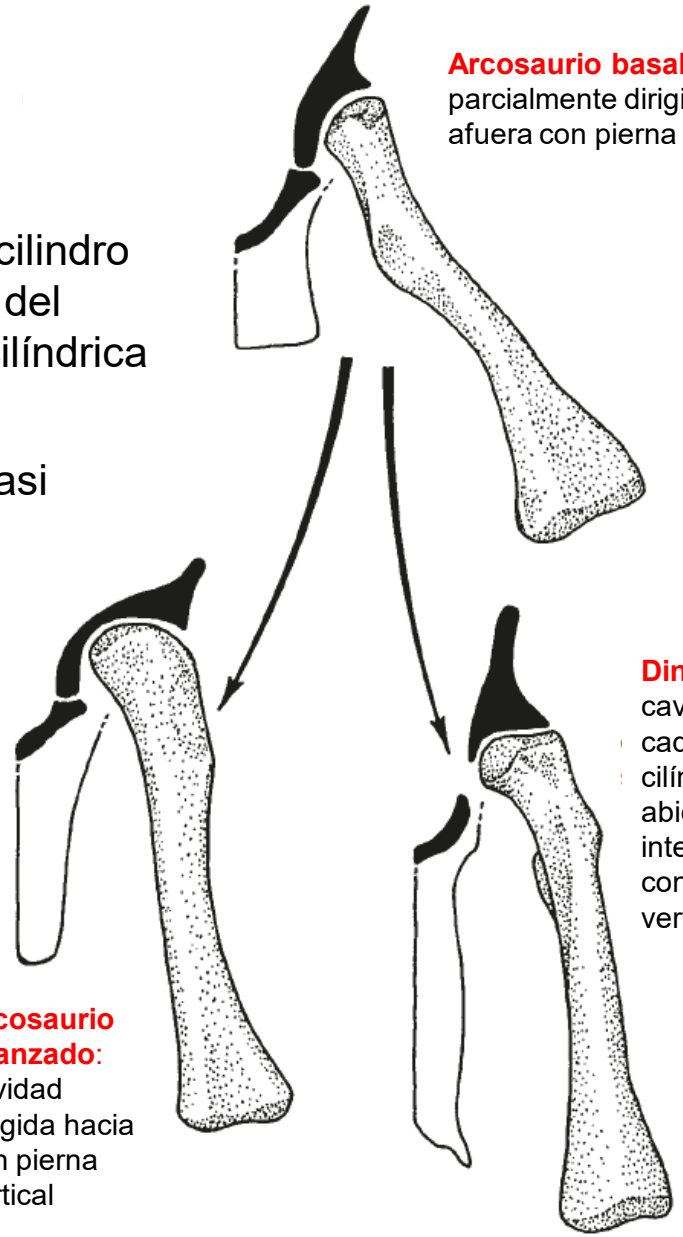
Característica principal Dinosauria

- **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)



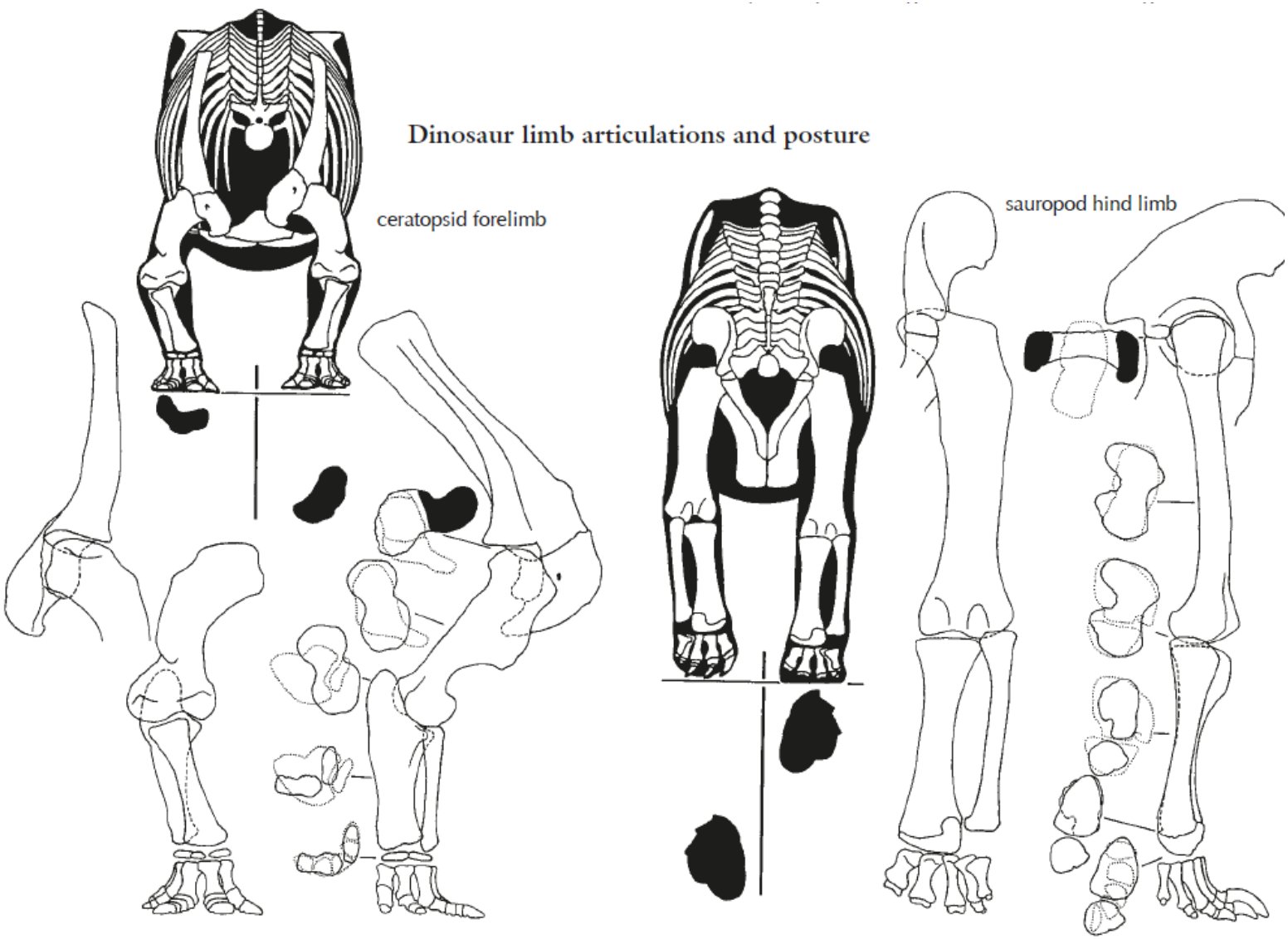


Arcosaurio basal: cavidad parcialmente dirigida hacia afuera con pierna semierecta

Arcosaurio avanzado: cavidad dirigida hacia con pierna vertical

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

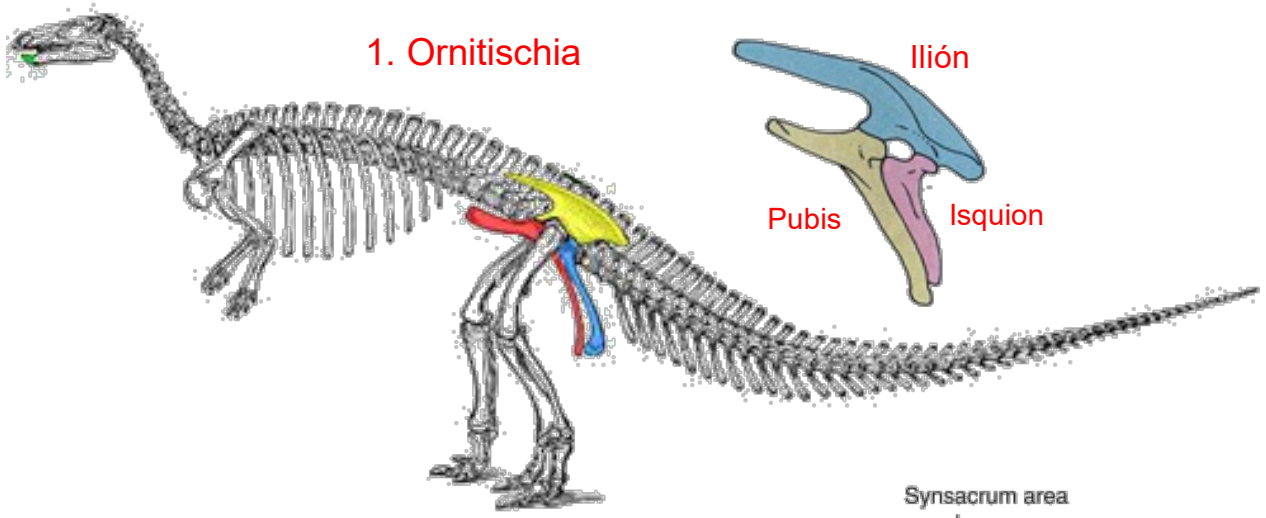
Dinosauria: posición vertical extremidades y debajo del cuerpo; pies digitígrados



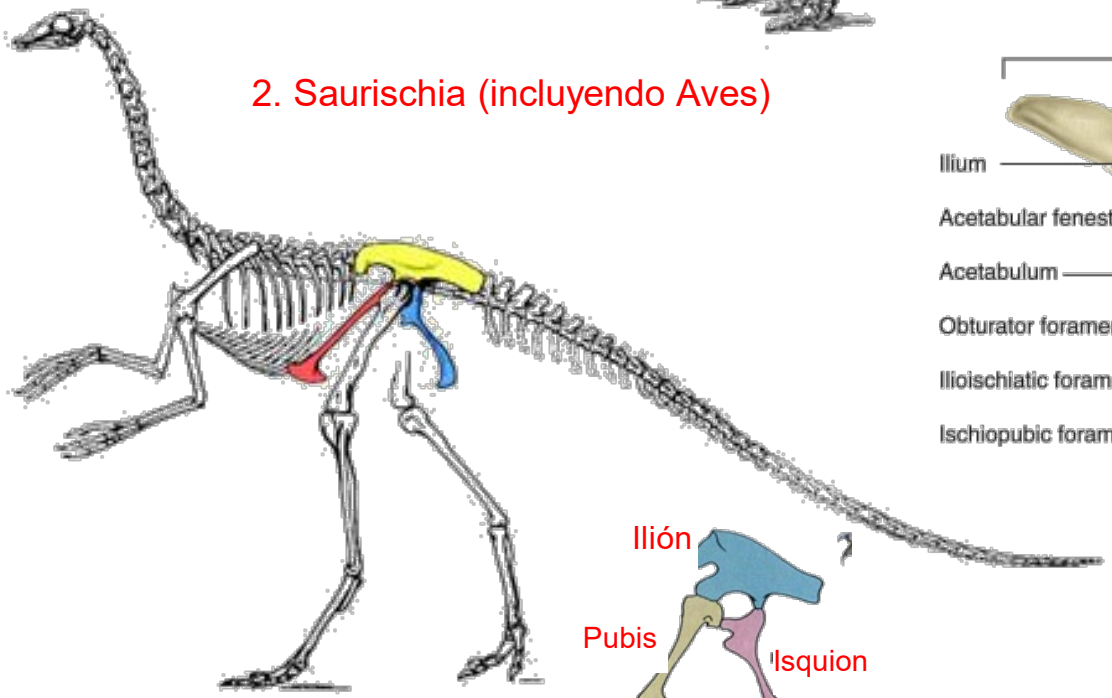
Relación Saurischia (Dinosauria) – Aves

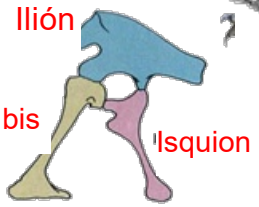
Tipo de cintura pélvica

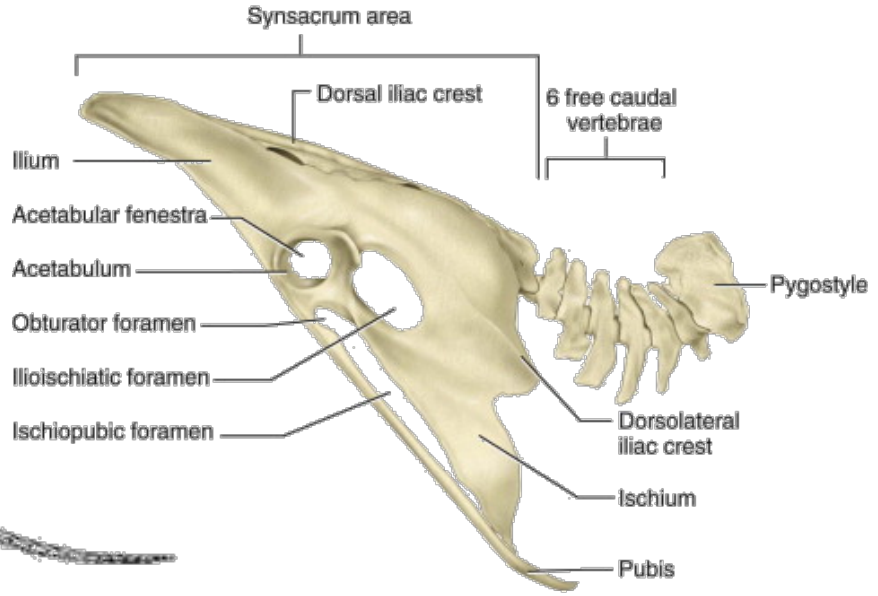
1. Ornitischia



2. Saurischia (incluyendo Aves)



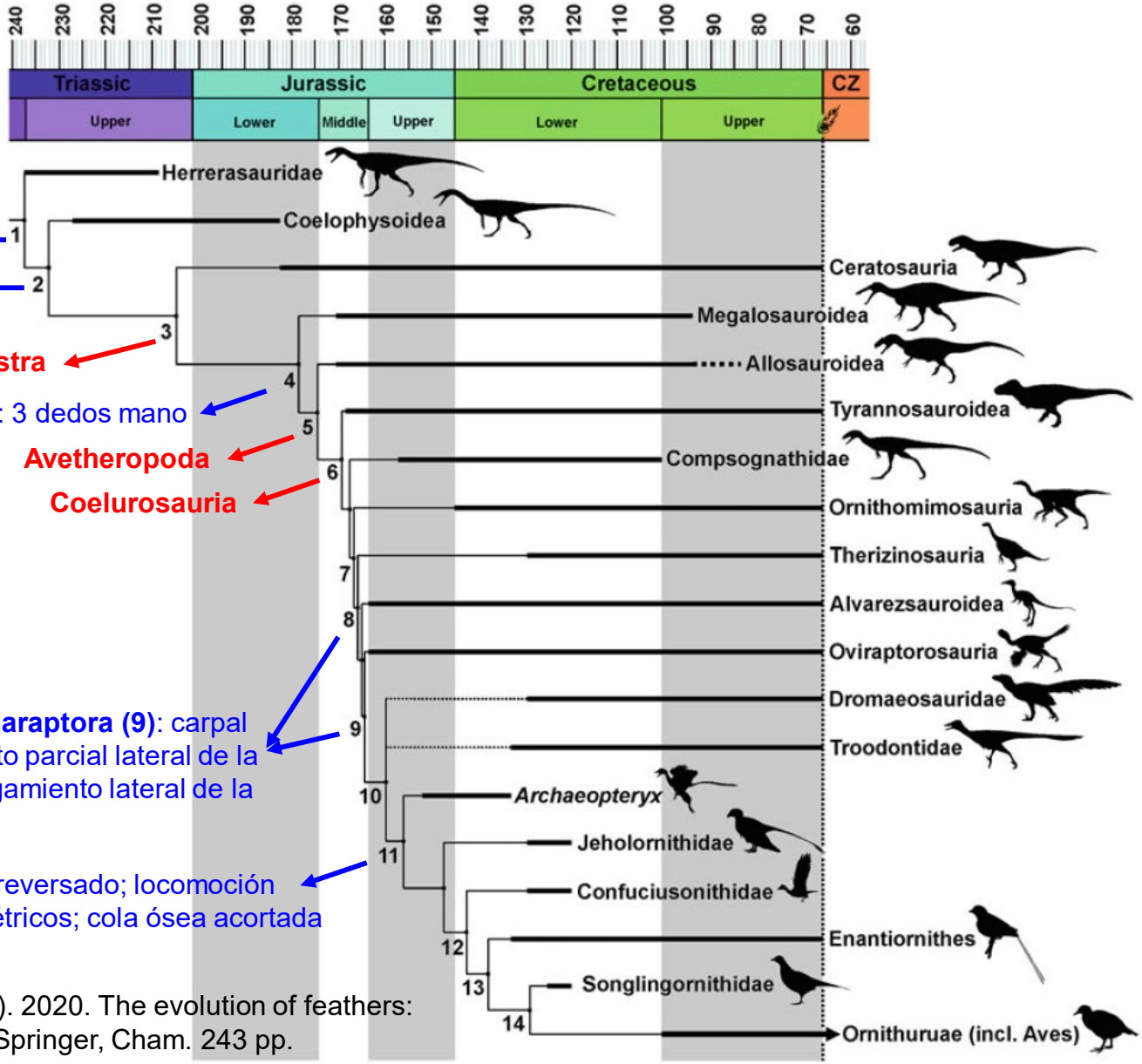




Aves

Relación Theropoda (Saurischia: Dinosauria) – Aves

Filogenia Theropoda



Theropoda: 4 dedos mano

Neotheropoda: furcula arqueda

Averostra

Tetanurae: 3 dedos mano

Avetheropoda

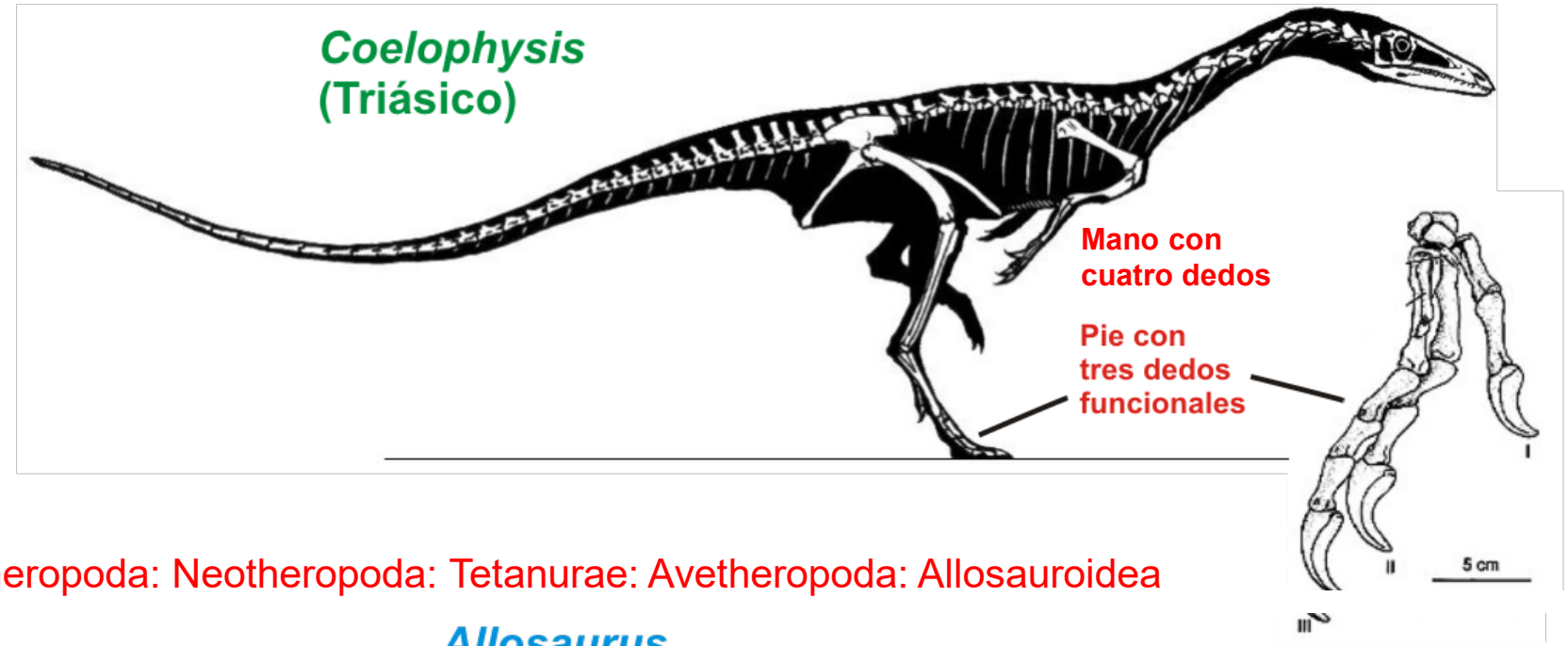
Coelurosauria

Maniraptora (8) + Pennaraptora (9): carpal en semiluna; plegamiento parcial lateral de la mano; furcula en V; plegamiento lateral de la mano incrementado

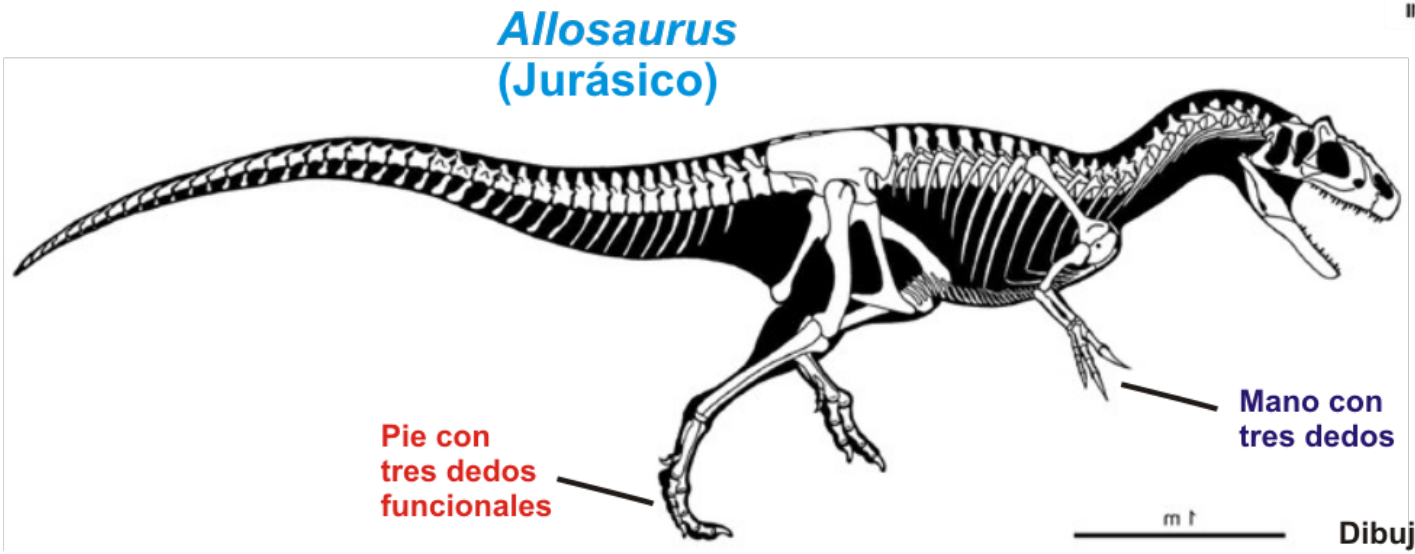
Avialae: hallux (pie) totalmente reversado; locomoción aérea; plumas con véxilos asimétricos; cola ósea acortada

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

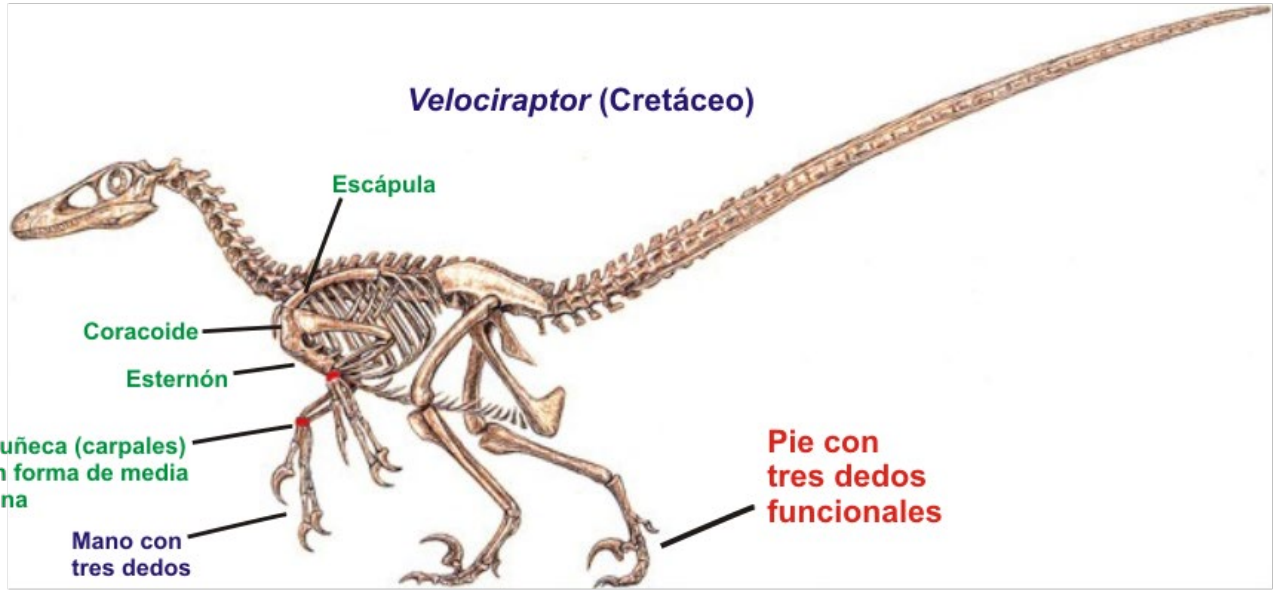


Theropoda: Neotheropoda: Tetanurae: Avetheropoda: Allosauroidea

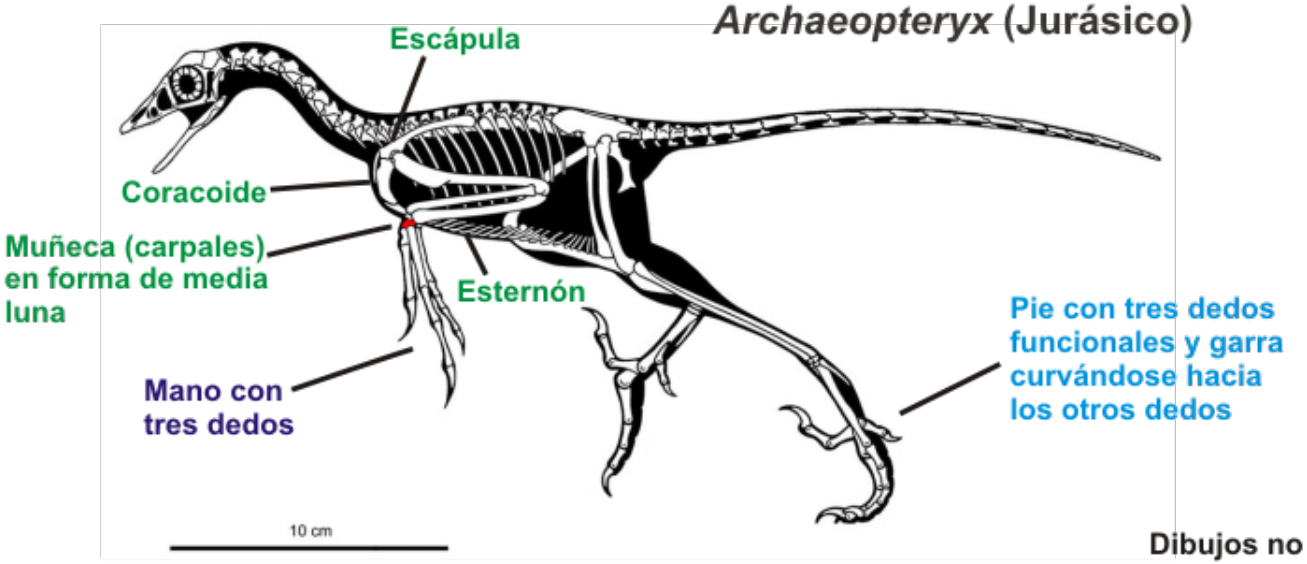


Dibujos no en escala real

Theropoda: Neotheropoda: Tetanurae: Avetheropoda: Coelurosauria: Maniraptora



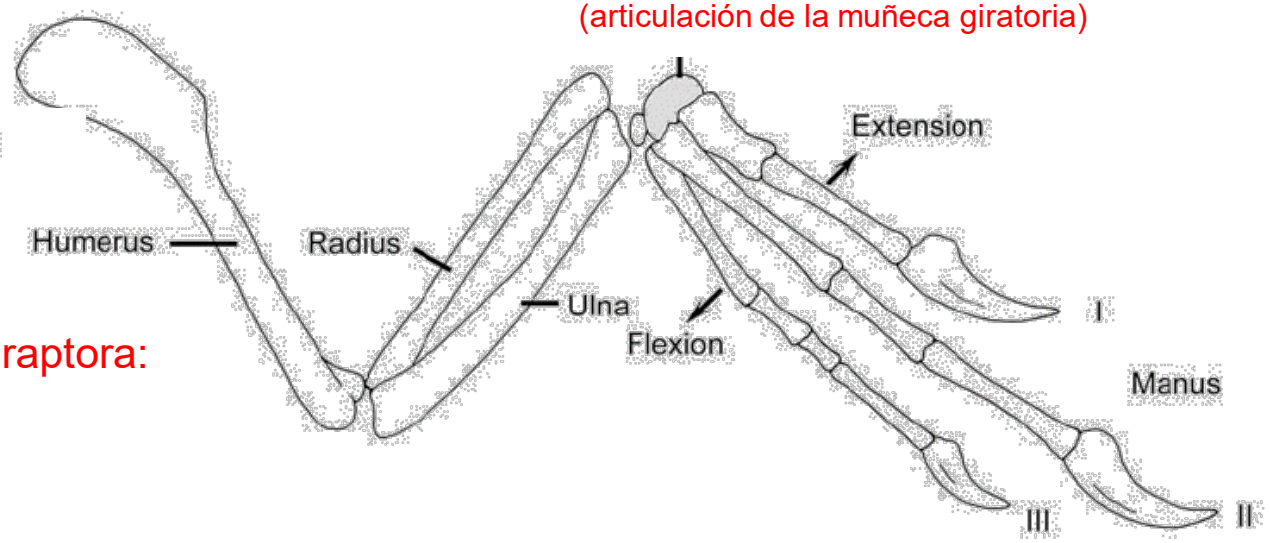
Theropoda: Neotheropoda: Tetanurae: Avetheropoda: Coelurosauria: Maniraptora: Avialae



Dibujos no en escala real

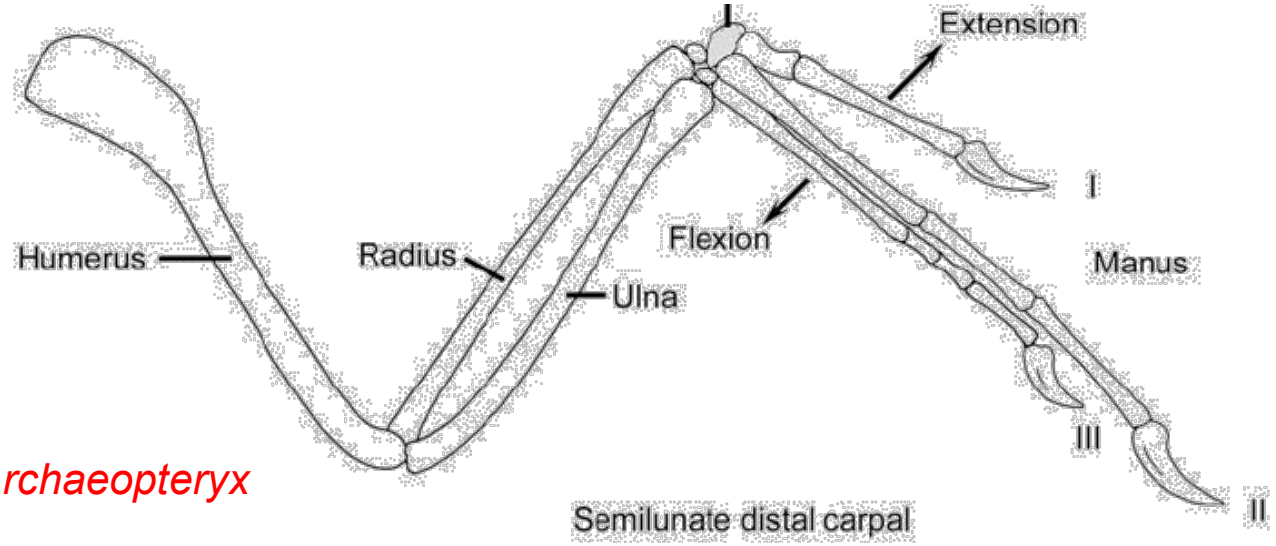
Muñeca giratoria (carpo distal semilunar)

Carpo distal en semiluna
(articulación de la muñeca giratoria)



Deinonychus (Maniraptora: Dromaeosauridae)

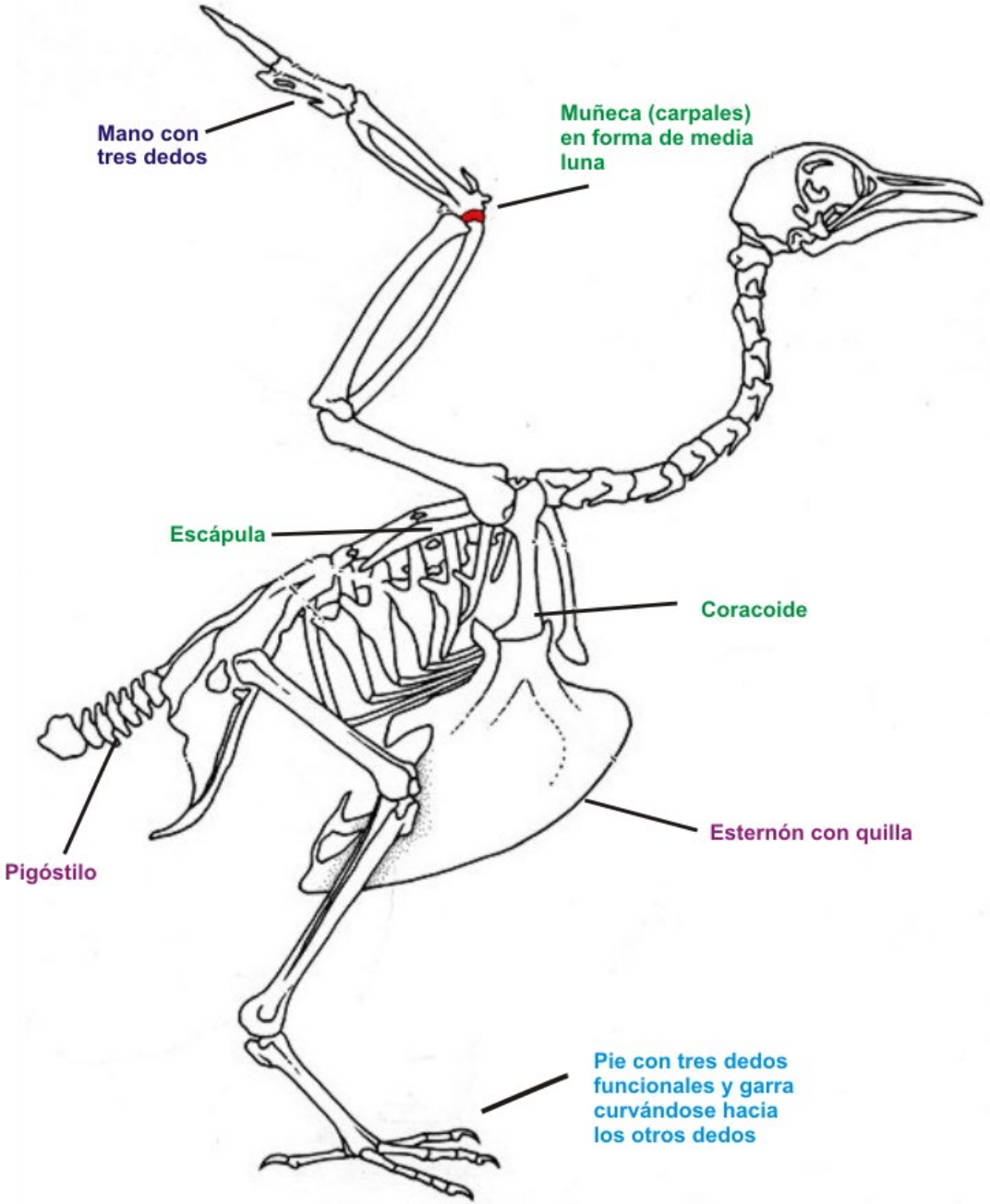
Carpo distal en semiluna
(articulación de la muñeca giratoria)



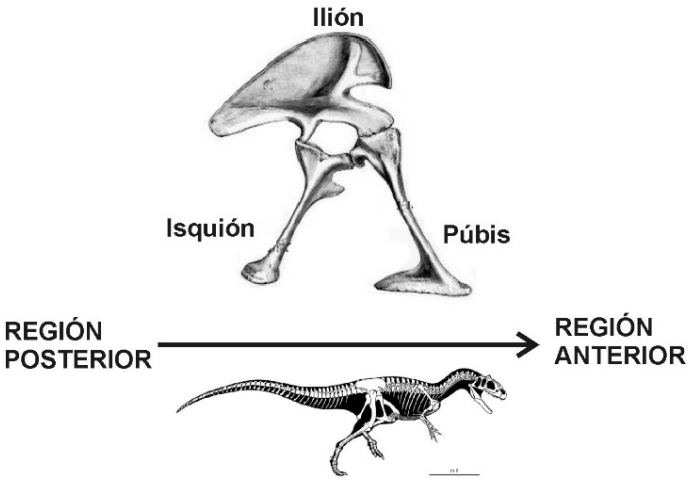
Archaeopteryx

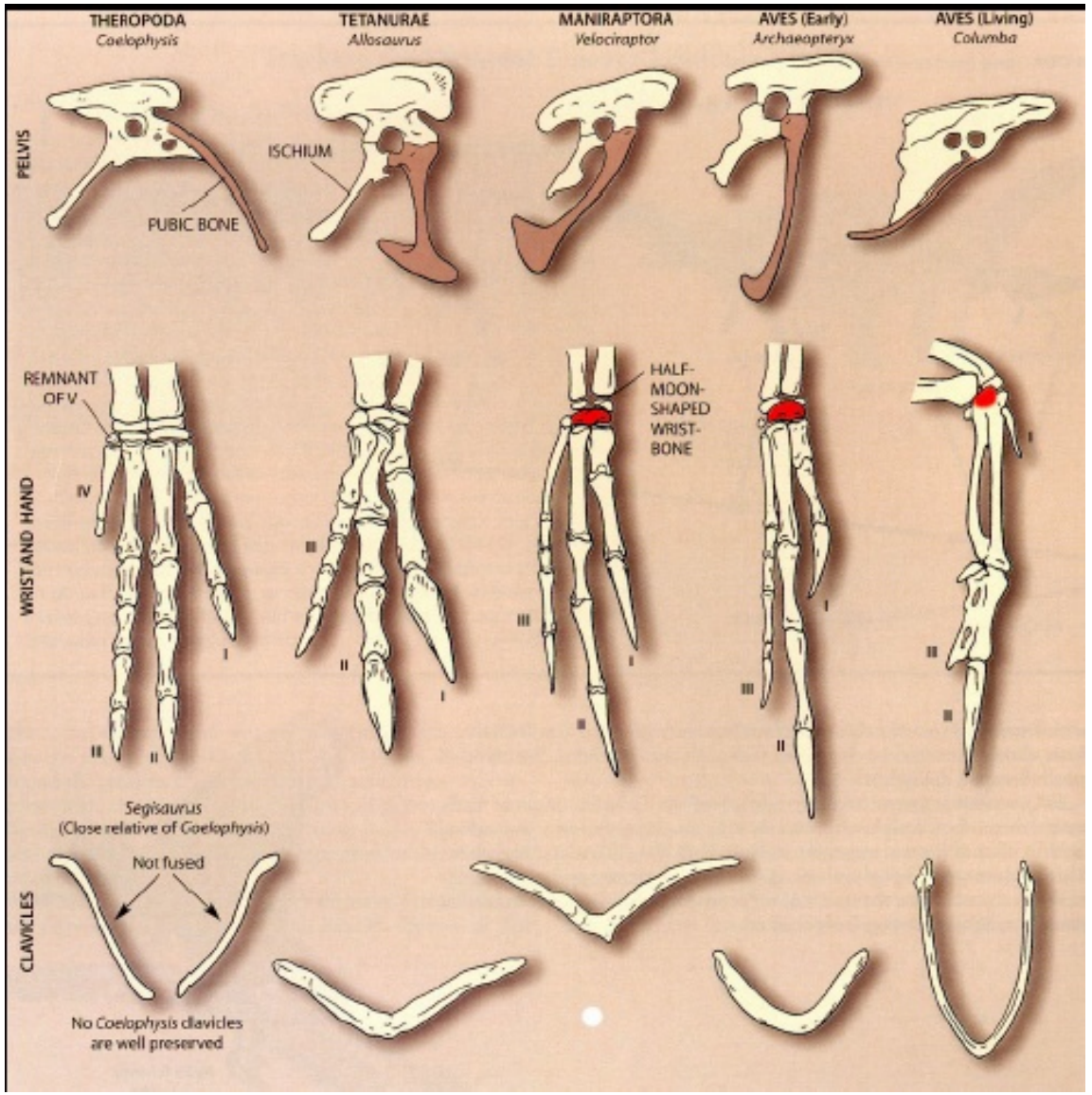
Chatterjee, S. 2015. The rise of birds. 225 million years of evolution. Second Edition. Johns Hopkins University Press, Baltimore. 370 pp.

Finalmente, el AVE moderna



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

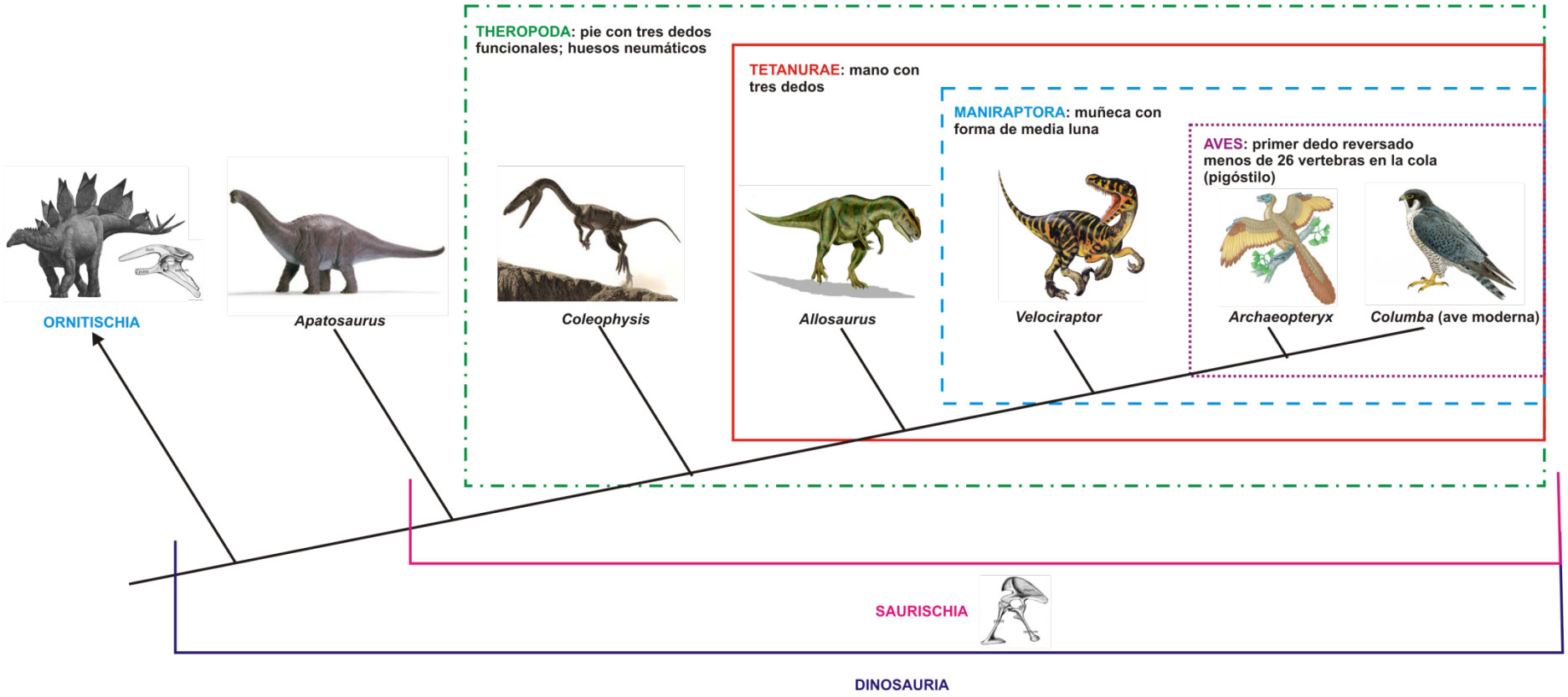




Padian, K. & Chiappe, L.M. 1998. The origin of birds and their flight. Sci. Am. 278: 38-47

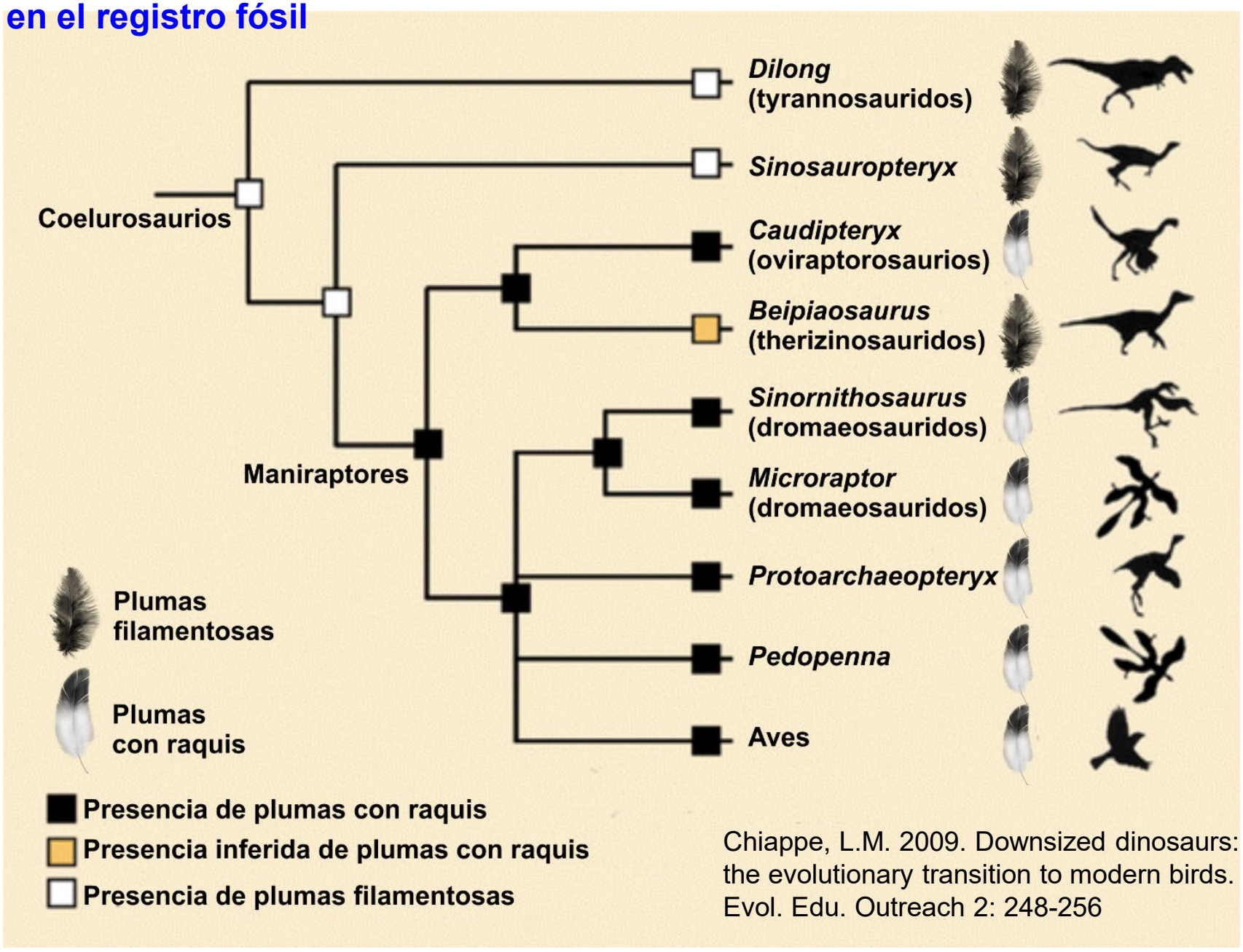
1. Comportamiento
2. Osteología
3. **Filogenia**
4. Evidencia de plumas en el registro fósil

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



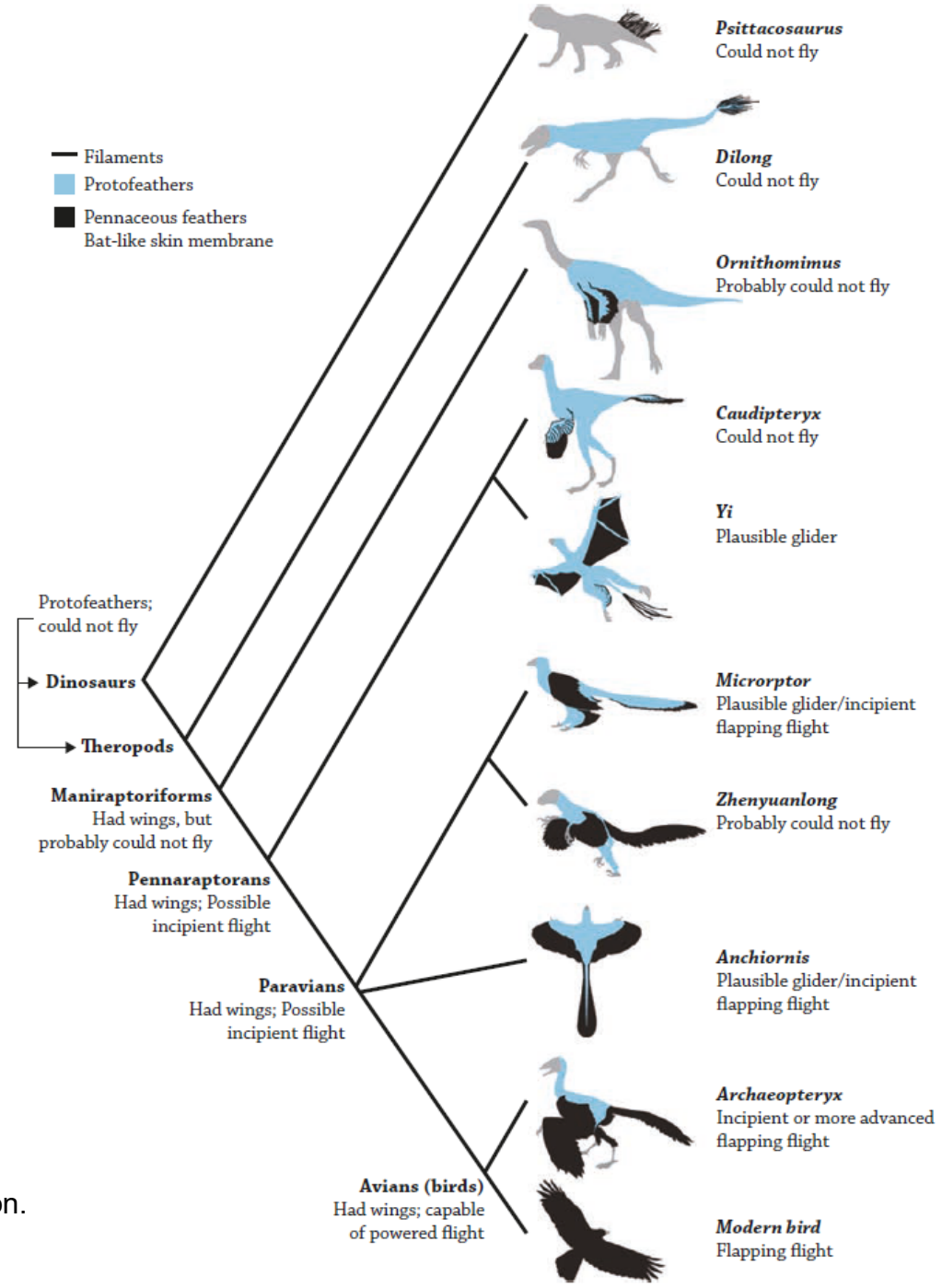
4. Evidencia de plumas en el registro fósil

Historia relacionada a las plumas



Chiappe, L.M. 2009. Downsized dinosaurs: the evolutionary transition to modern birds. Evol. Edu. Outreach 2: 248-256

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.



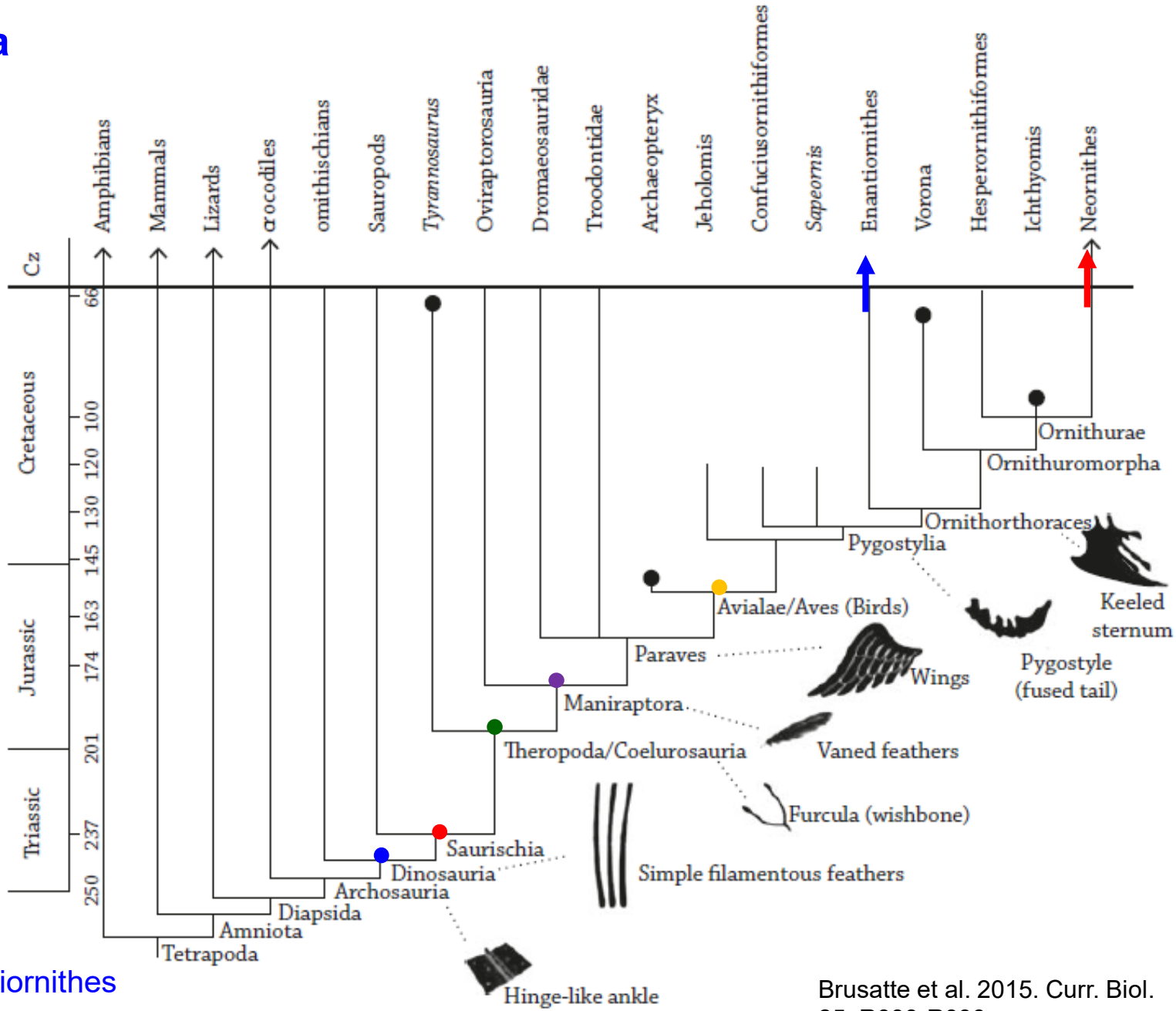
Scott, G. 2020. Essential ornithology. Second edition. Oxford University Press, Oxford, UK. 159 pp.

Orígenes y radiaciones tempranas

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

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

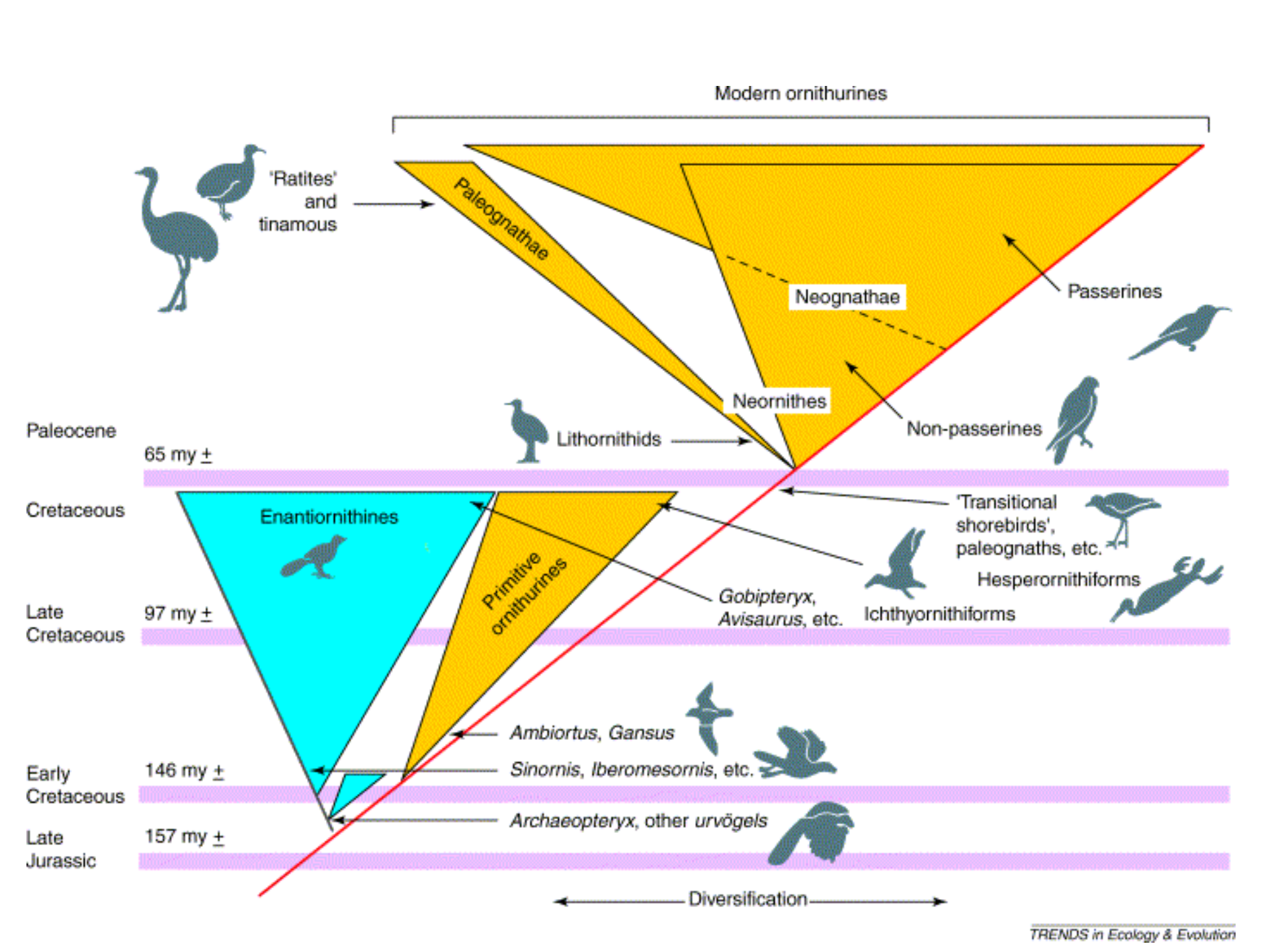
Sistemática



Subclase Enantiornithes

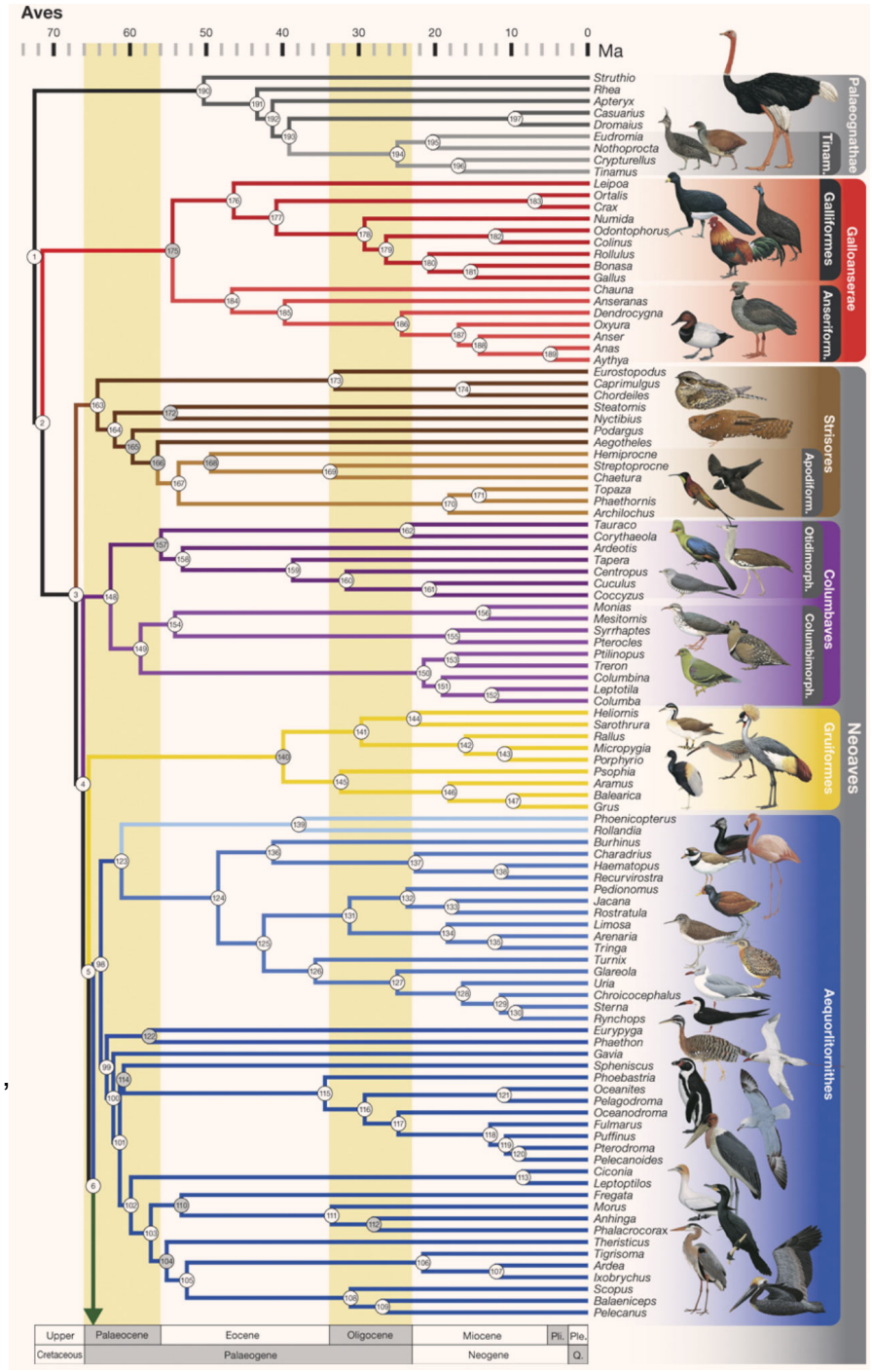
Subclase Neornithes

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


Modern ornithurines
'Ratites' and tinamous
Paleognathae
Neognathae
Passerines
Neornithes
Non-passerines
Paleocene
65 my ±
Lithornithids
Cretaceous
Enantiornithines
'Transitional shorebirds', paleognaths, etc.
Primitive ornithurines
Hesperornithiformes
Gobipteryx, Avisaurus, etc.
Ichthyornithiformes
Late Cretaceous
97 my ±
Ambiortus, Gansus
Early Cretaceous
146 my ±
Sinornis, Iberomesornis, etc.
Archaeopteryx, other urvögels
Late Jurassic
157 my ±
Diversification
TRENDS in Ecology & Evolution

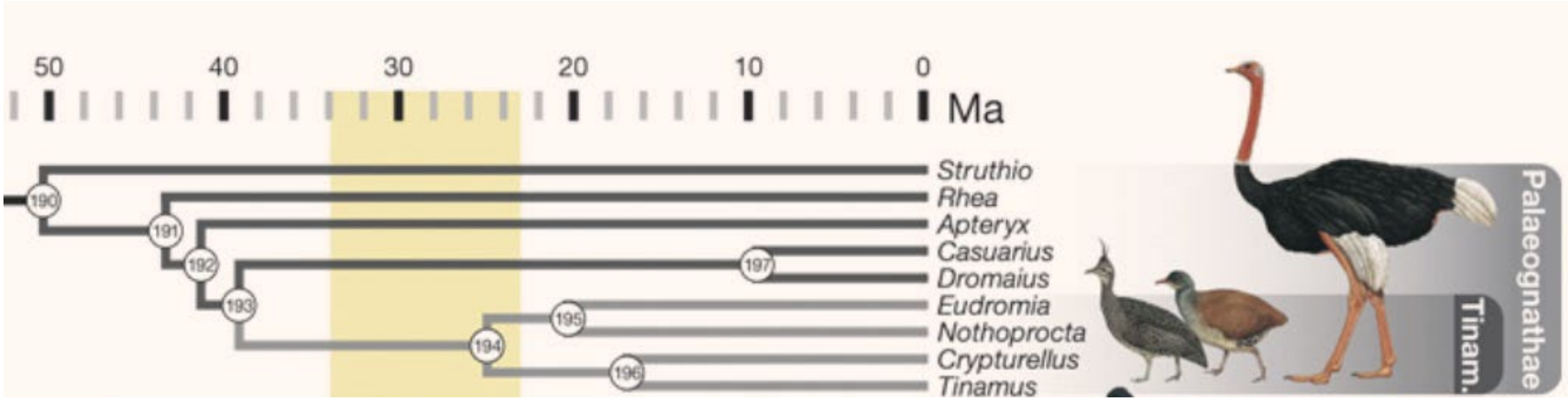
Filogenia Aves Neornithes

Palaeognathae + Neognathae
(Galloanserae + Neoaves)



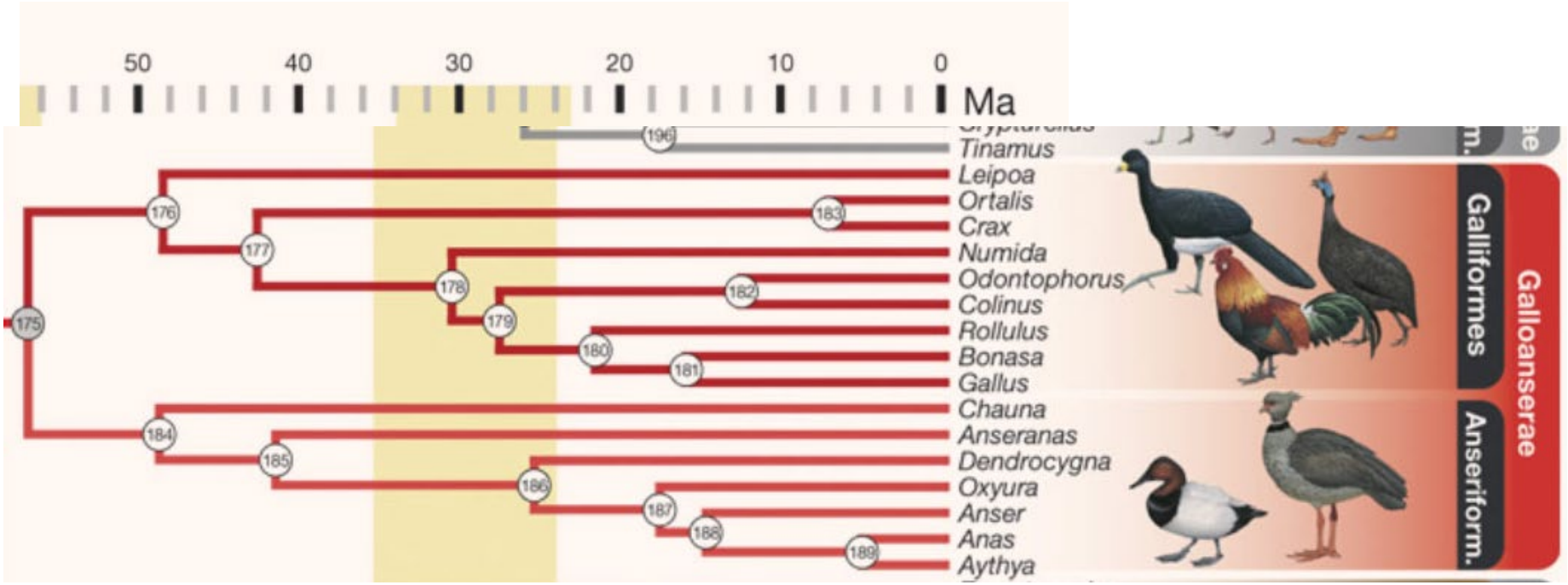
Prum, R.O., Berv, J.S., Dornburg, A., Field, D.J., Townsend, J.P., Lemmon, E.M. & Lemmon, A.R. 2015. A comprehensive phylogeny of birds (Aves) using targeted next-generation DNA sequencing. Nature 526: 569-573

Palaeognathae = (avestruces, ñandú, kiwi, casuario) + tinamúes



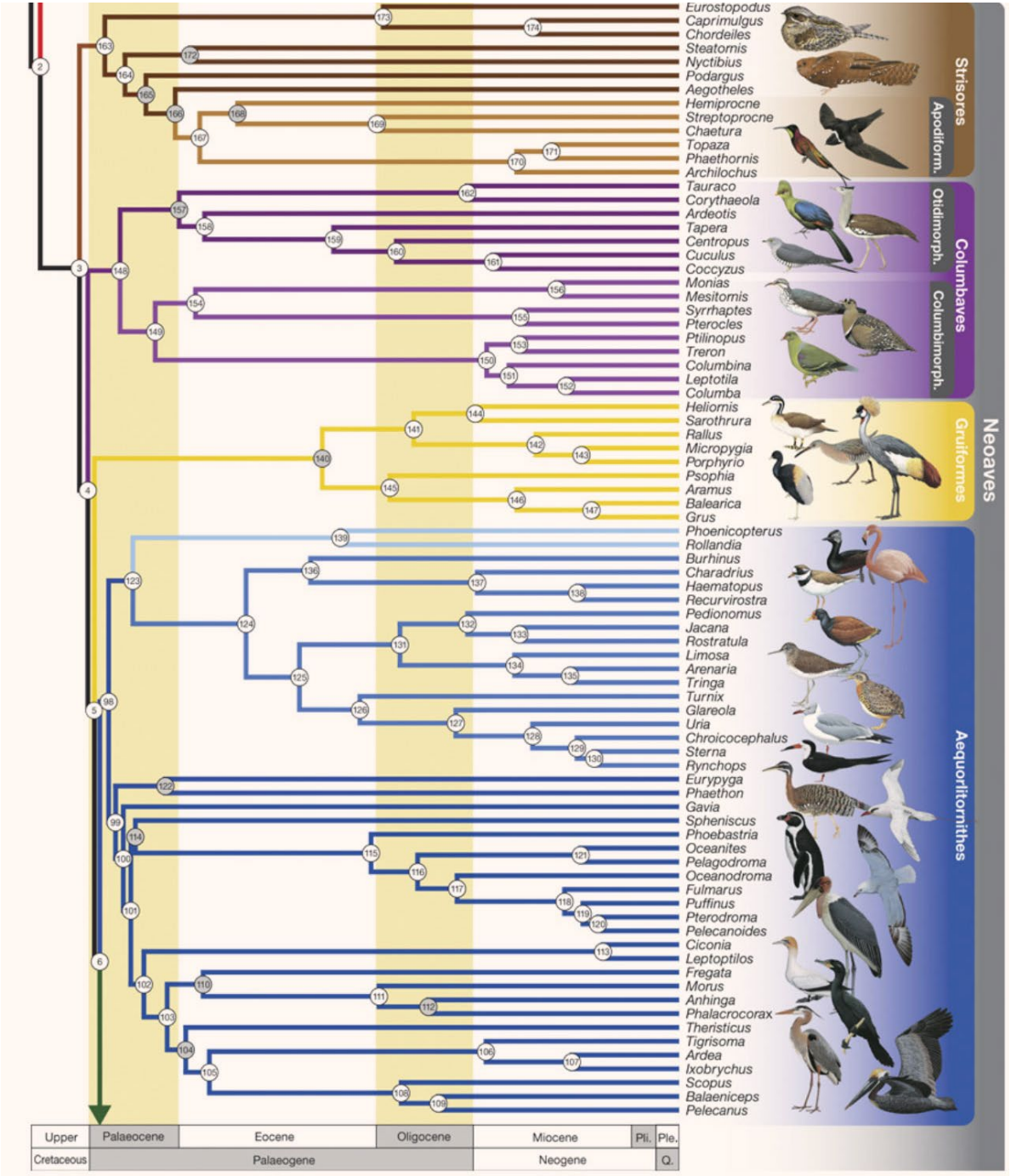
Prum, R.O., Berv, J.S., Dornburg, A., Field, D.J., Townsend, J.P., Lemmon, E.M. & Lemmon, A.R. 2015. A comprehensive phylogeny of birds (Aves) using targeted next-generation DNA sequencing. Nature 526: 569-573

Galloanserae = Galliformes (gallinas, pavas, paujil) + Anseriformes (patos, *Chauna*)

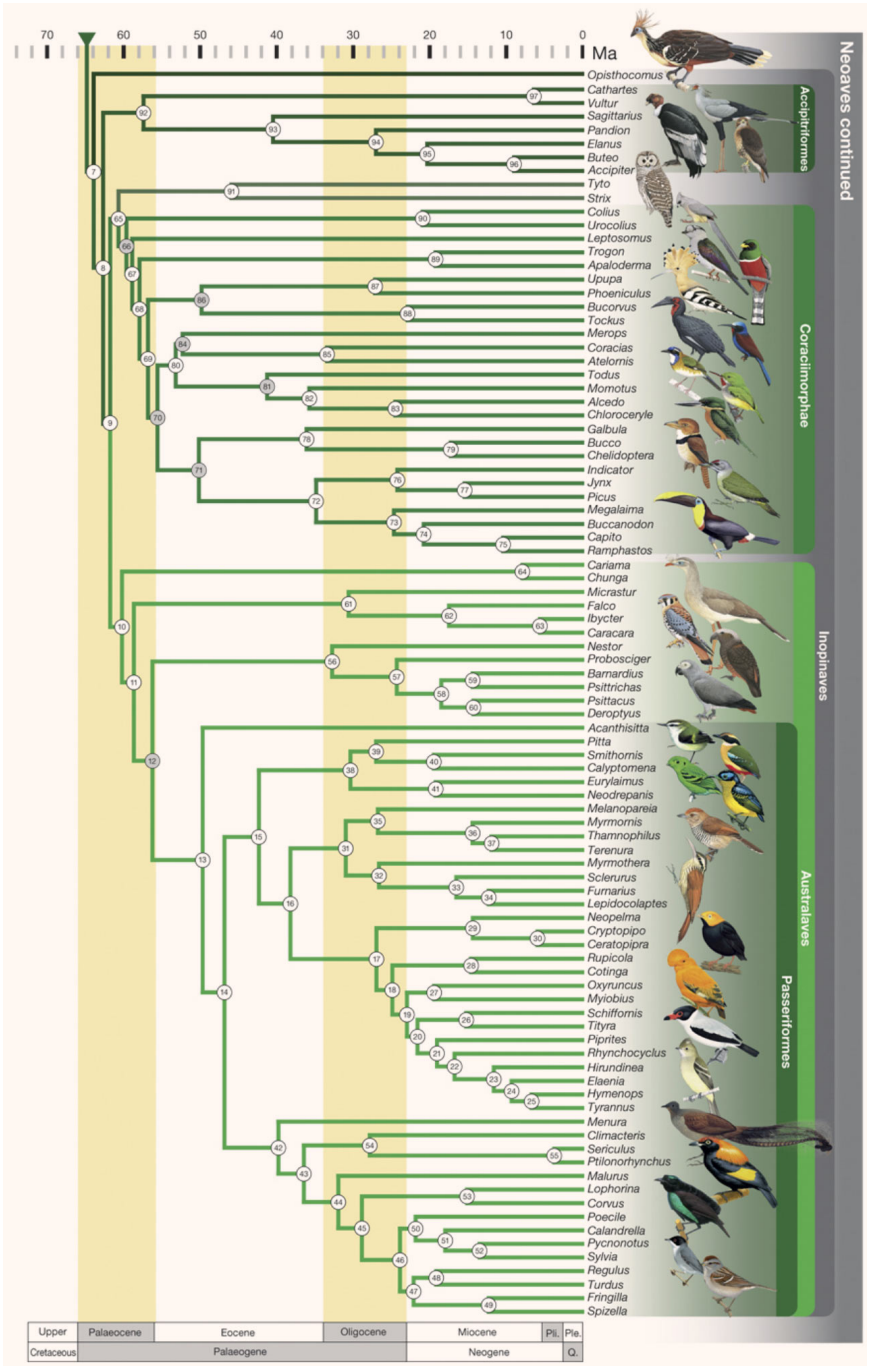


Prum, R.O., Berv, J.S., Dornburg, A., Field, D.J., Townsend, J.P., Lemmon, E.M. & Lemmon, A.R. 2015. A comprehensive phylogeny of birds (Aves) using targeted next-generation DNA sequencing. Nature 526: 569-573

Neoaves = todas las otras aves



Prum, R.O., Berv, J.S., Dornburg, A., Field, D.J., Townsend, J.P., Lemmon, E.M. & Lemmon, A.R. 2015. A comprehensive phylogeny of birds (Aves) using targeted next-generation DNA sequencing. Nature 526: 569-573



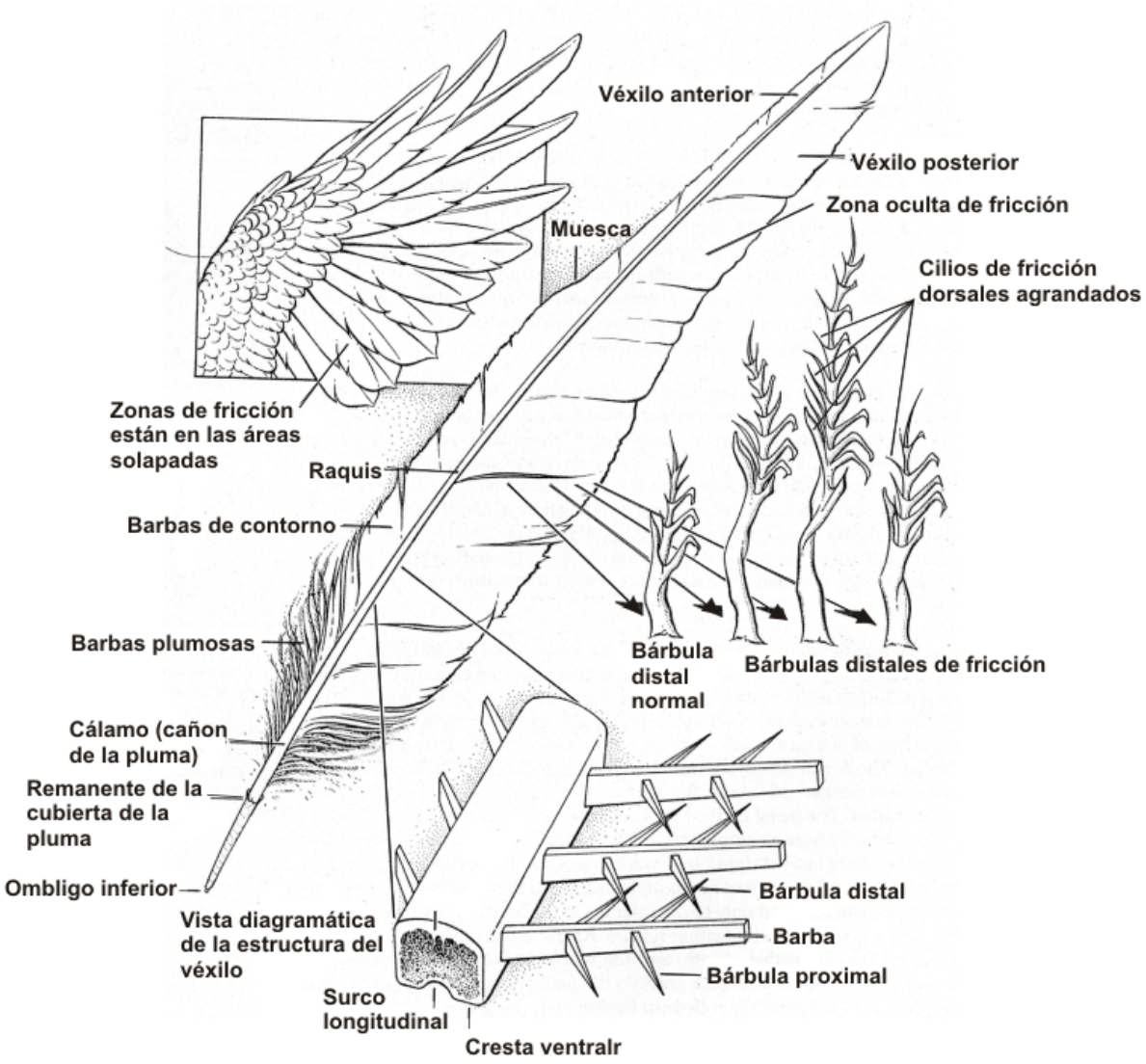
Prum, R.O., Berv, J.S., Dornburg, A., Field, D.J., Townsend, J.P., Lemmon, E.M. & Lemmon, A.R. 2015. A comprehensive phylogeny of birds (Aves) using targeted next-generation DNA sequencing. Nature 526: 569-573

Características de las plumas

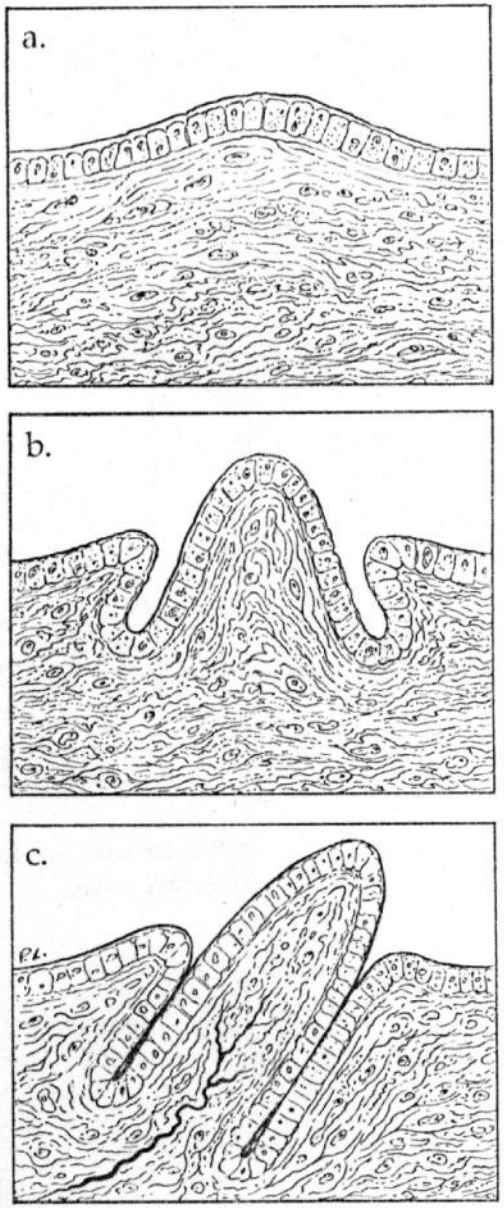
PLUMAS: modificaciones de escamas epidérmicas de reptiles

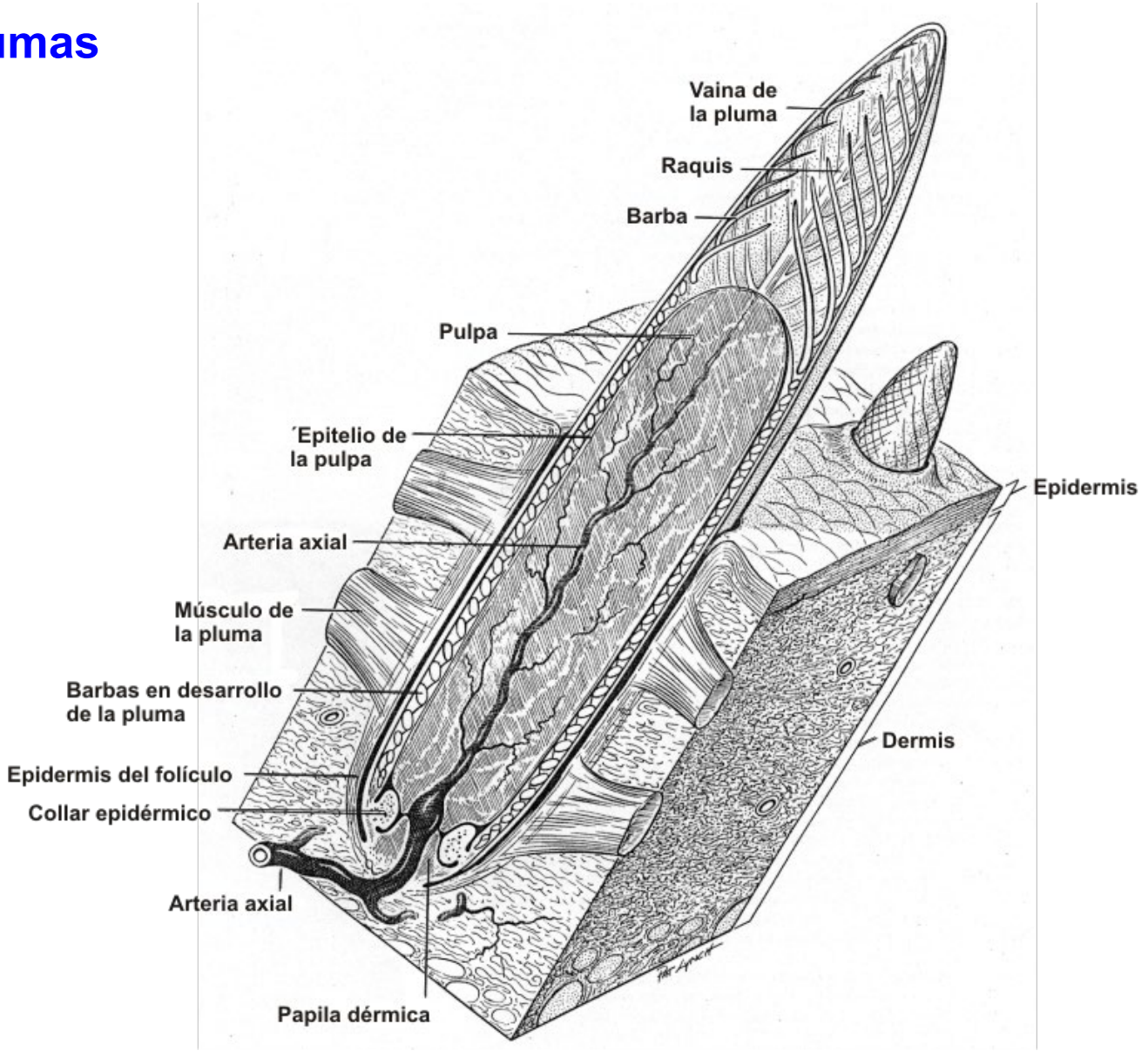
- Adaptaciones para el vuelo

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



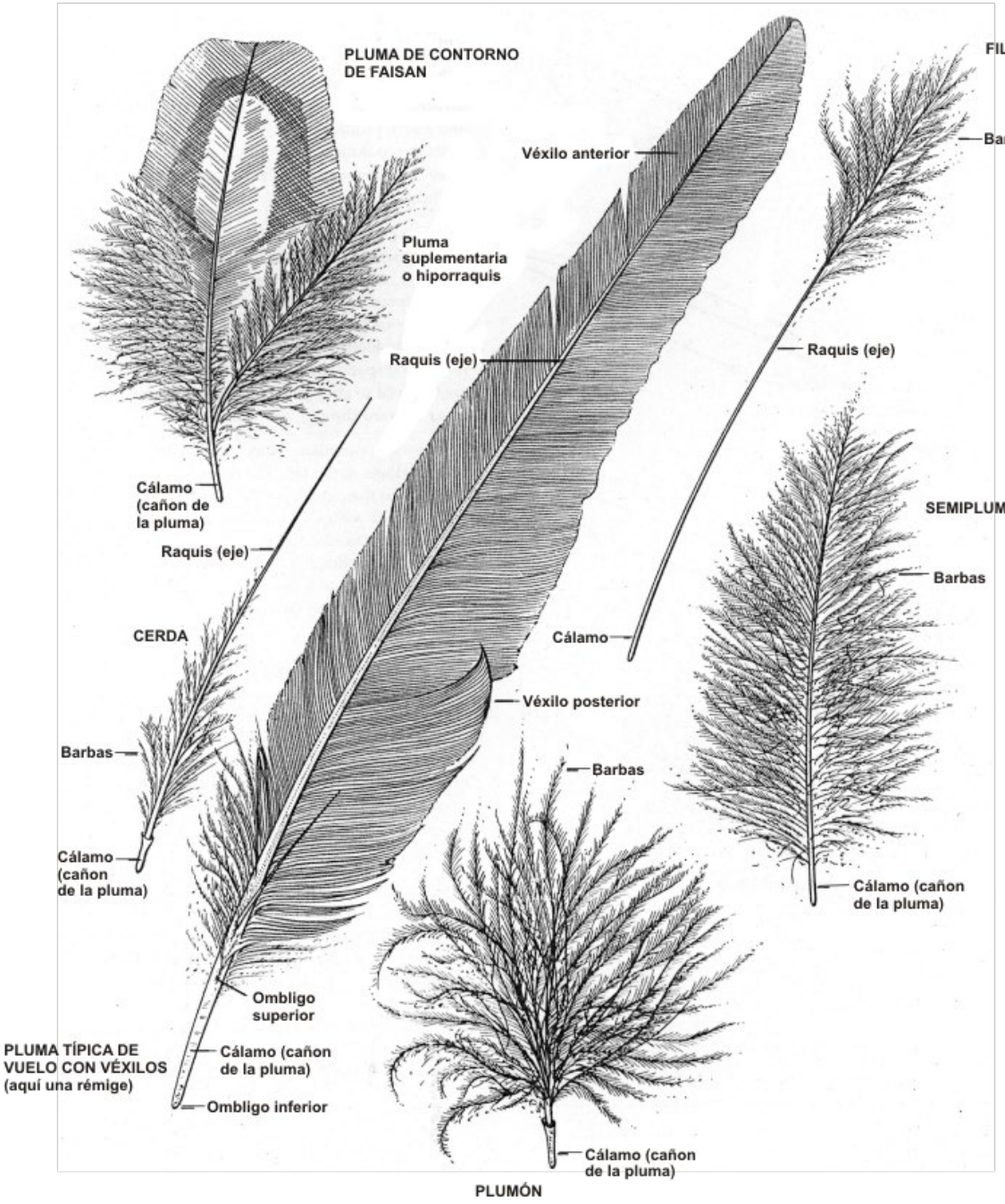
Estructura de la plumas



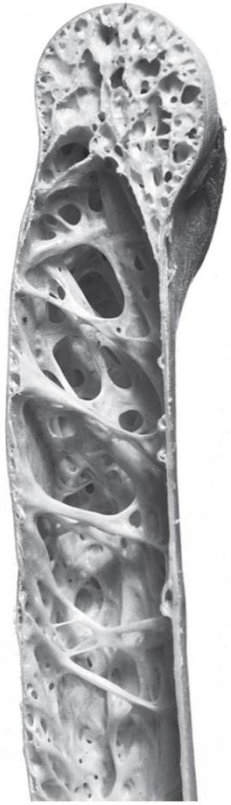


Desarrollo de la pluma

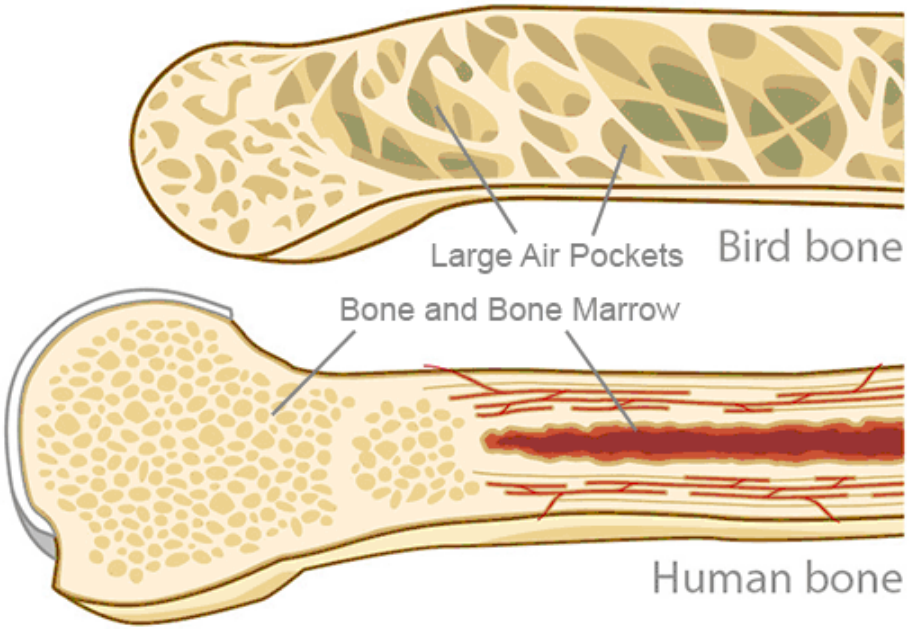
Tipos de plumas



Sistema esquelético



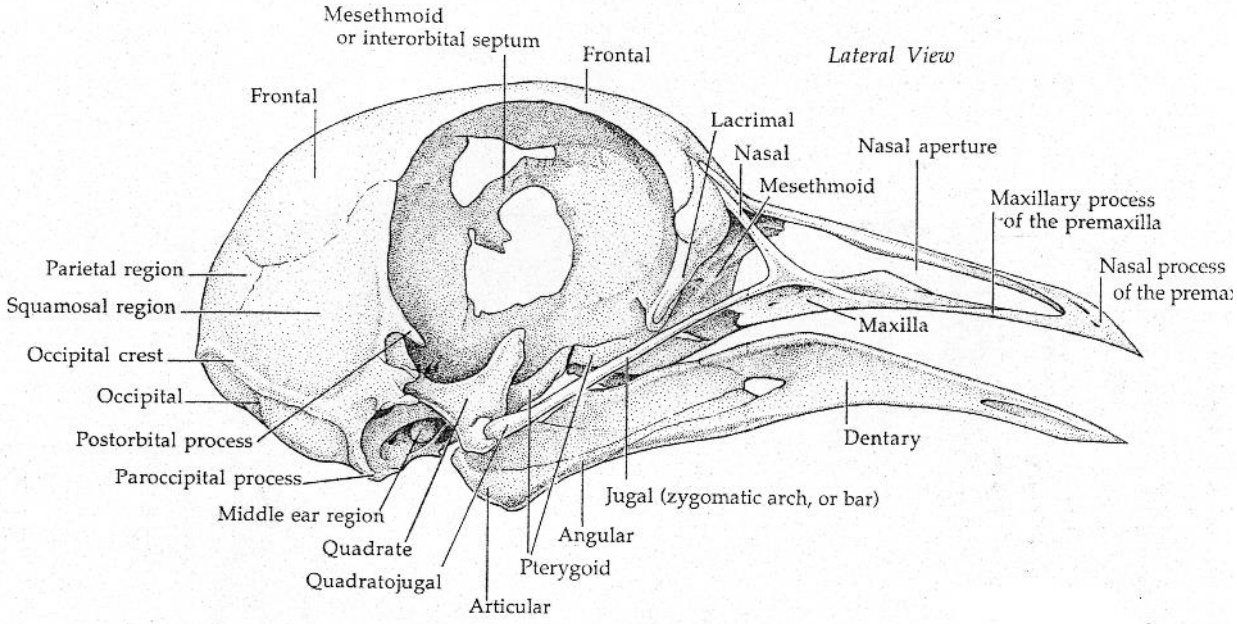
© 2013 Pearson Education, Inc.

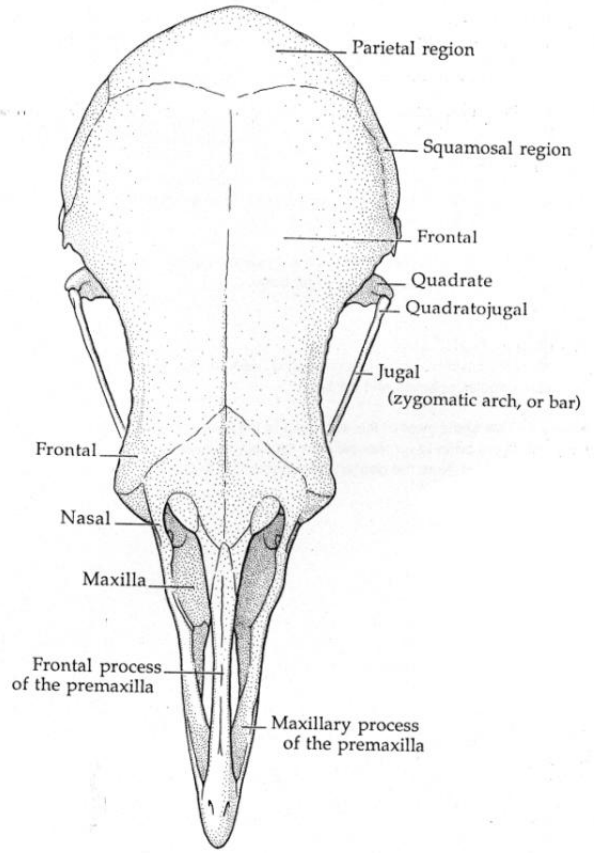


Pérdida y fusión de huesos = reducción de peso corporal y compactación del cuerpo

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

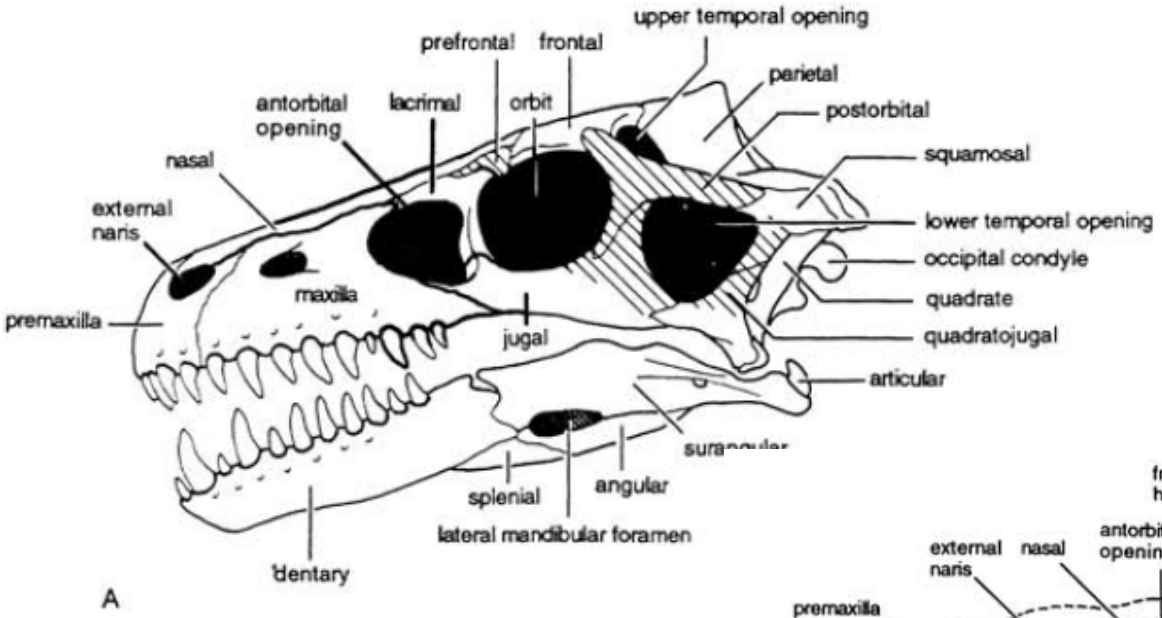
Cráneo



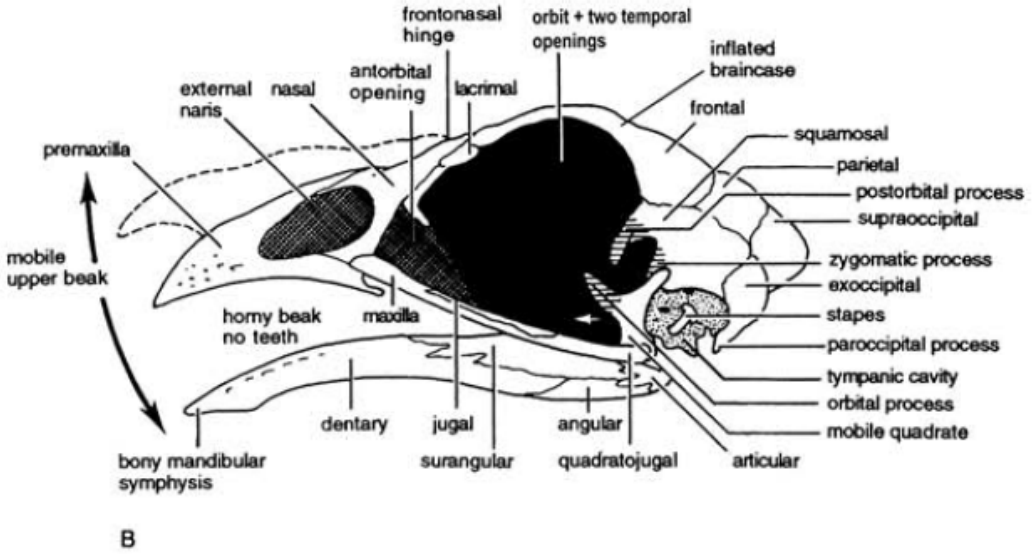


Comparación del cráneo de un dromaeosaurio y un pollo

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



Cráneo

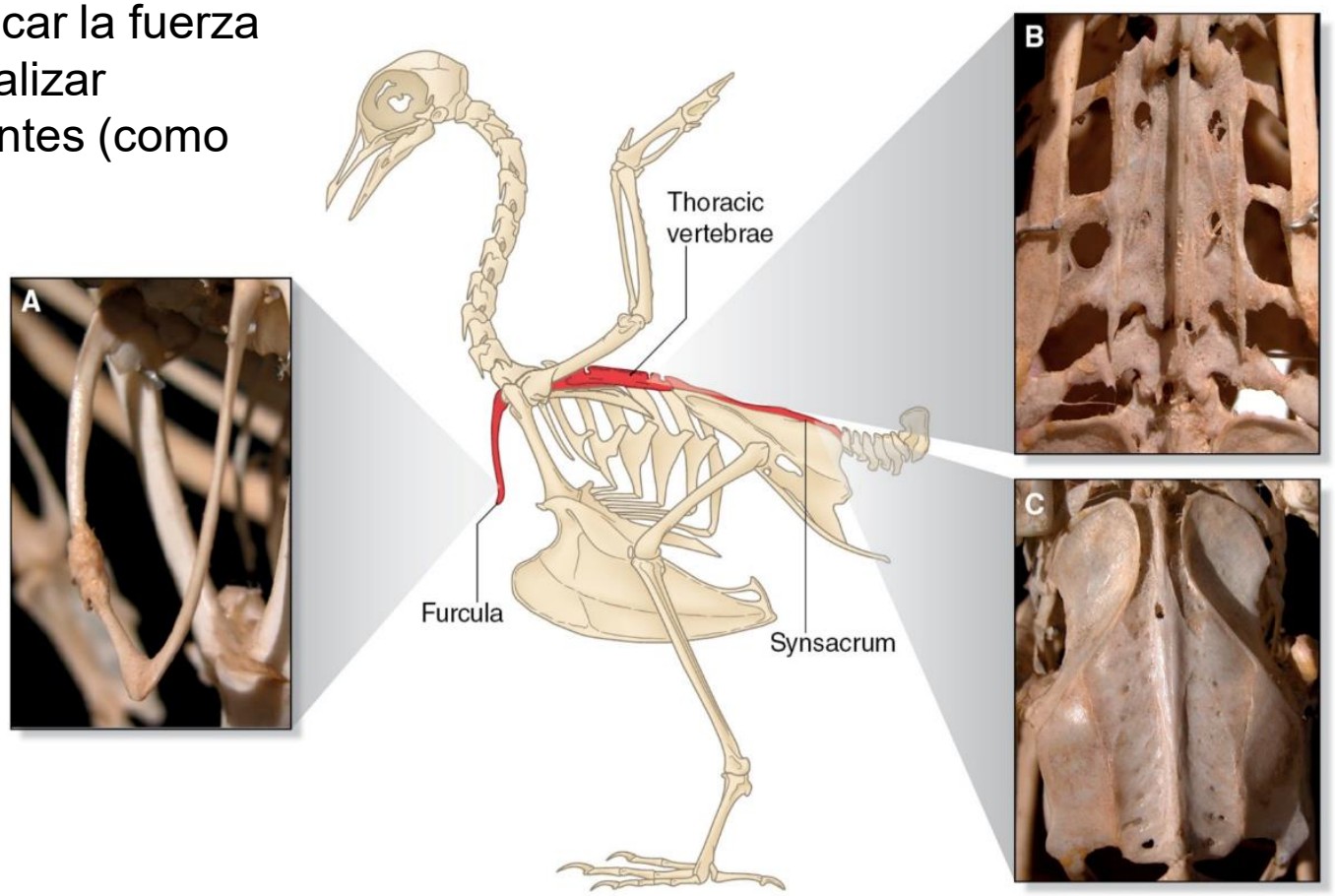


Chatterjee, S. 2015. The rise of birds. 225 million years of evolution. Second Edition. Johns Hopkins University Press, Baltimore. 370 pp.

Modificaciones asociadas al vuelo

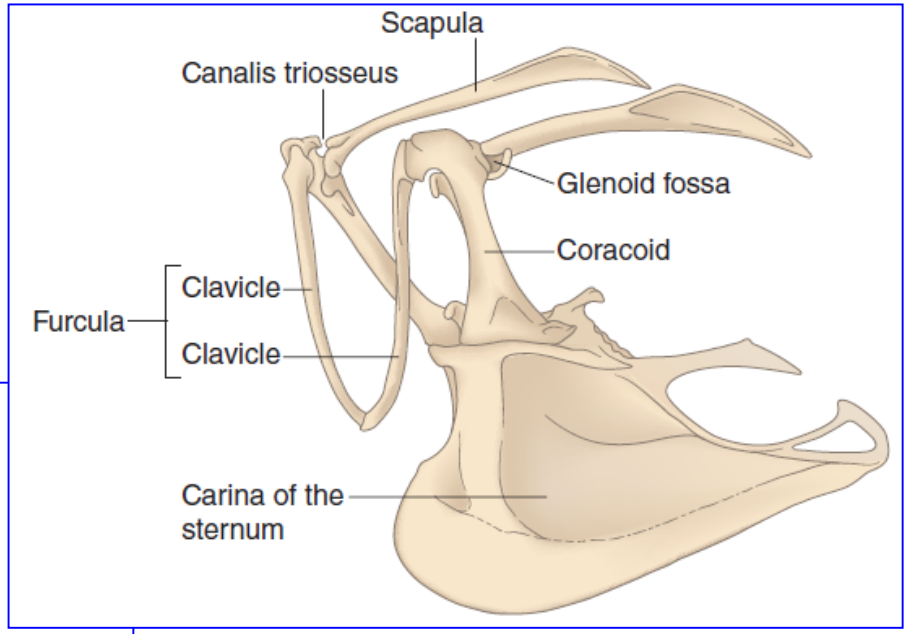
- ✓ Rigidez al ave durante el vuelo
- ✓ Permitir a las aves mantener la ligereza sin sacrificar la fuerza necesaria para realizar movimientos potentes (como golpes de alas)

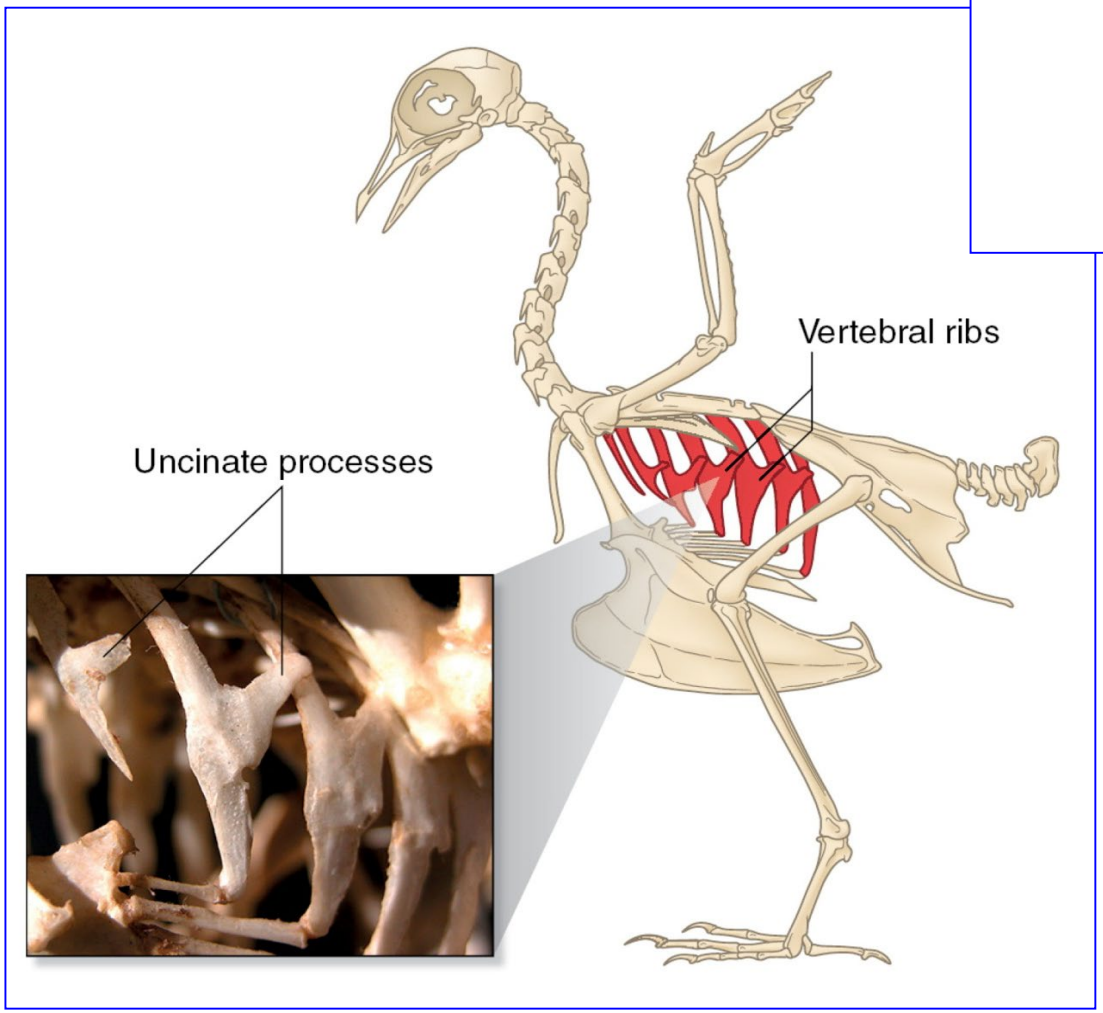
(B) Fusión de vertebras torácicas que sostienen las costillas y sacos aéreos



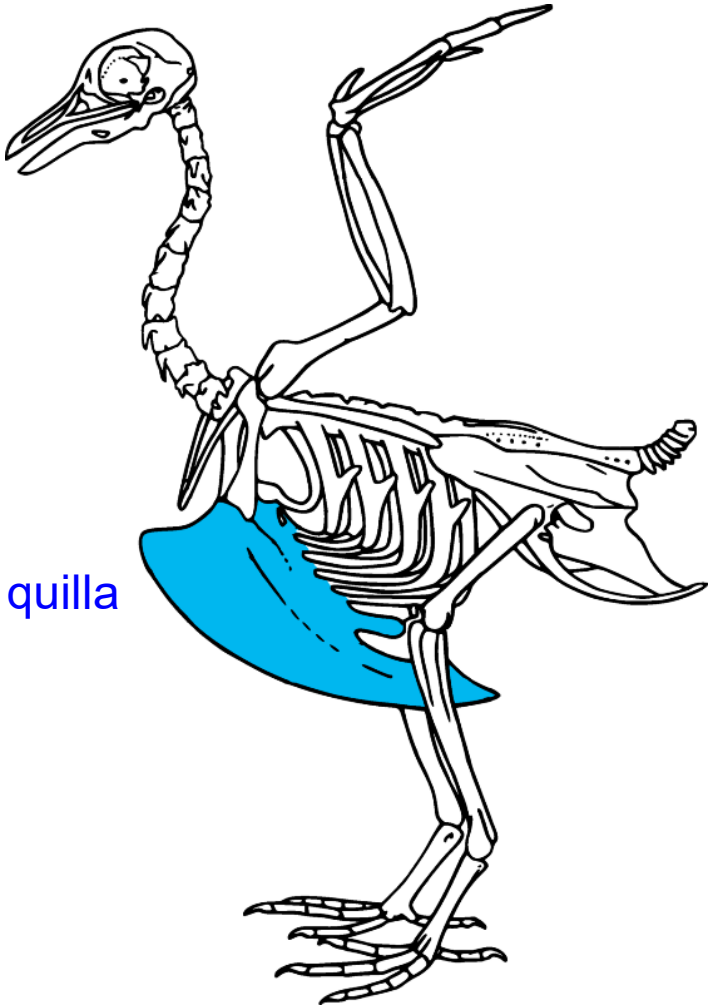
(C) **Sinsacro**: fusión de vertebras sacrales y huesos pélvicos

Modificación torácicas para el vuelo

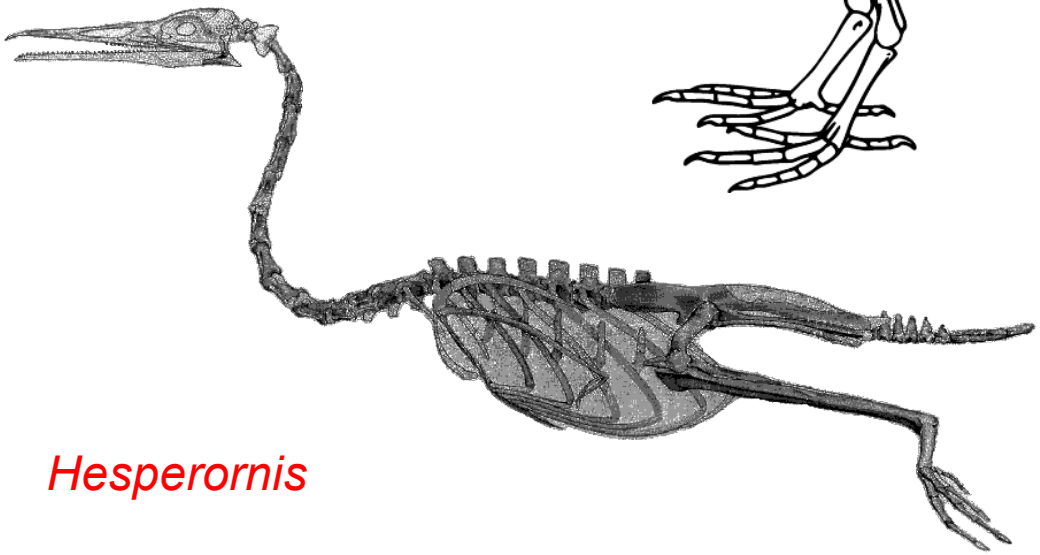




No voladoras *versus* voladoras

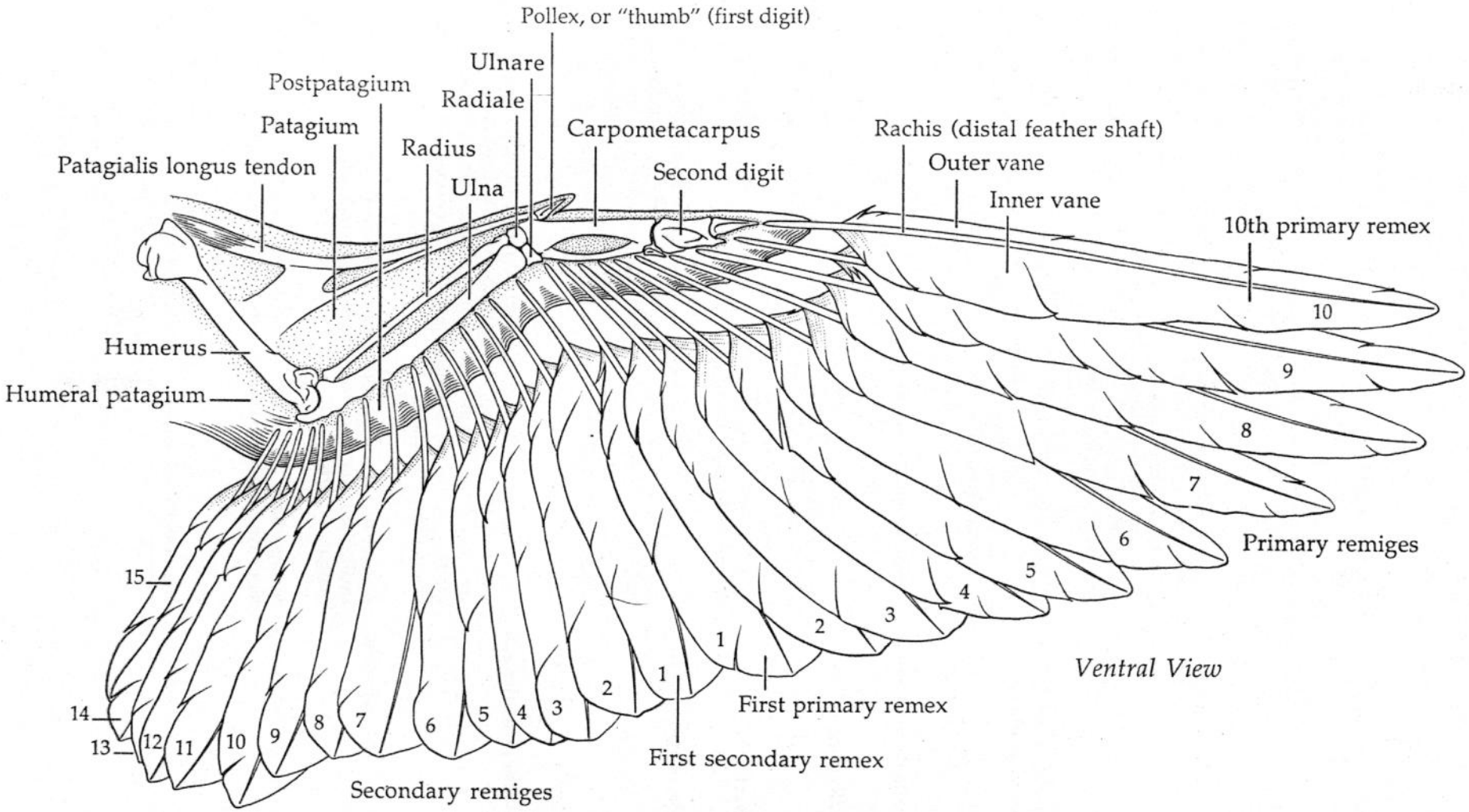


Presencia de quilla
del esternón

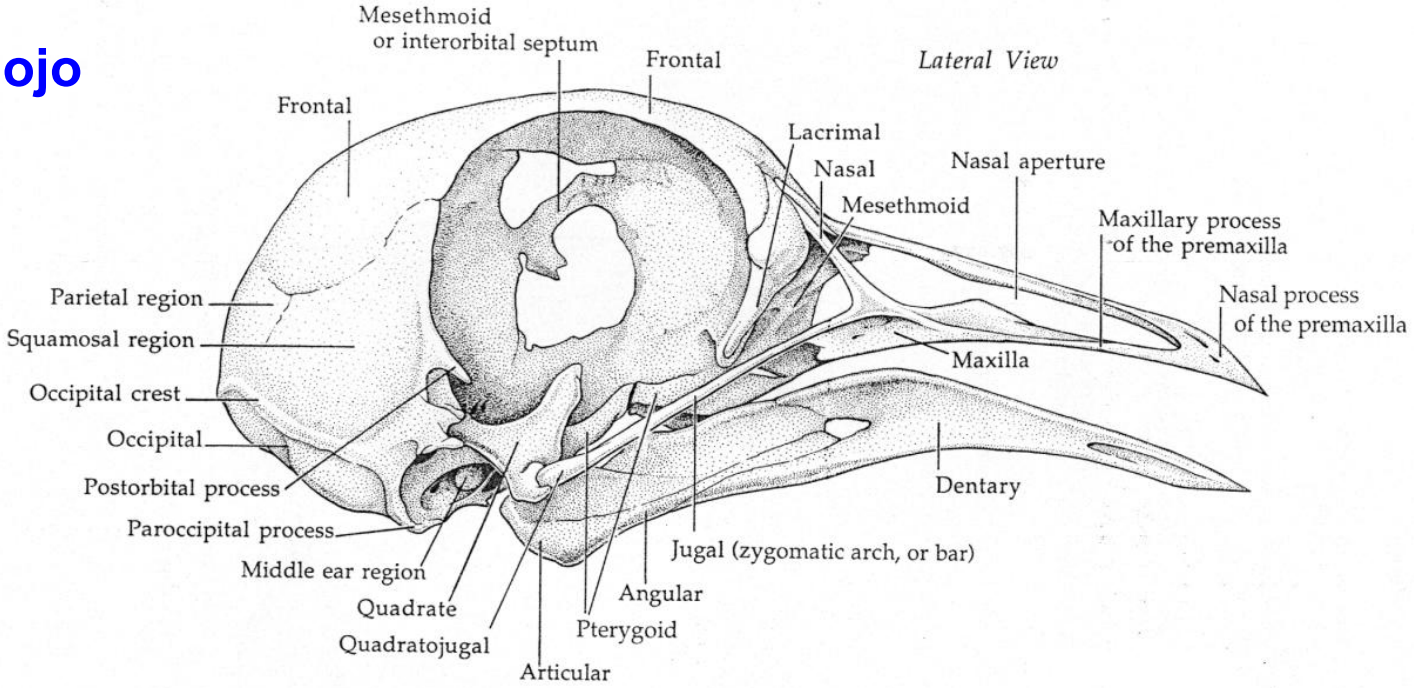


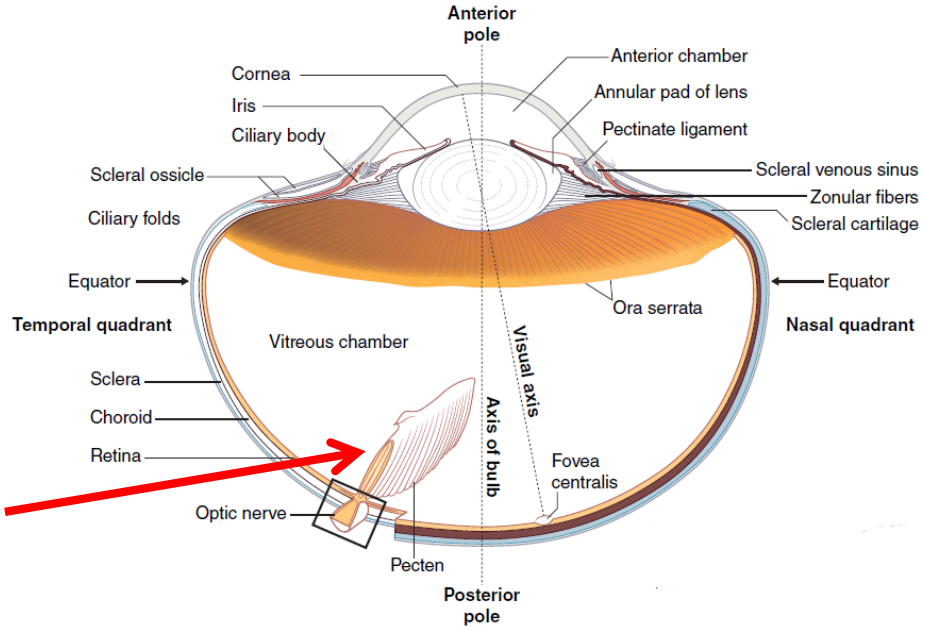
Hesperornis

Alas (extremidades anteriores)



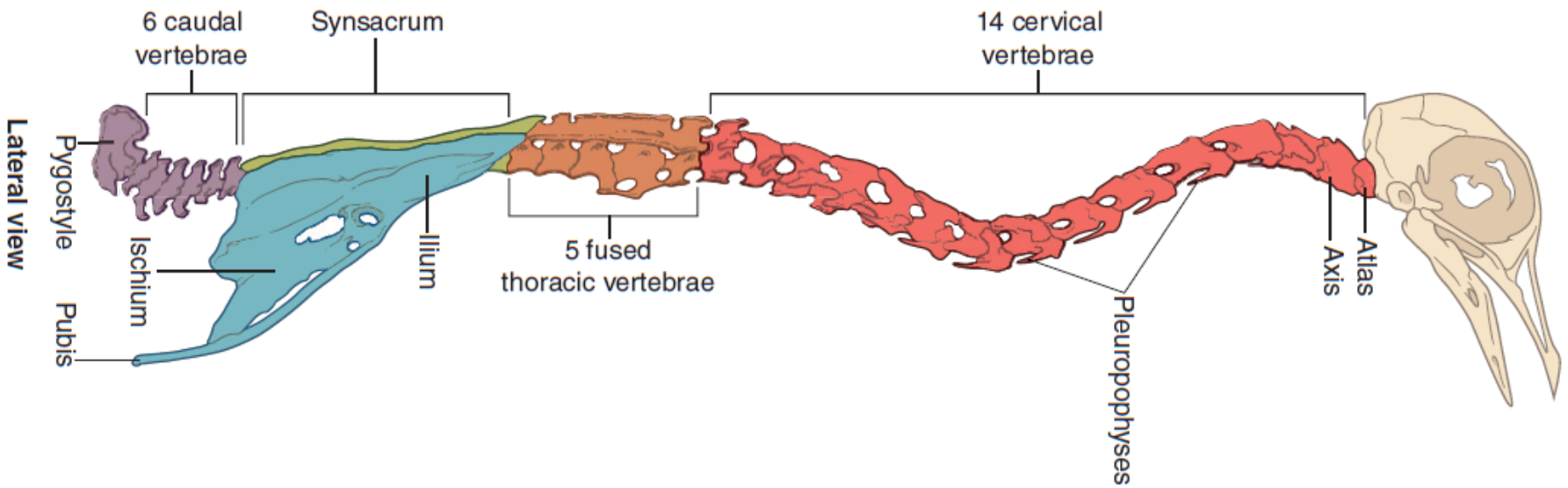
Cabeza, pico y ojo





Pecten ocular

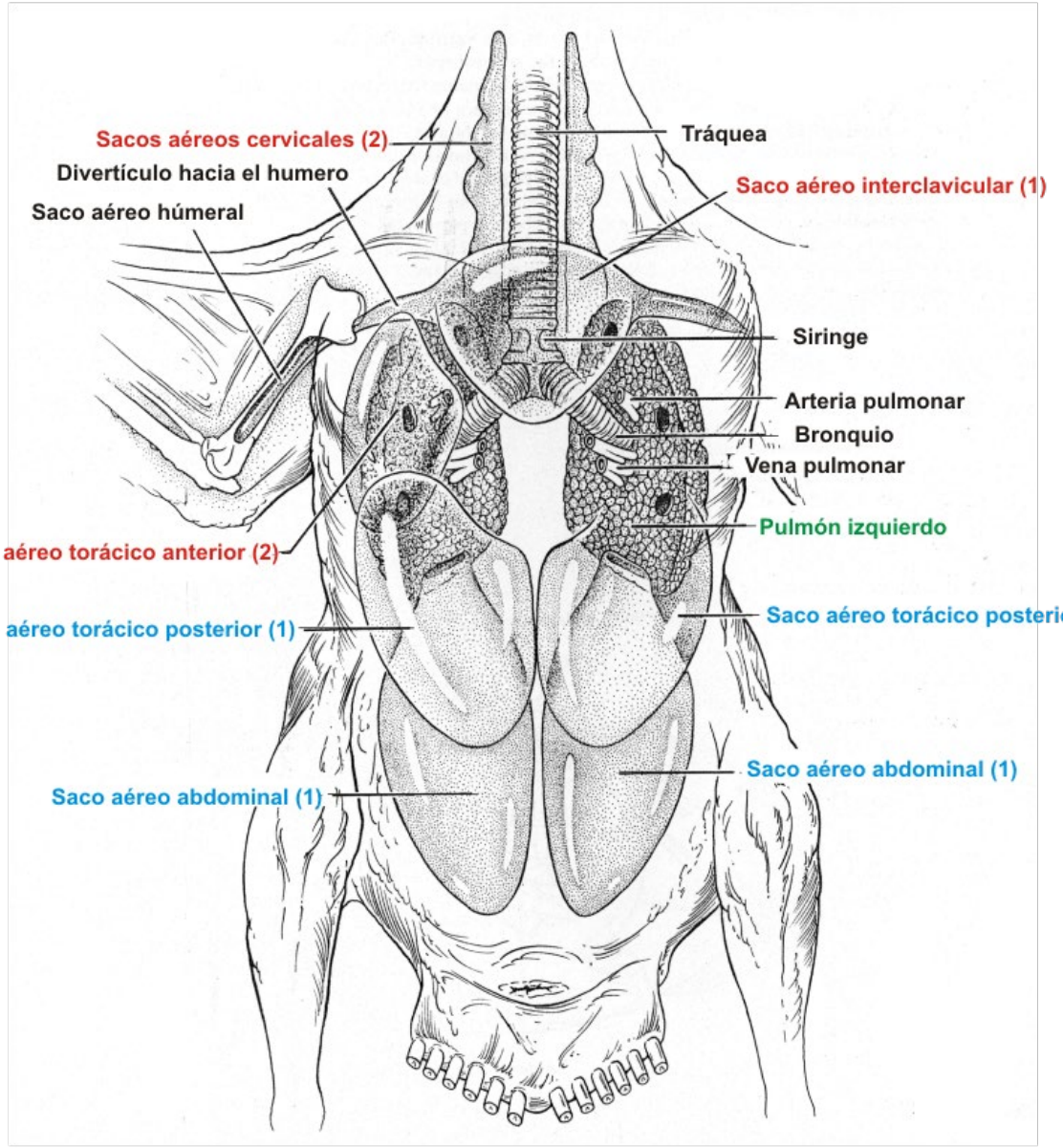
Modificación del cuello asociado a la alimentación



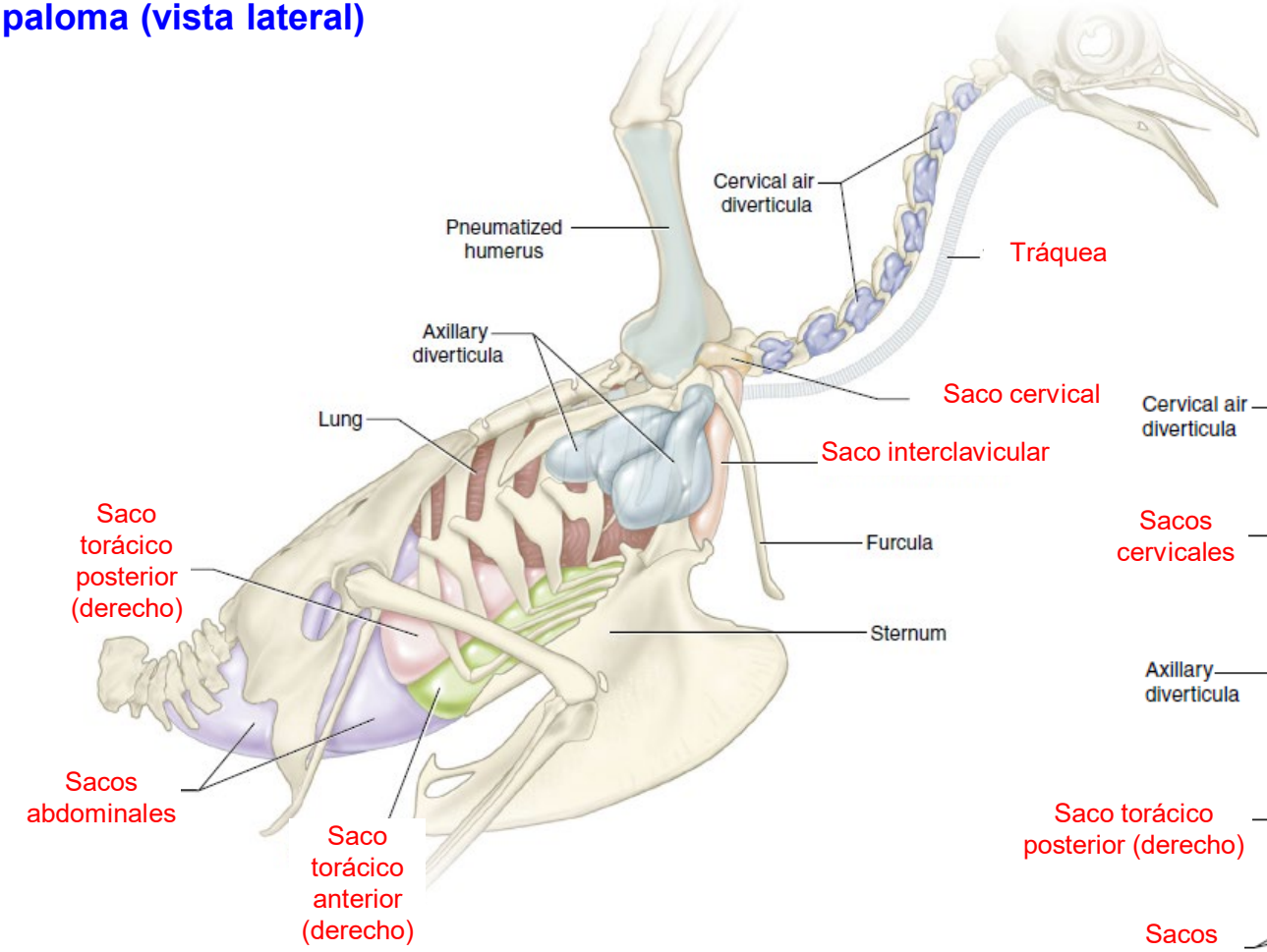
Respiración en las aves: presencia de sacos aéreos (9) y los pulmones

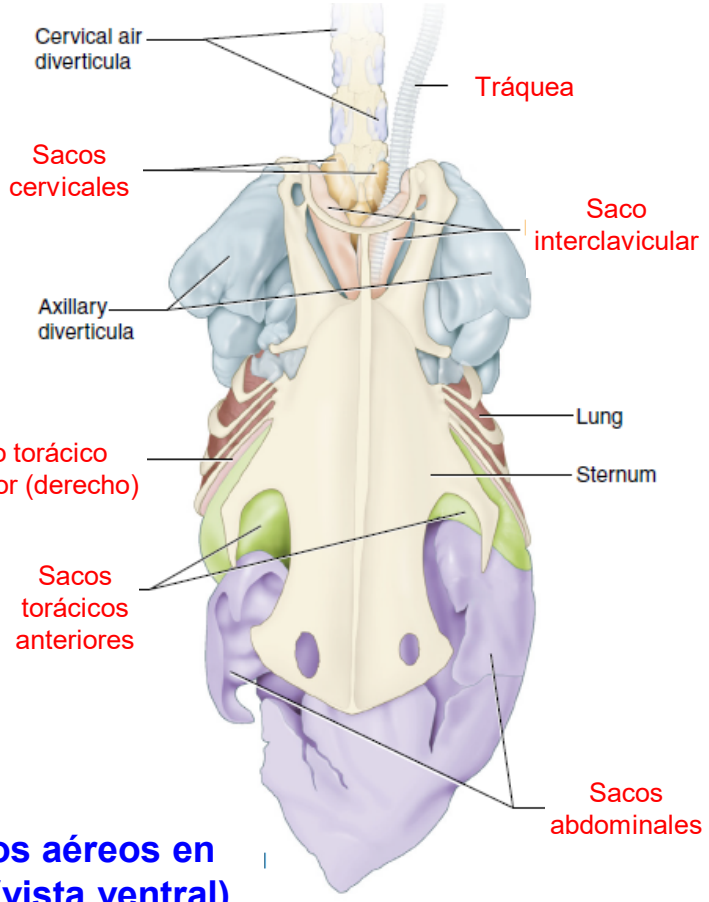
1. Sacos aéreos anteriores y posteriores
2. Pulmones

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



Sistema sacos aéreos en una paloma (vista lateral)



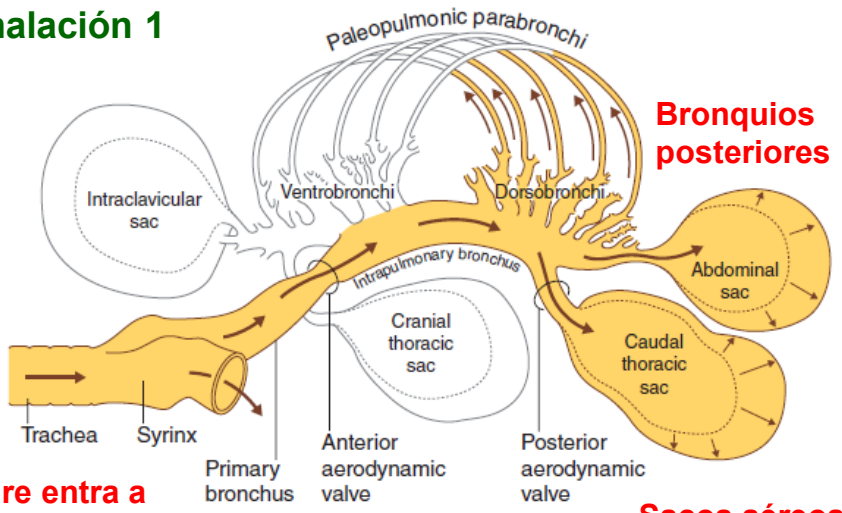


Sistema sacos aéreos en una paloma (vista ventral)

Ventilación de los pulmones en las aves

Flujo de aire doble sobre los bronquiolos en los pulmones

Inhalación 1



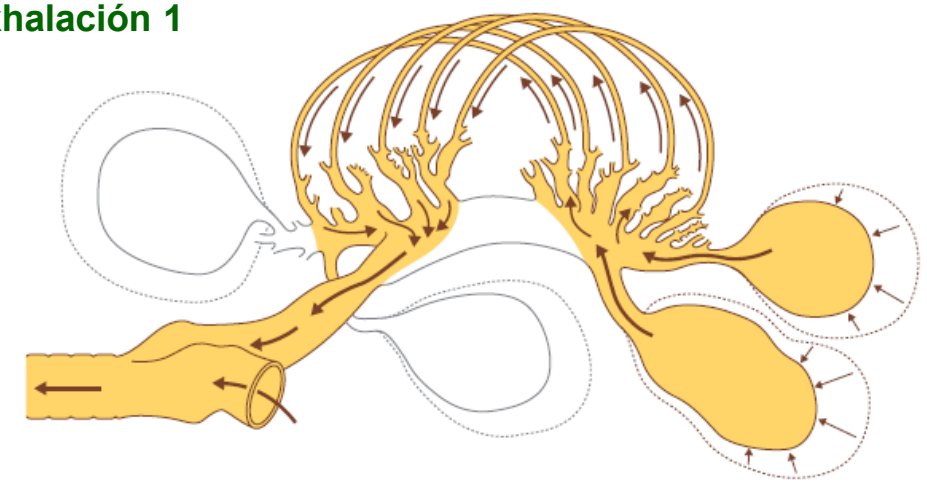
Bronquios posteriores

Aire entra a la tráquea

Sacos aéreos posteriores

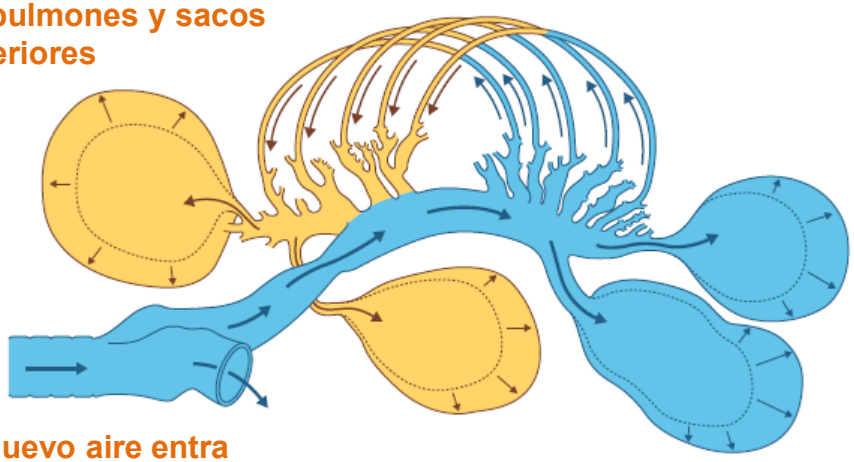
Parabronquios en los pulmones

Exhalación 1



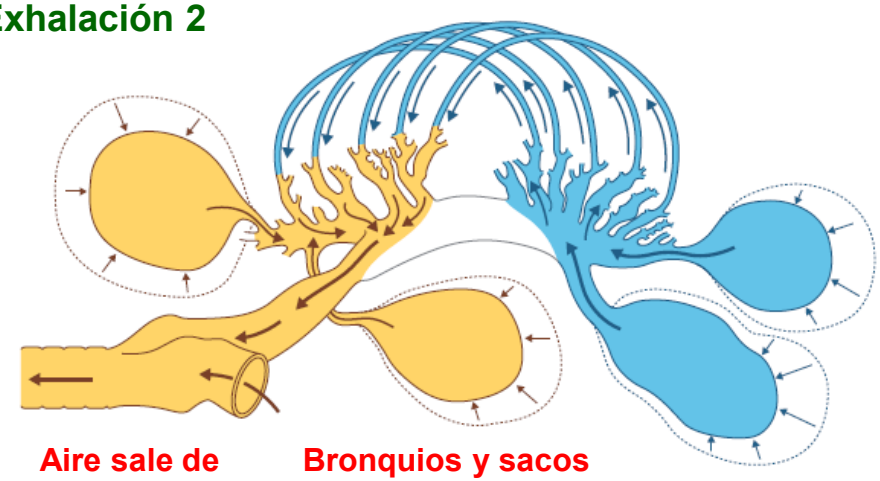
Inhalación 2

Aire viejo retenido en pulmones y sacos anteriores



Nuevo aire entra

Exhalación 2



Aire sale de la tráquea

Bronquios y sacos aéreos anteriores

Evidencia en terópodos de aparición de sacos aéreos

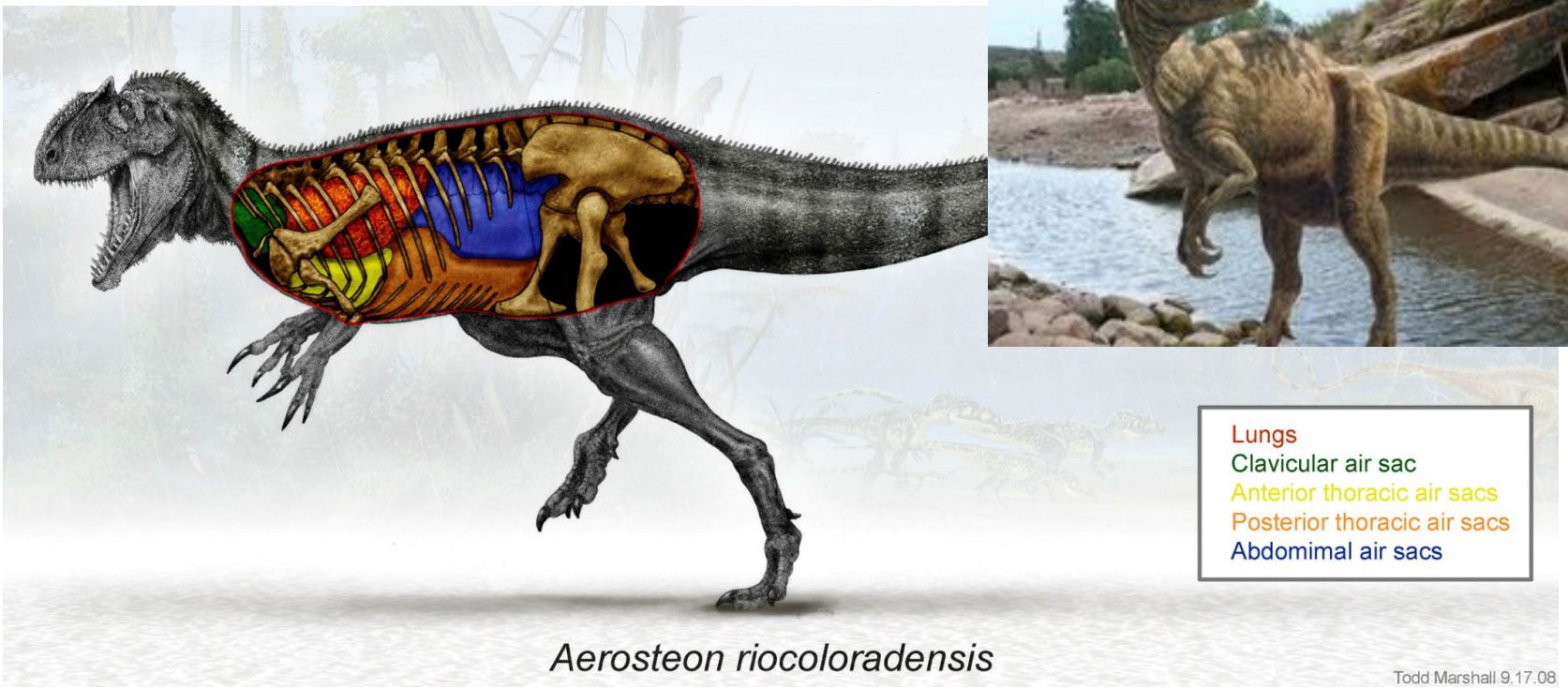
Aerosteon riocoloradensis Sereno *et al*. 2008

OPEN ACCESS Freely available online

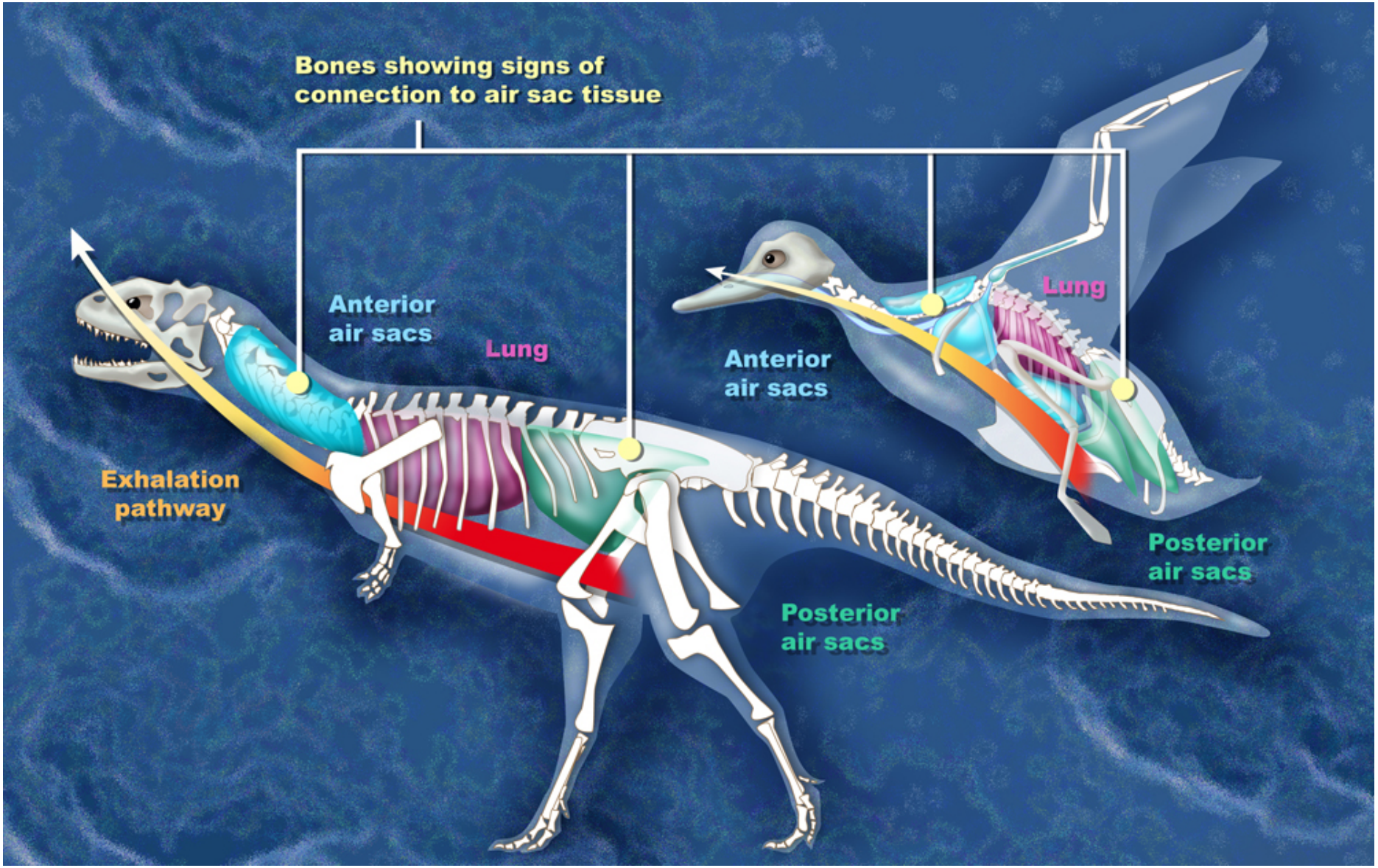
PLoS one

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

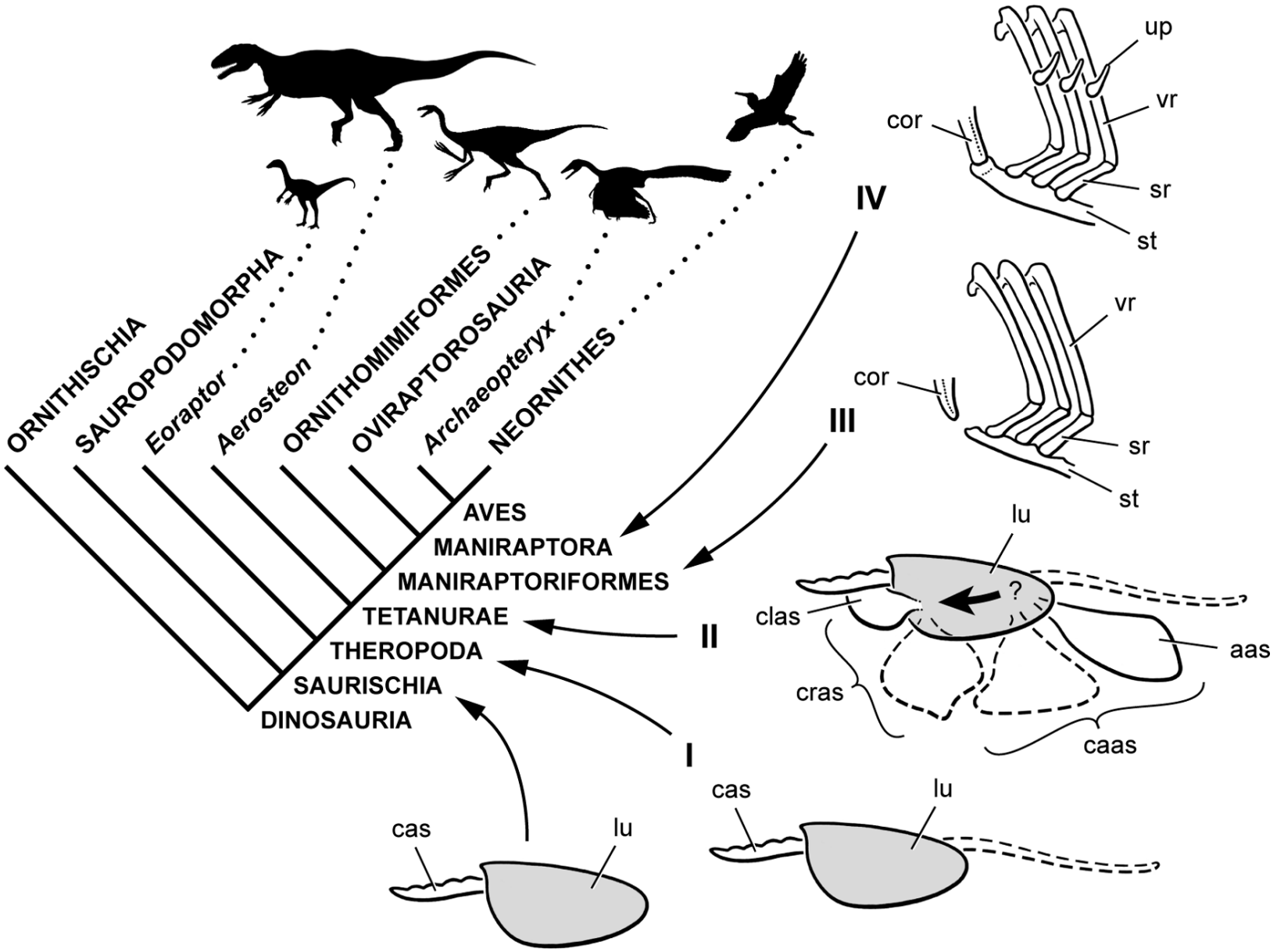
Paul C. Sereno[1]*, Ricardo N. Martinez[2], Jeffrey A. Wilson[3], David J. Varricchio[4], Oscar A. Alcober[2], Hans C. E. Larsson[5]



Similitud terópodo - ave

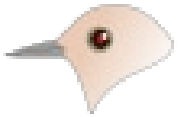


Filogenia (basada en la respiración)



Tipos de picos: hábitos alimenticios

Generalist


Insect catching

Grain eating

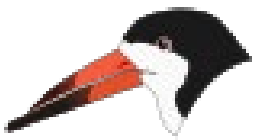
Coniferous-seed eating

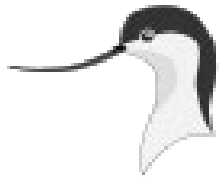
Nectar feeding

Fruit eating

Chiseling

Dip netting


Surface skimming


Mud probing

Probing

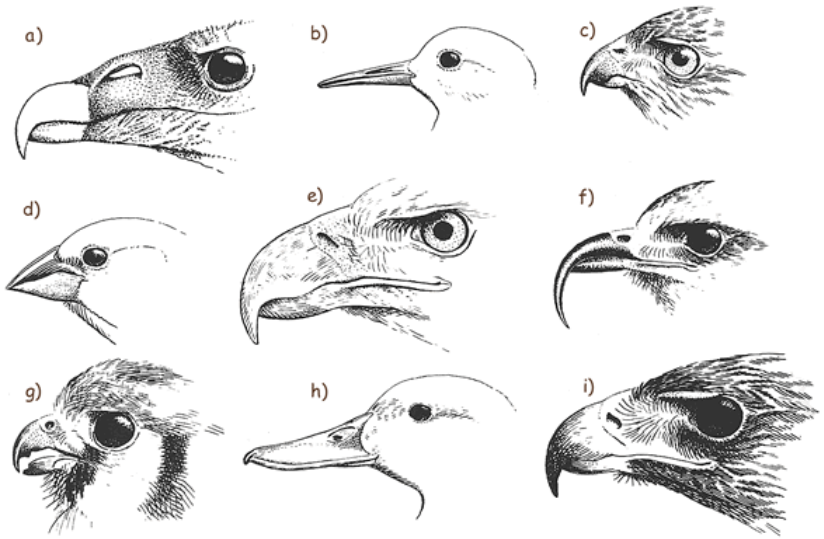
Filter feeding

Aerial fishing

Pursuit fishing

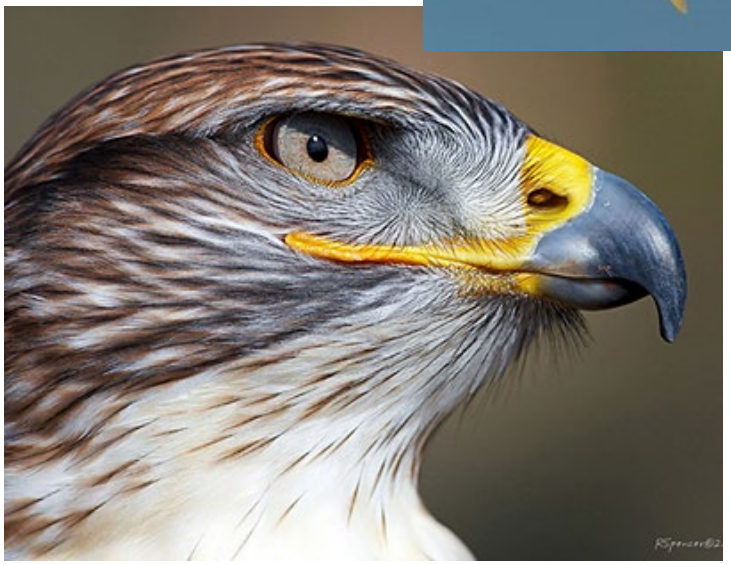
Scavenging

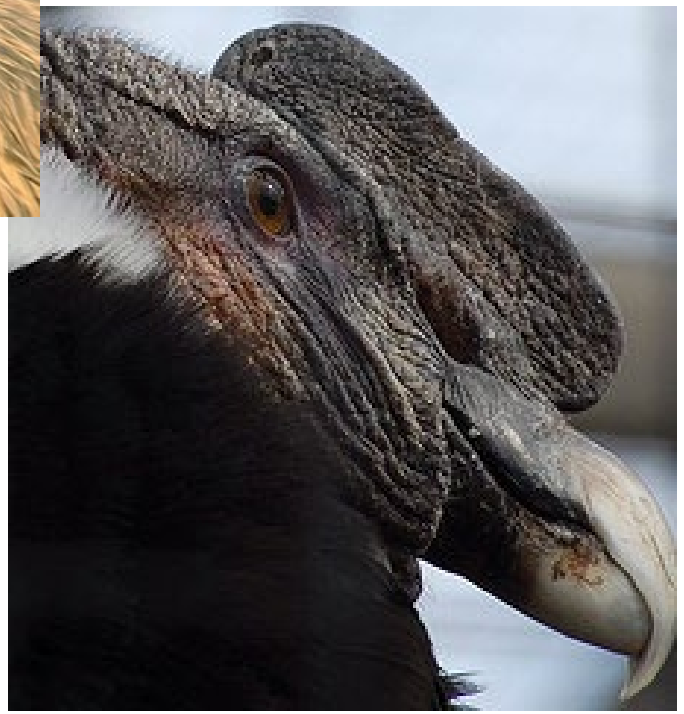
Raptorial



Aves carnívoras (carroñeras y de rapiña)

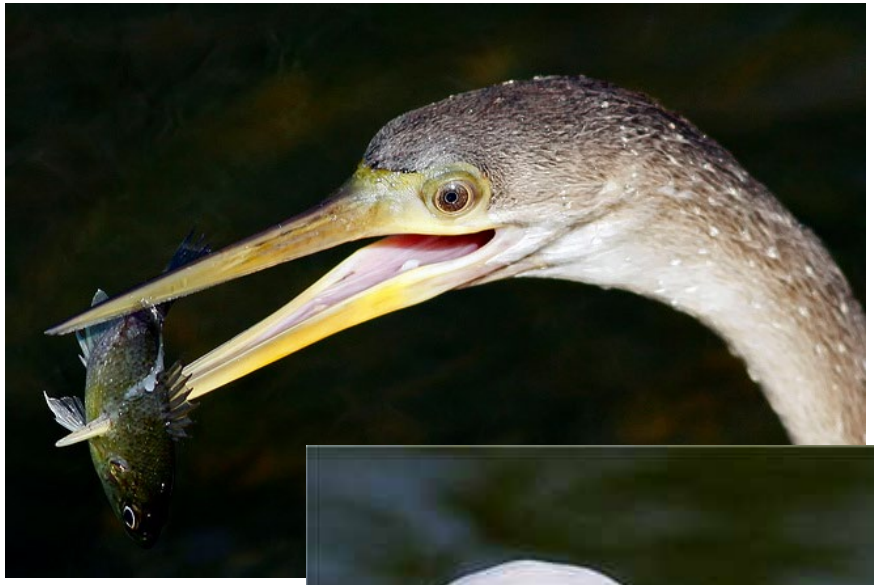
- ✓ Estas aves tienen pico **GANCHUDO**
  (fuerte en el caso de águilas y halcones)





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:

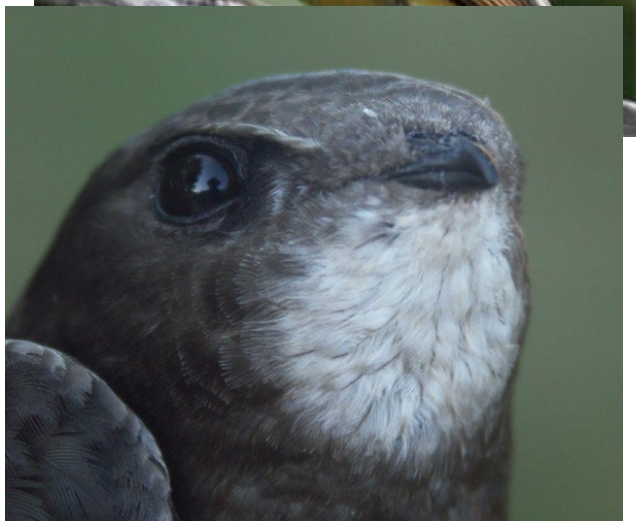
✓Alimentación: llena el pico con agua y lodos

- ❖ 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

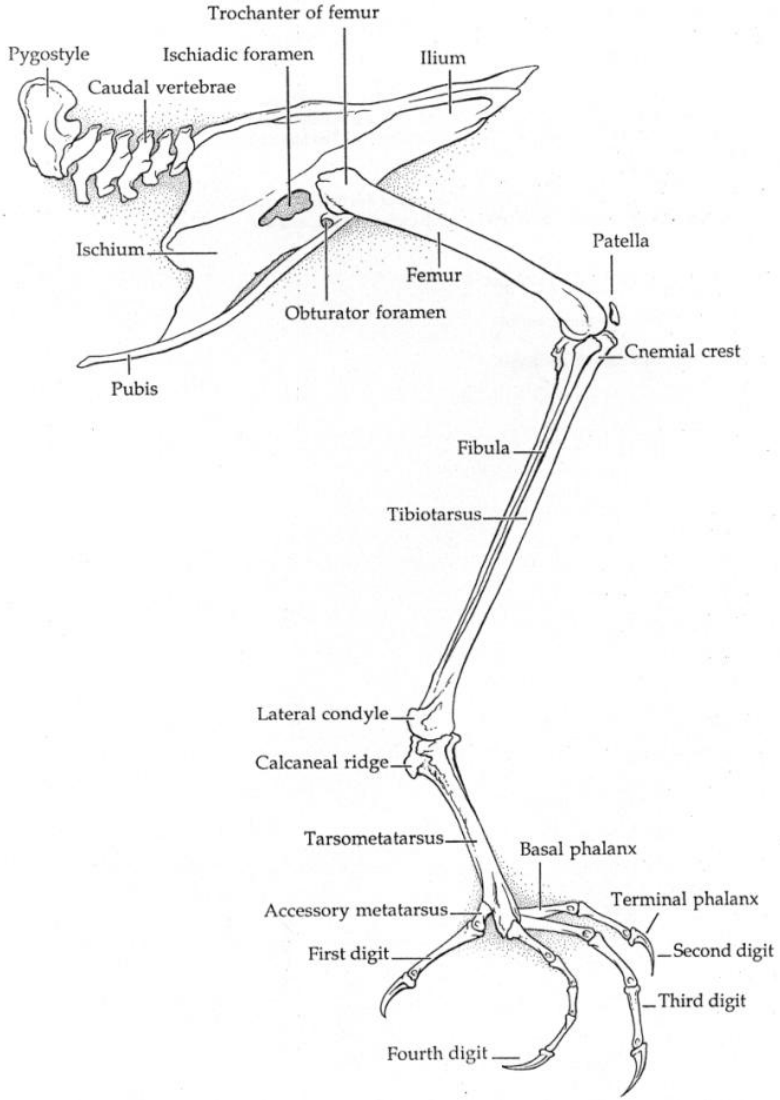
- ✓ Los colibríes se alimentan primordialmente del néctar de las flores

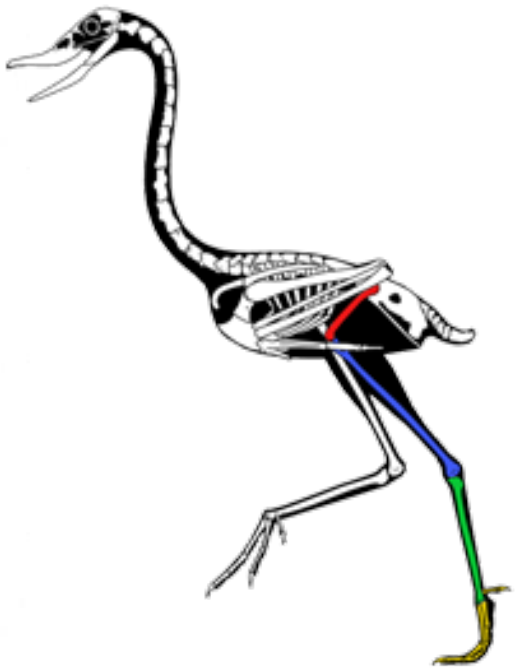
- ✓ Las aves nectarívoras introducen su pico largo y delgado a la corola de las flores. Los picos son variables y dependen del tipo de flor que explotan

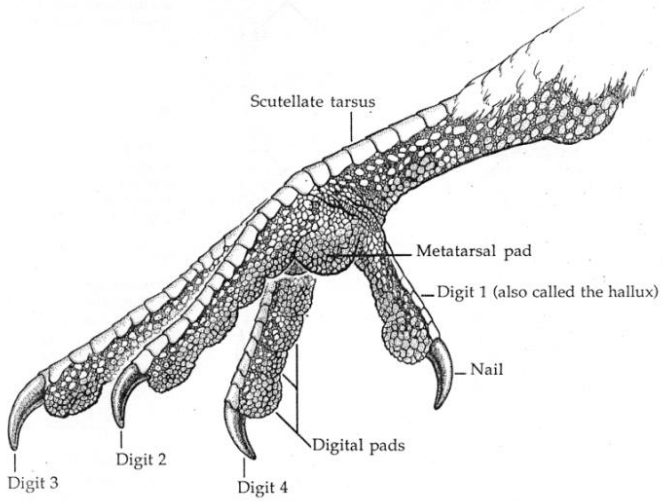
- ✓ Algunas aves como ciertos pinzones de las islas Galápagos se alimentan de la sangre que brota al picar las plumas secundarias de algunos pájaros bobos

- ✓ 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)



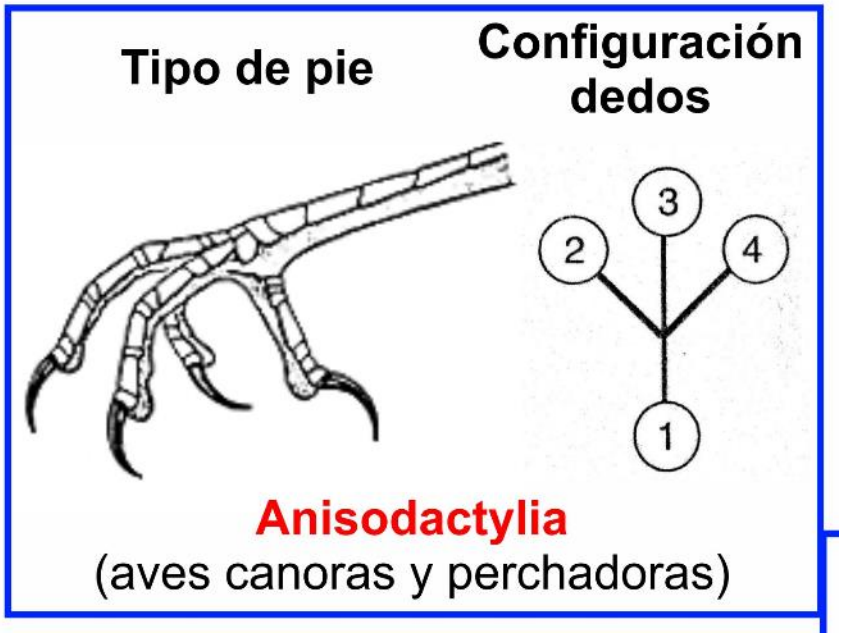




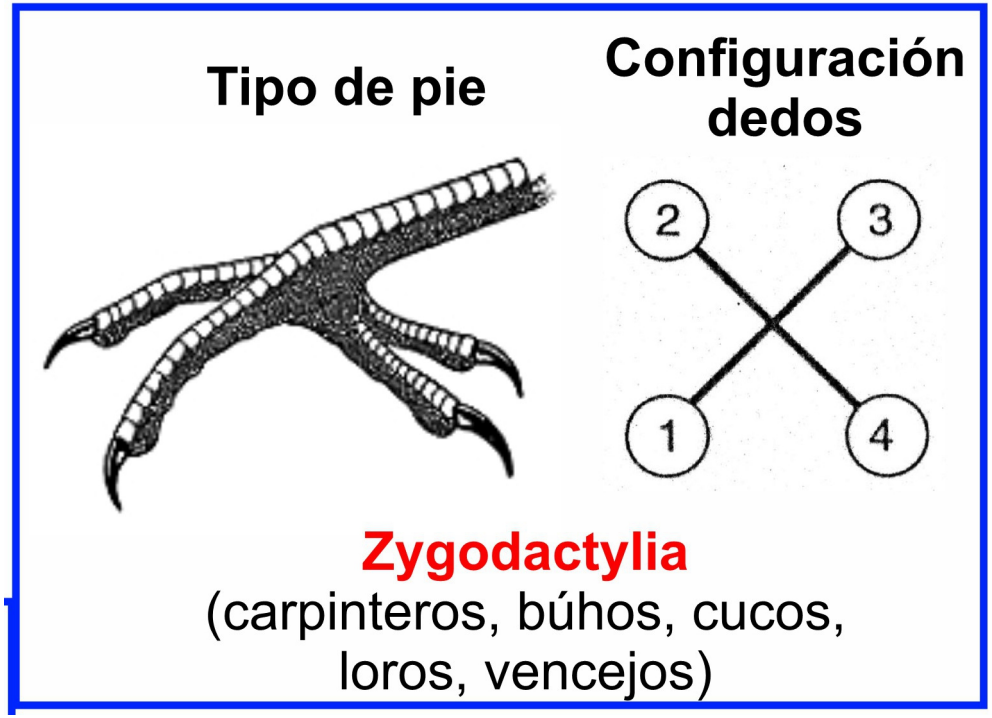
Tipos de patas (extremidades posteriores)

Disposición espacial de los dedos

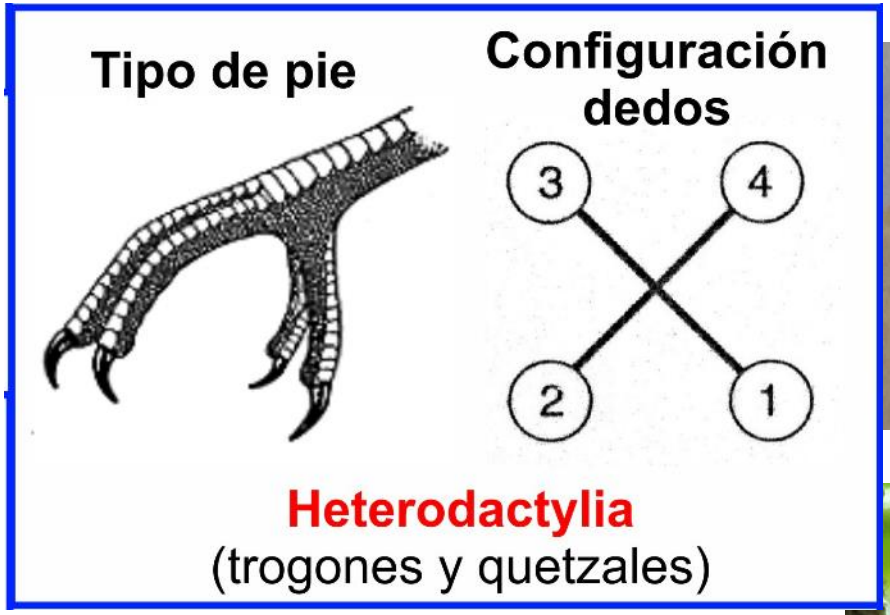
1. **Pata anisodáctila:** tres dedos dirigidos hacia el frente y uno hacia atrás



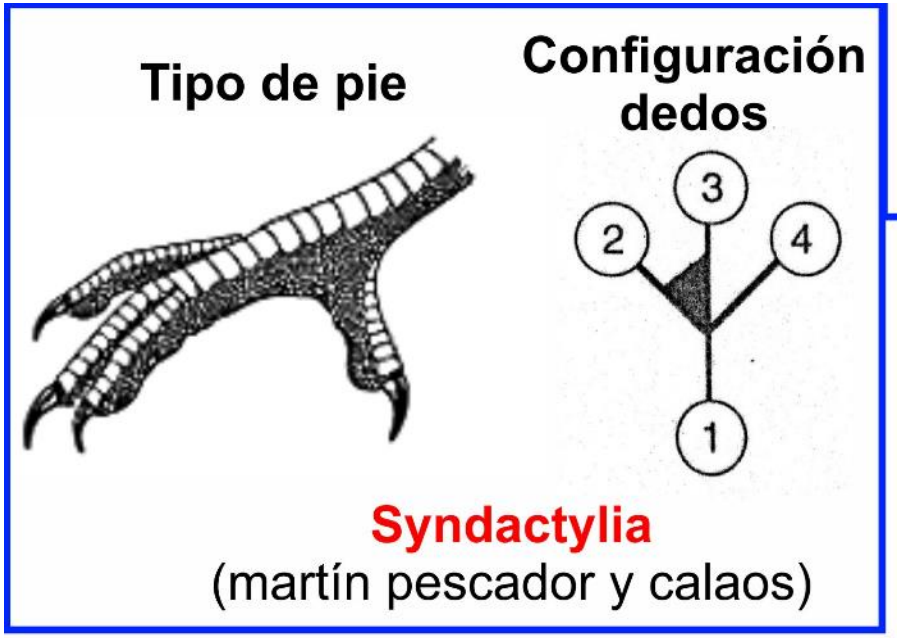
2. **Pata zigodáctila**: dedos (2-3) dirigidos al frente y dedos (1-4) hacia atrás; más facilidad para trepar troncos de árboles, mayor fuerza. Carpinteros, pericos, tucanes. (búhos zigodáctilos facultativos)



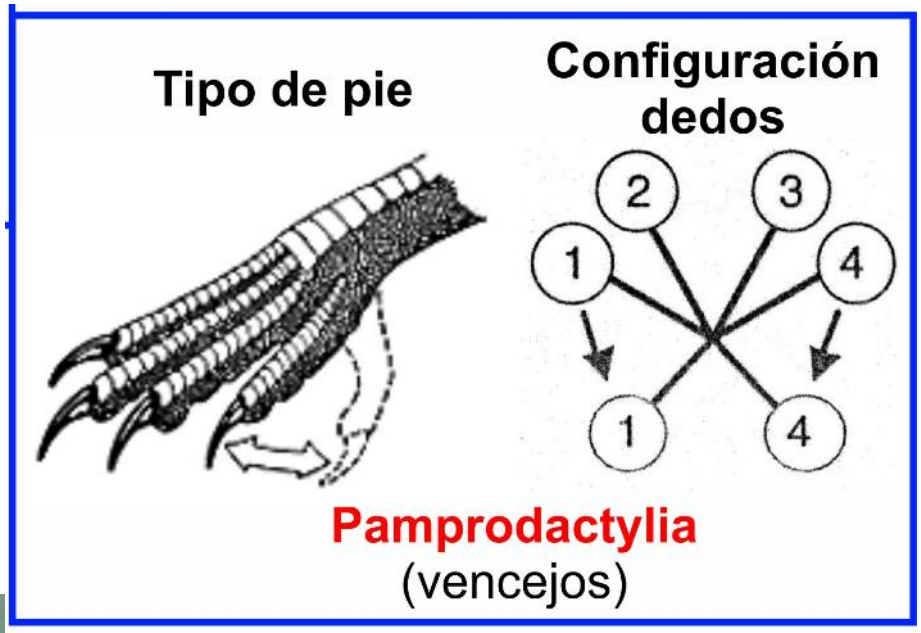
3. **Pata heterodáctila**: dos dedos dirigidos hacia adelante (3-4) y hacia atrás (1-2). Adaptados para posarse en las ramas. Familia Trogonidae (trogones y quetzales)



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



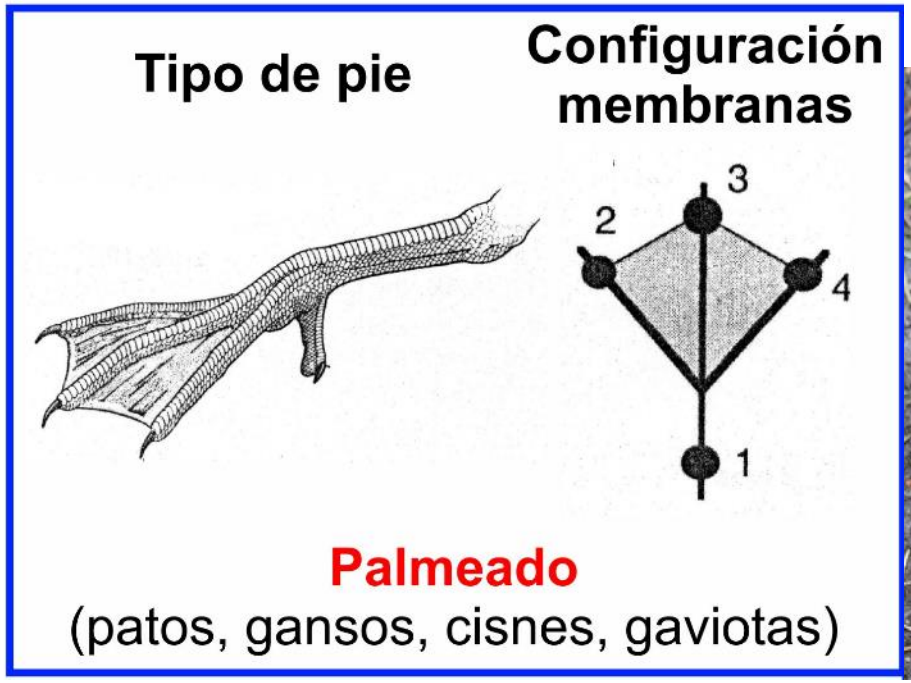
5. **Pata pamprodáctila**: aves que duermen colgadas en los riscos o encima de otros compañeros de la misma especie (vencejos y las aves ratón) son capaces de disponer los dedos de las patas todos hacia adelante a manera de ganchos

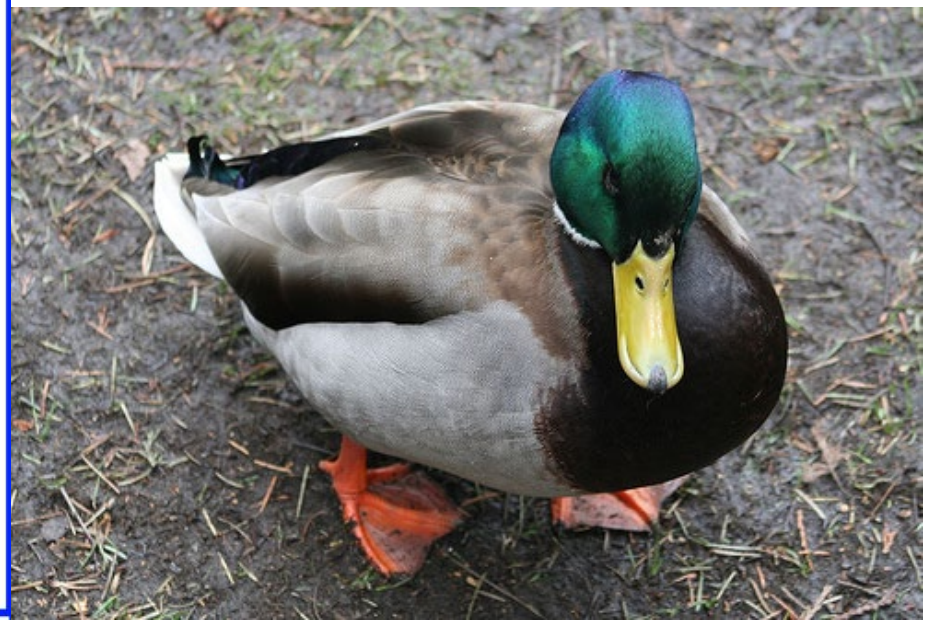


Tipos de patas

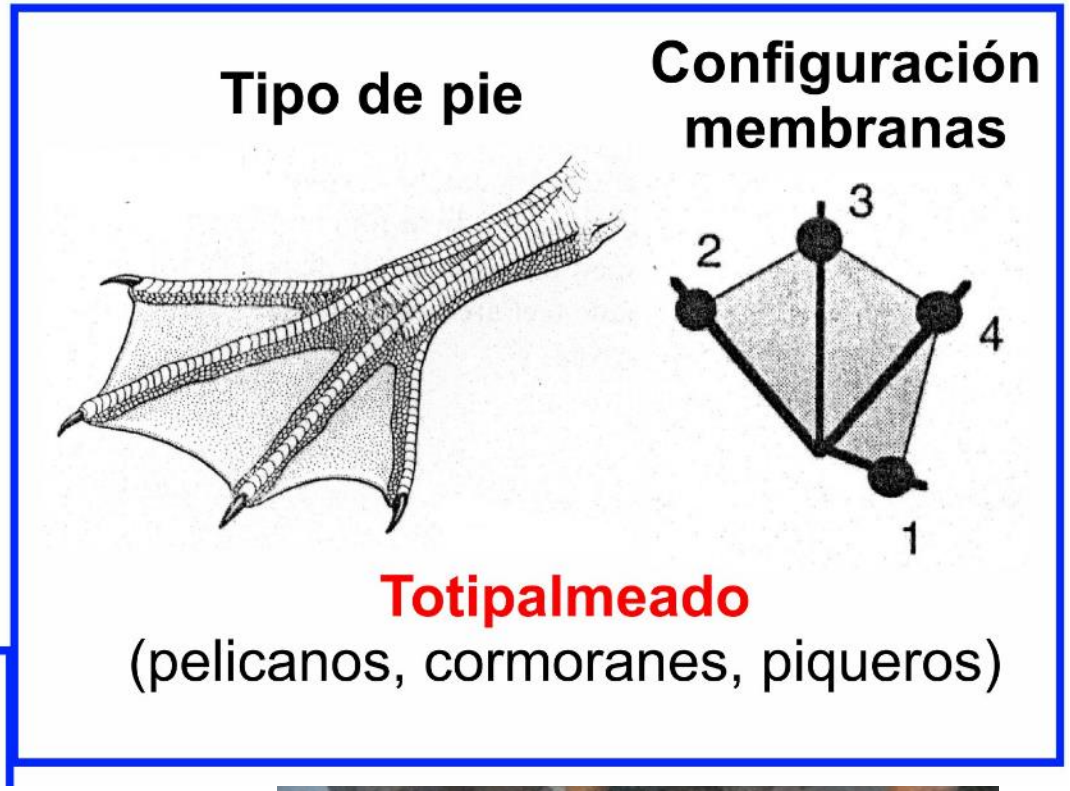
Disposición de membranas entre los dedos

1. **Patas 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)

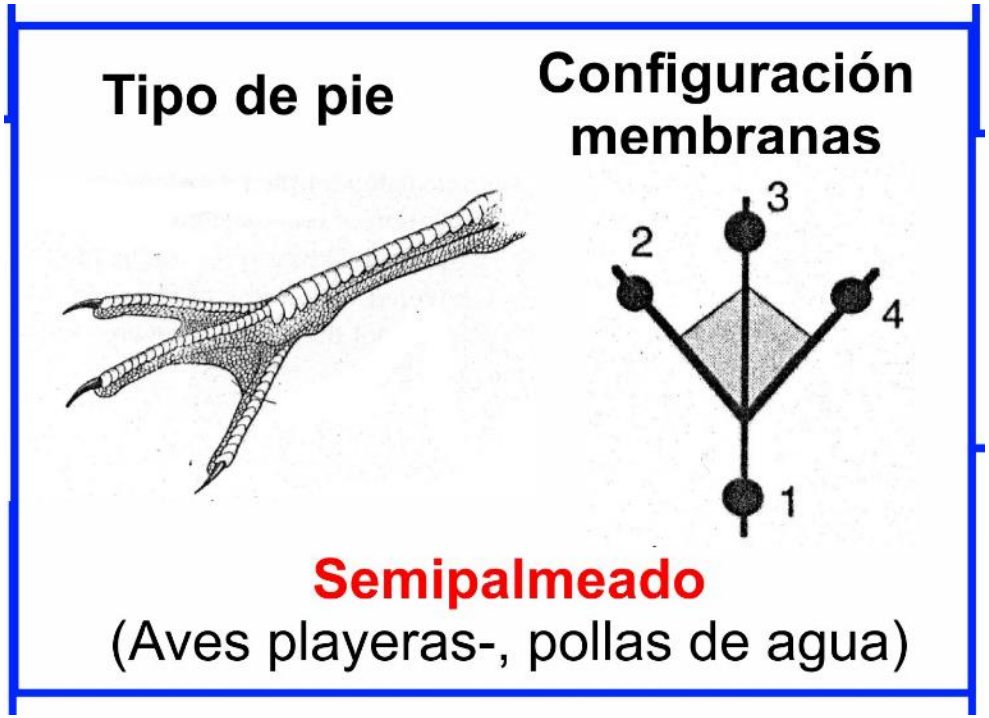




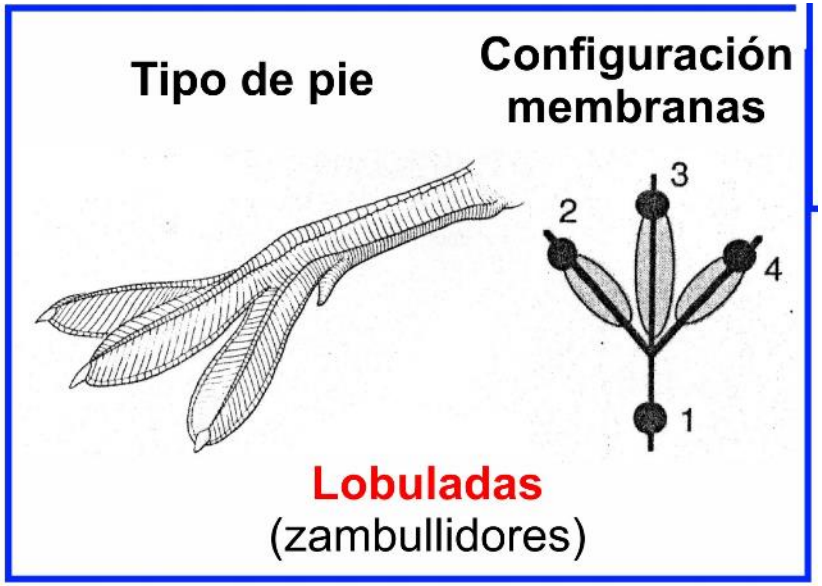
2. **Patas totipalmeadas:** los pelícanos y sus parientes presentan también una membrana, pero ésta abarca los cuatro dedos



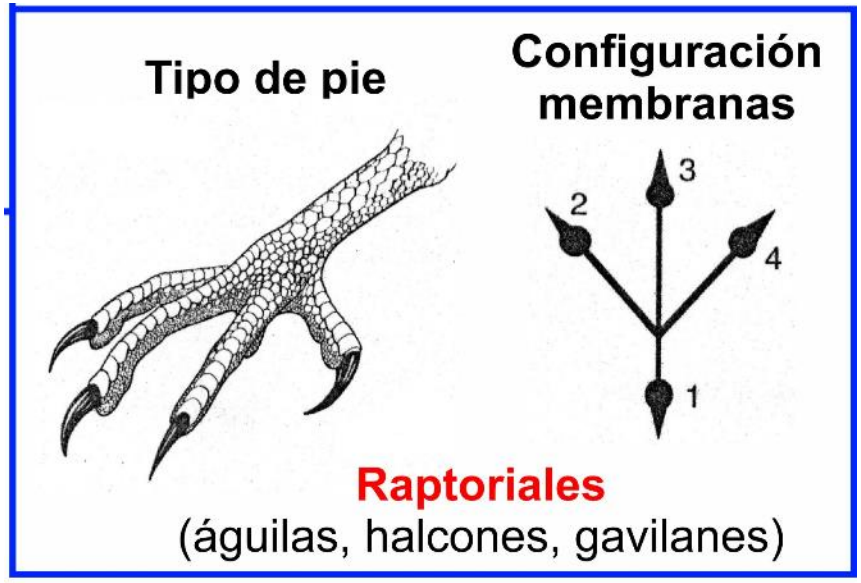
3. Patas semipalmeadas: aves que caminan en el lodo o entre la vegetación acuática (garzas y algunas aves de playa como los chorlitos)



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



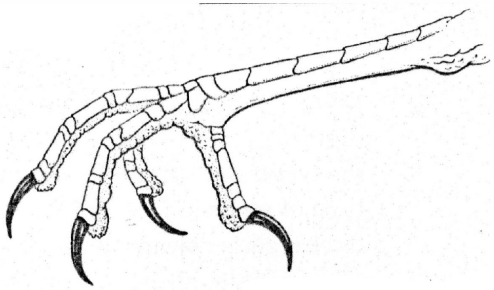
5. **Patas raptoriales**: se caracterizan por ser largas, fuertes dedos con uñas duras para agarrar, sostener y matar a sus presas (águilas, halcones)



Tipos de patas (extremidades posteriores)

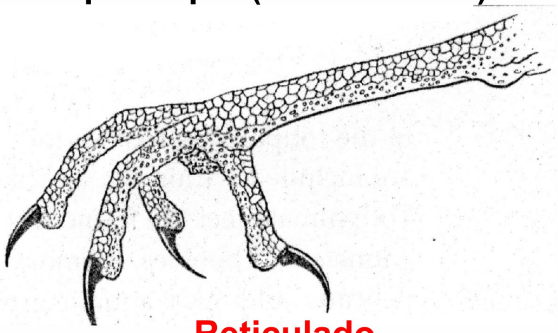
Patrones de escutelación (escamación de tarsos y pies

Tipo de pie (escutelación)



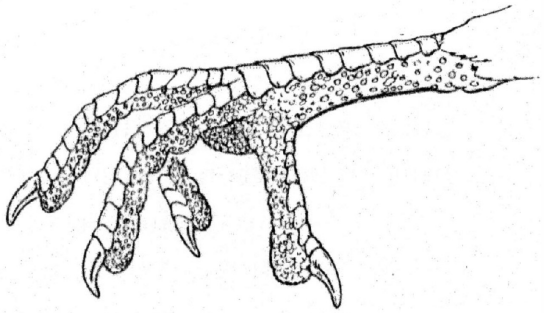
Escutelado
(Passeriformes)

Tipo de pie (escutelación)



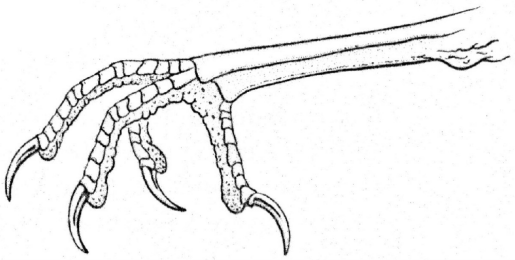
Reticulado
(halcones, águilas, pollas de agua)

Tipo de pie (escutelación)



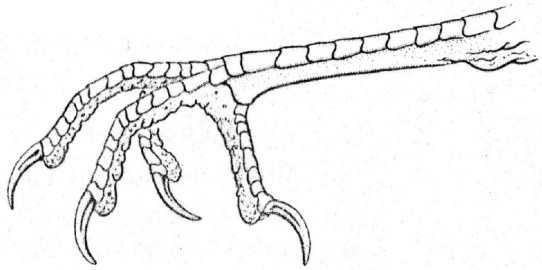
Escutelado-Reticulado
(palomas)

Tipo de pie (escutelación)



Bota
(Algunos passeriformes)

Tipo de pie (escutelación)



Escutelado-Bota
(algunos passeriformes)