

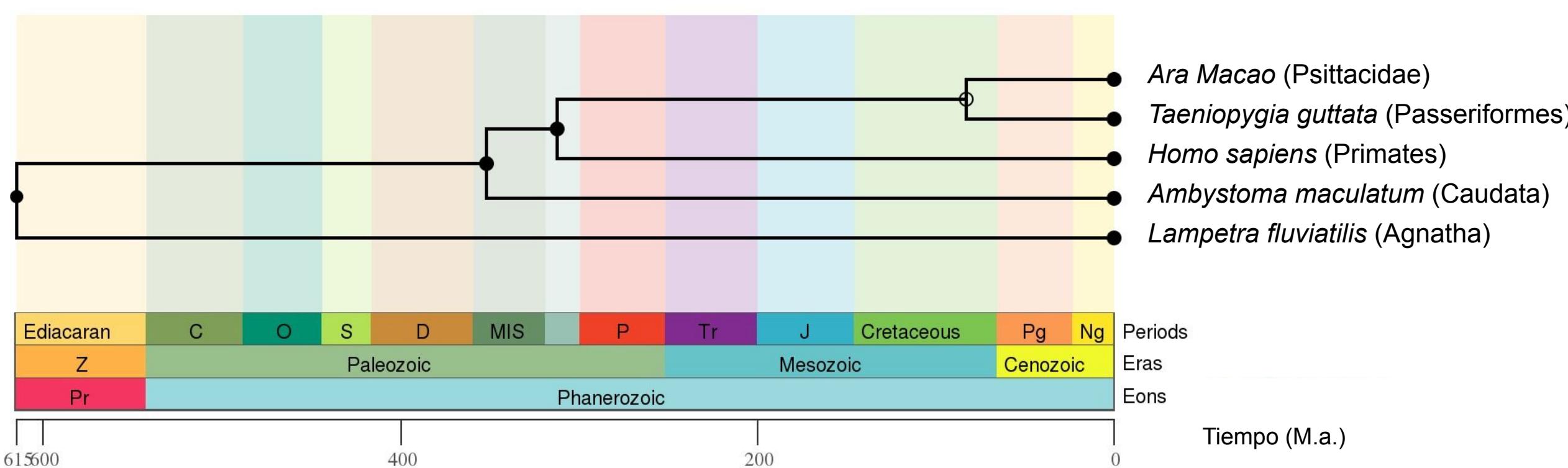
Análisis evolutivo de la cognición

2020 Miguel Román Sánchez, Universidad Autónoma de Barcelona

Competencias en la cognición

1. Teoría de la información (Shannon, 1948) → Enfoque "computacional"
2. Teoría triárgica de la inteligencia (Sternberg, 1985)
3. Diversidad de ecosistemas → Pluralidad de competencias

- Aprendizaje vocal
- Uso y creación de herramientas
- Memoria espacial
- Planificación de acciones
- Inteligencia social
- Razonamiento inferencial
- Control de impulsos
- Capacidad computacional (IPC)
 - Memoria de trabajo
 - Velocidad de procesamiento
- Comprensión de roles
- Empatía
- Teoría de la mente
- Toma de perspectivas



Encefalización

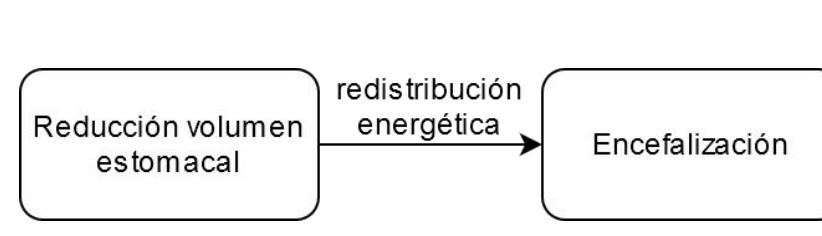
Sentido biológico y restricciones evolutivas

Inteligencia: "Capacidad de elaborar respuestas conductuales complejas al entorno"

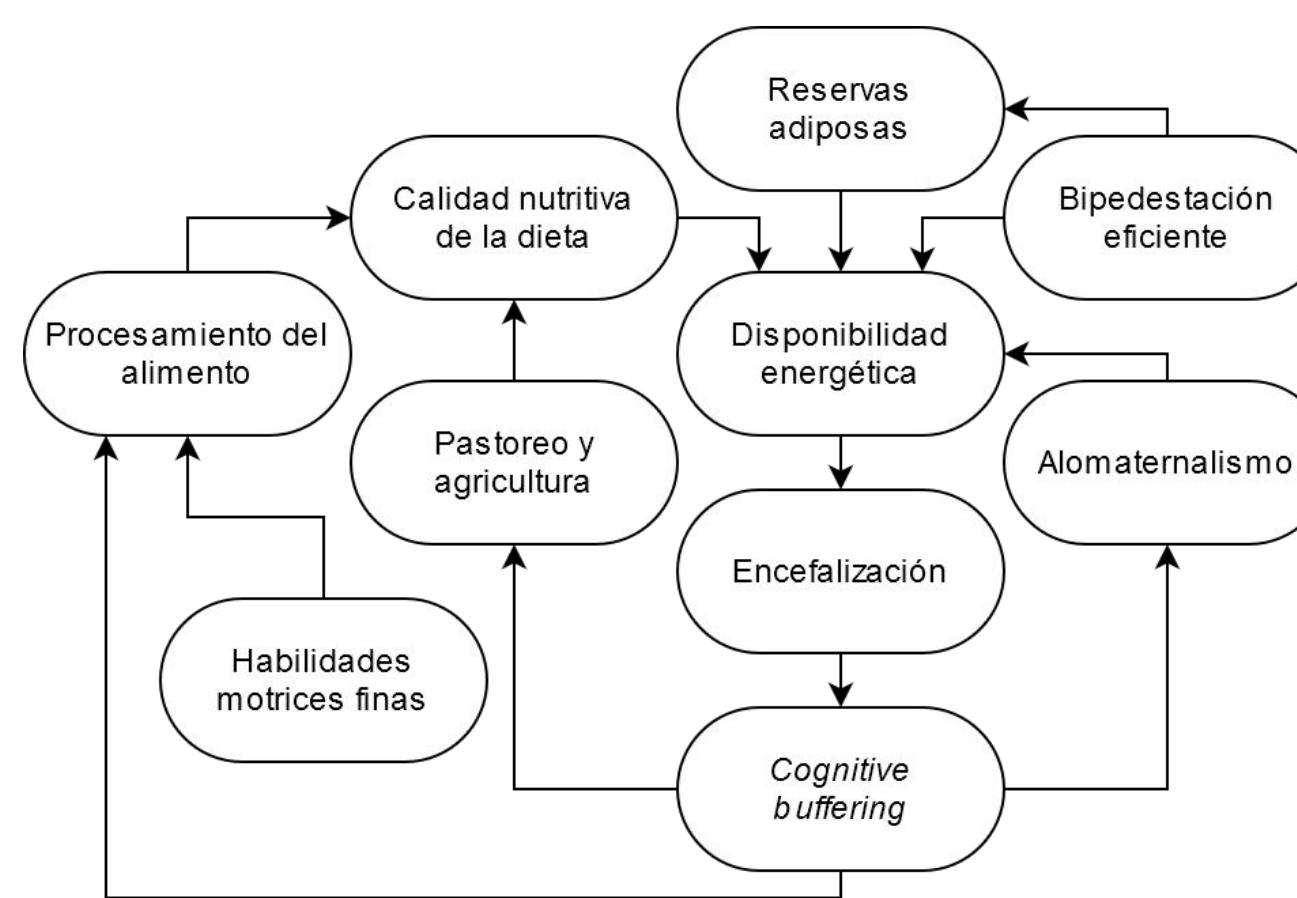
Cognitive buffering

- Ventajoso en entornos complejos y cambiantes
- Debe superar en balance a la desventaja energética de un cerebro con alta actividad

Hipótesis del "tejido caro"



(izq.) Una reducción inicial del volumen estomacal (facilitada por una mejora en la dieta) habría compensado las demandas energéticas de un cerebro más activo.



Restricciones de tipo energético

- Disponibilidad energética influida por:
- Tipo de locomoción
 - Reservas adiposas
 - Tipo de desarrollo
 - Dieta

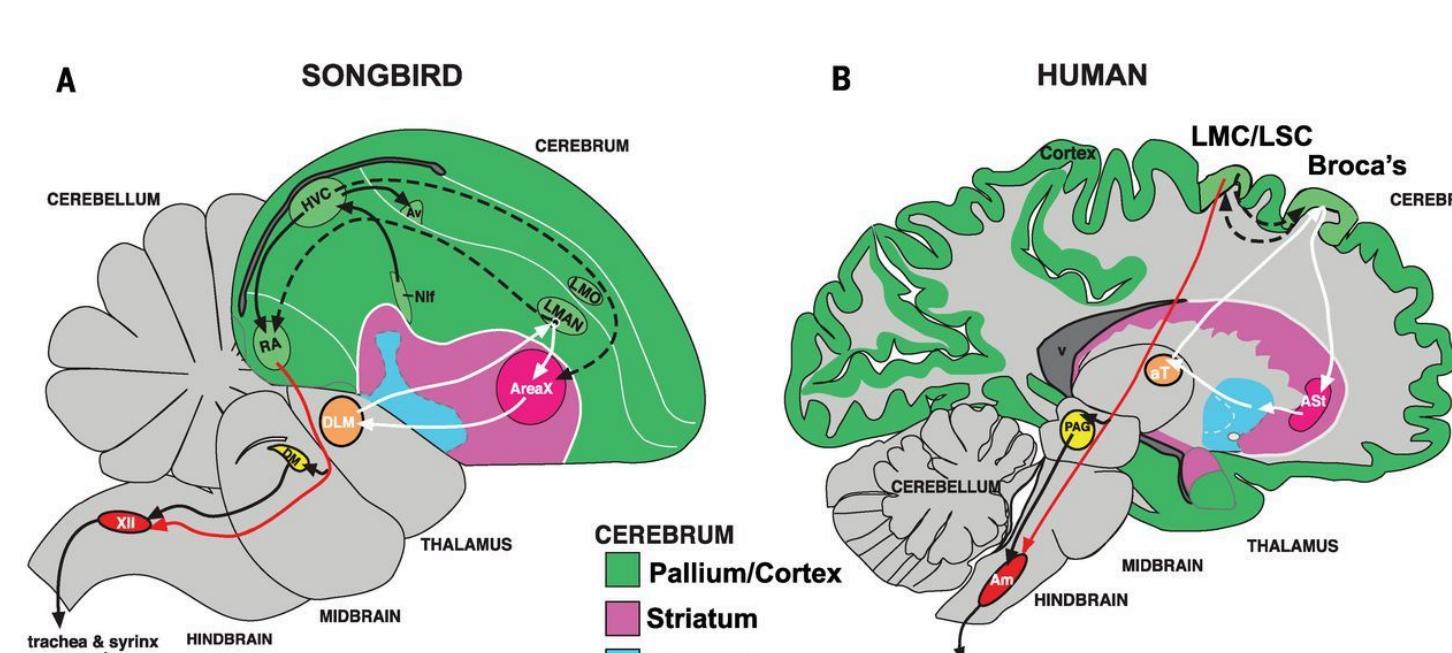
Regresión del nivel de complejidad en anfibios - neotenia

(arriba) Diagrama causal del proceso de encefalización en *Homo sapiens*.

Aprendizaje vocal

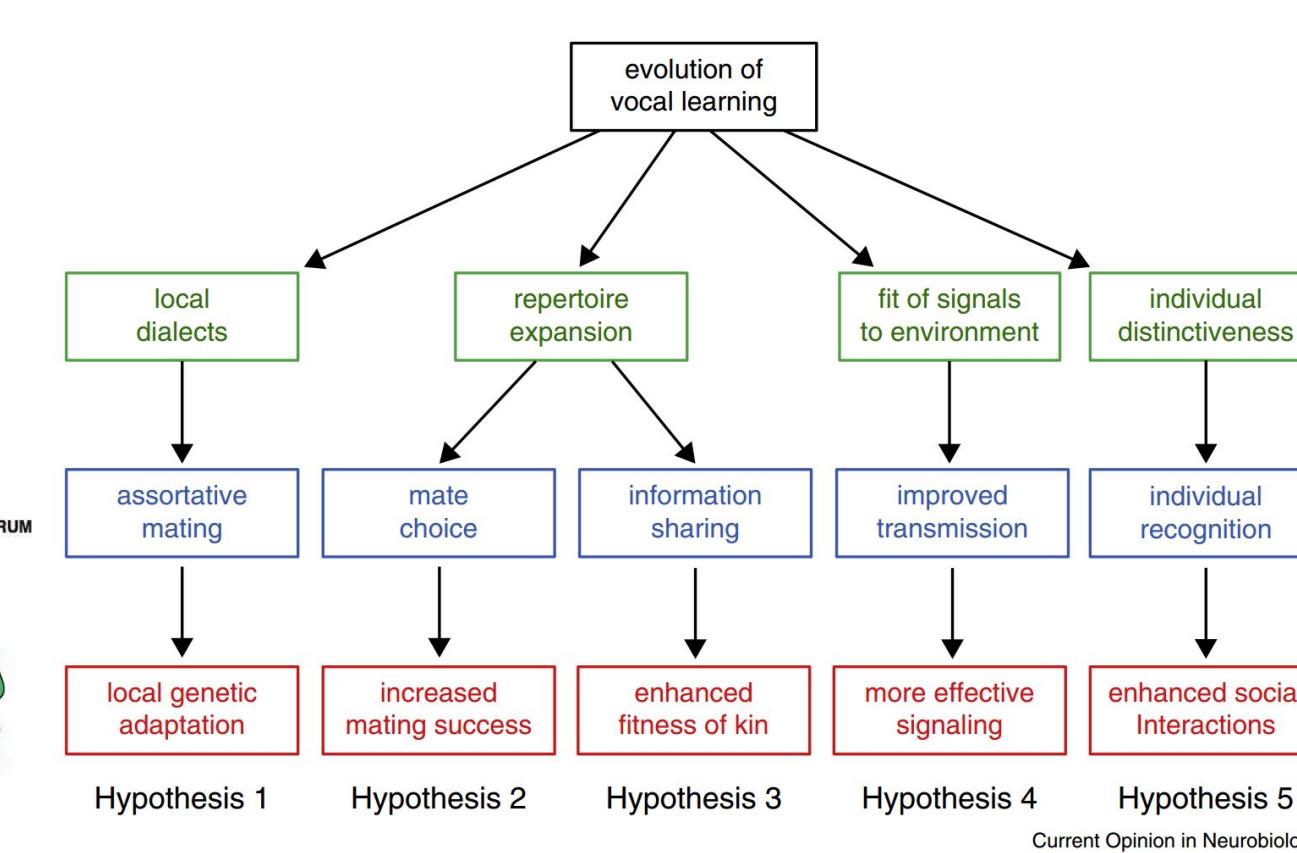
FOXP2, "gen del lenguaje"

- Evolución acelerada en humanos
 - 2 sust. aminoacídicas - últimos 200,000 años
- Pacientes con mutaciones en FOXP2:
 - trastornos severos del habla
 - alteraciones estructurales en ganglios basales
- Ratones con la variante humanizada:
 - Vocalizaciones alteradas
 - Comportamiento menos exploratorio
 - Niveles reducidos de dopamina cerebral
 - Mayor plasticidad sináptica y longitud dendrítica
- Relación con el lenguaje indirecta, vía sistemas de recompensa y reforzamiento mediados por acción de la dopamina y relacionados con los circuitos corticobasales.



(arriba) A) Cerebro de Passeriformes. B) cerebro de humanos

- Evolución acelerada en murciélagos ecolocalizadores.
- Papel en la plasticidad neuronal también en aves cantoras.
- Relacionado con el aprendizaje y el sistema de neuronas espejo.
- Convergencia transcripcional entre núcleo robusto del arcohipofisario (RA) y córtex motor laringeo mamífero (LMC):
 - SLIT1 (ligando de ROBO1)
 - PVALB
- Posible coevolución entre aprendizaje vocal y socialidad.

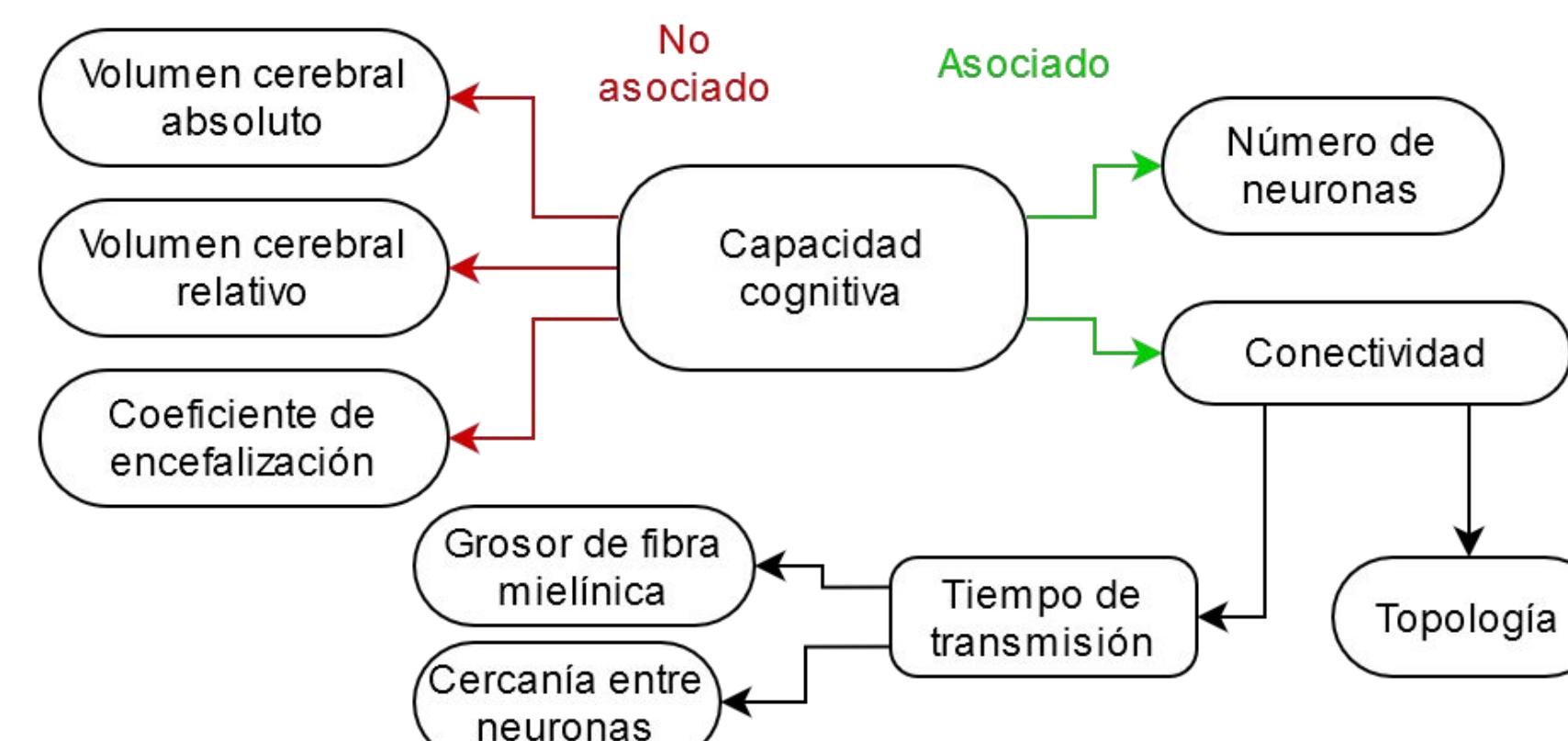


(arriba) Cinco hipótesis sobre la evolución adaptativa del aprendizaje vocal en aves.

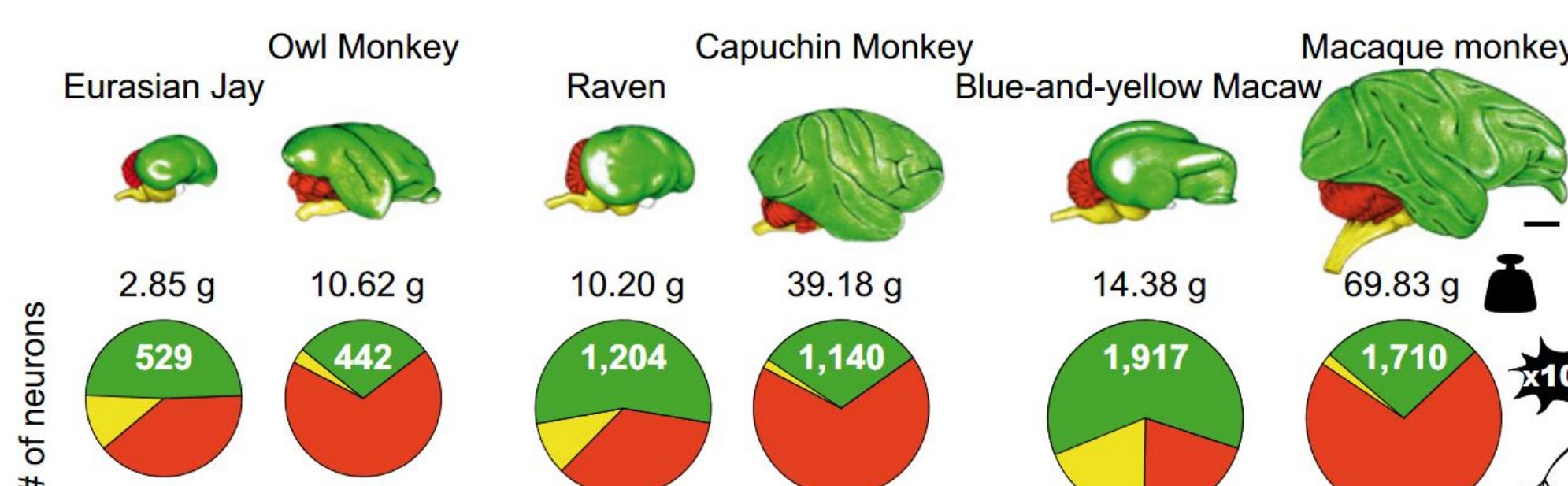
Bibliografía destacada

- Enard, W., Gehre, S., Hammerschmidt, K., et al. (2009). A humanized version of Foxp2 affects cortico-basal ganglia circuits in mice. *Cell*, 137, 961-971.
- Güntürkün, O., & Bugnyar, T. (2016). Cognition without cortex. *Trends in Cognitive Sciences*, 20, 291-303.
- Corballis, M. C. (2004). FOXP2 and the mirror system. *Trends in Cognitive Sciences*, 8, 95-96.
- Dickey, U., & Roth, G. (2016). Neuronal factors determining high intelligence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371, 20150180.
- Olkowicz, S., Kocourek, M., Lučan, R. K., Porteš, M., Fitch, W. T., Herculano-Houzel, S., & Němec, P. (2016). Birds have primate-like numbers of neurons in the forebrain. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113, 7255-7260.

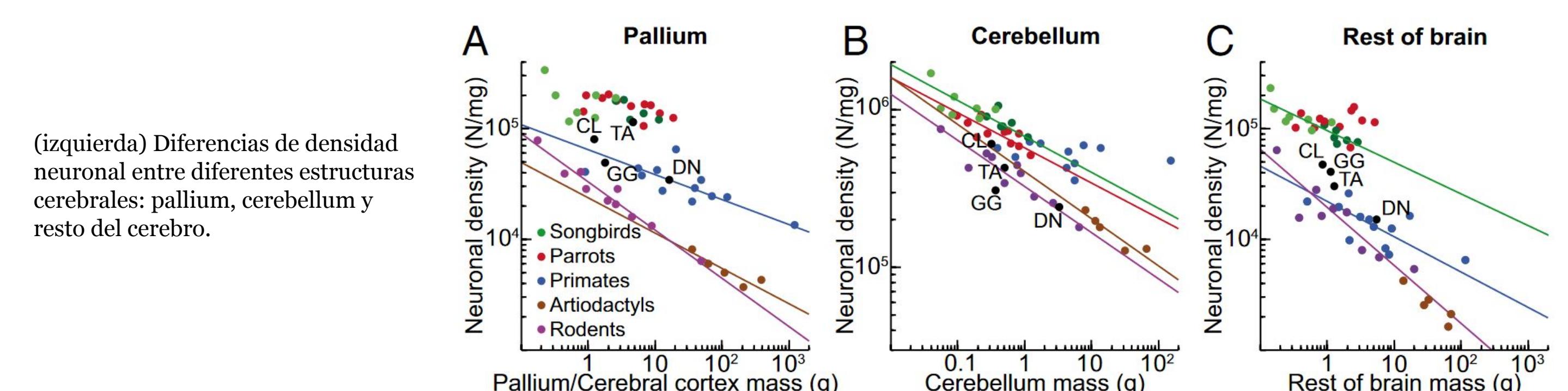
Bases neuroanatómicas



(arriba) Rasgos neuroanatómicos correlacionados con la capacidad cognitiva.

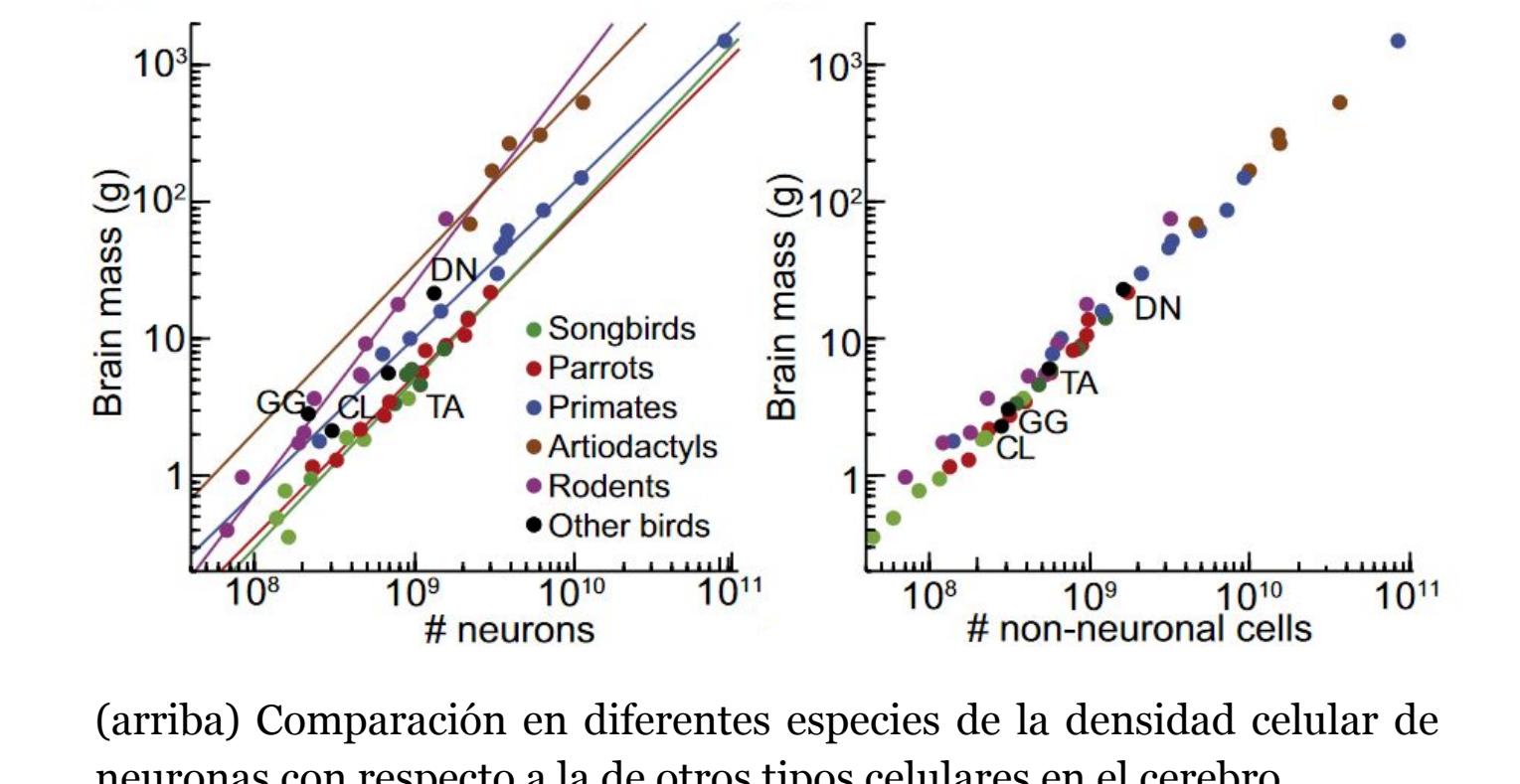


(derecha) Porcentaje y número absoluto ($\times 10^6$) de neuronas y masa del pallium en cerebros aviares y mamíferos (pallium, verde; cerebellum, rojo; resto del cerebro, amarillo).



Similitudes entre Primates y Psittacopasserae

- Número de neuronas
- Telencéfalo desarrollado
- Inversión parental → Altricialidad
- Semejanzas conectómicas
 - Subpallium conservado
 - Pallium: Aparentemente diferentes, con conectomas semejantes a homoplásia?



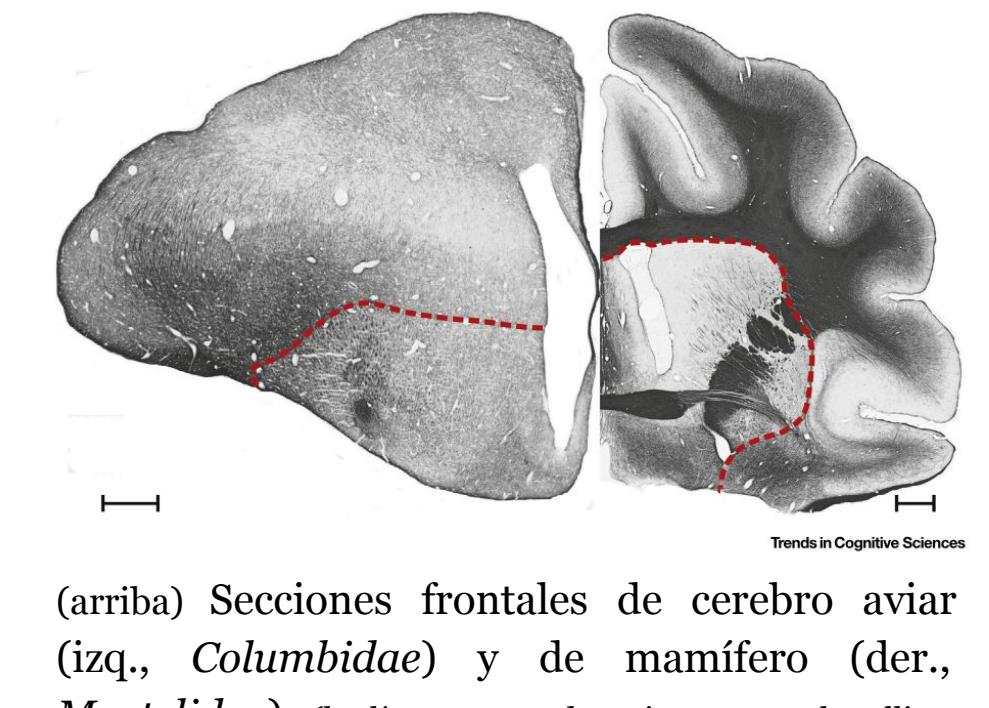
Nidopallium caudolateral y neocortex

Regiones del pallium aviar y mamífero, respectivamente, funcionalmente análogas en el razonamiento y aprendizaje. Ambas:

- Poseen una densa inervación dopamínica (relación con FOXP2).
- Son zonas de convergencia entre sistemas sensitivos y motores.
- Son zonas de integración multimodal.
- Son importantes en la memoria de trabajo, mediada por receptores D1.

Hipótesis

- La libertad para crear estructuras diferentes que desarrollen una cognición compleja es bastante restringida, al menos dentro de Amniota.
- Existe una estructura óptima universal, que debería observarse paralelamente en otros clados (¿cefalopodos?).



(arriba) Comparación en diferentes especies de la densidad celular de neuronas con respecto a la de otros tipos celulares en el cerebro.

Conclusiones

1. Número de neuronas y conectividad son los rasgos más claramente asociados con la capacidad computacional (IPC).
2. El retardo de la ontogenia, facilitado por la inversión parental, es importante en el desarrollo de cerebros con mayores capacidades intelectuales.
3. Aves y primates son taxones modelo para el estudio comparativo de la genética y fisiología de la cognición.
4. Se necesitan métodos de cuantificación de la cognición rigurosos.
5. La homoplasia conectómica sugiere que el número de trayectorias posibles de evolución de la cognición es reducido.
6. La evolución de la cognición está limitada por la complejidad de las redes génicas subyacentes.
7. FOXP2 no es el único "gen del habla", ni el habla es su única función.
8. El debate sobre la hipótesis del tejido caro aún permanece abierto.
9. La disponibilidad energética es crucial para la evolución de la cognición.
10. No existe definición universalmente aceptada de la inteligencia.
11. La capacidad cognitiva parece coevolucionar con la socialidad.

- Sol, D. (2009). Revisiting the cognitive buffer hypothesis for the evolution of large brains. *Biology Letters*, 5, 130-133.
- Navarrete, A., van Schaik, C. P., & Isler, K. (2011). Energetics and the evolution of human brain size. *Nature*, 480, 91-93.
- Nowicki, S., & Searcy, W. A. (2014). The evolution of vocal learning. *Current Opinion in Neurobiology*, 28, 48-53.
- Wohlgemuth, S., Adam, I., & Scharff, C. (2014). FoxP2 in songbirds. *Current Opinion in Neurobiology*, 28, 86-93.