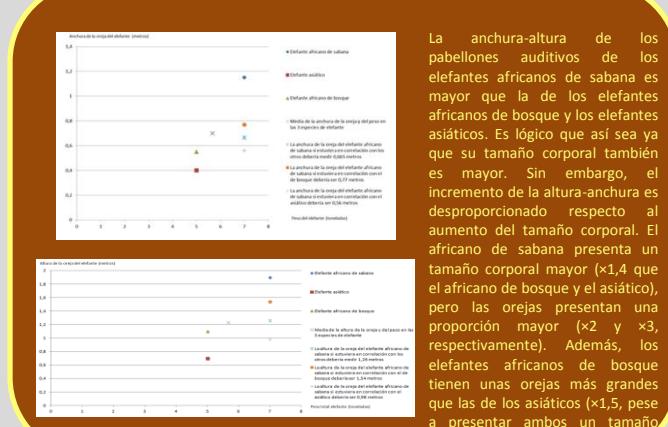
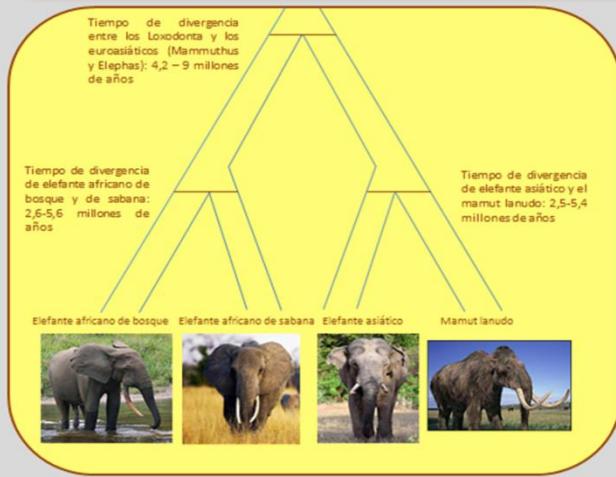


Calentamiento del clima y evolución de mecanismos de disipación de calor en elefantes

Sergi Martínez Esquerda – Universitat Autònoma de Barcelona
Tutor: Francisco José Rodríguez-Trelles Astruga

En la familia Elephantidae se reconocen tres especies vivientes: el elefante africano de sabana (*Loxodonta africana*), el elefante africano de bosque (*Loxodonta cyclotis*) y el elefante asiático (*Elephas maximus*). Los estudios de ADN y del registro fósil, han permitido determinar su filogenia, tiempos de divergencia y pautas de dispersión. Morfológicamente *L. africana* presenta un tamaño corporal mayor ($\times 1,4$) que las otras dos, pero tiene unas orejas desproporcionadamente más grandes ($\times 2$ y $\times 3$ con respecto a *L. cyclotis* y *E. maximus*, respectivamente). Actualmente se acepta que el tamaño de las orejas en el elefante es adaptativo. Sin embargo, la razón particular de la tendencia evolutiva al incremento de tamaño se desconoce. Se discuten tres hipótesis. La más aceptada es que unas orejas más grandes constituyen un mecanismo de disipación de calor más eficaz. Por ello, es importante conocer (i) los ambientes térmicos en los que han evolucionado las tres especies y (ii) determinar si unas orejas más grandes confieren una mejor capacidad termorreguladora.

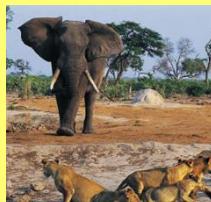


Hipótesis adaptativas para el tamaño desproporcionadamente grande de las orejas en el elefante africano de sabana:

HIPÓTESIS 1: la capacidad auditiva del elefante abarca la banda del infrasonido (<20 Hz, que es donde comienza la audición en humanos). El elefante puede percibir sonidos de ~15 Hz desde ~5 km de distancia. Su radio de audición alcanza ~50 km. Esto es fundamental a la hora de comunicarse entre miembros de un mismo clan (en general, como señal de alerta, por ejemplo de que se va a producir un ataque inminente, de avistamiento de un peligro o de una fuente de alimentos, o de que una cría se ha perdido). También para la comunicación entre diferentes clanes (son muy territoriales y si perciben el acercamiento de otro clan alertan de su presencia para intentar que no se acerquen más). Además permite a los machos detectar dónde se encuentra un grupo de hembras con integrantes en celo.



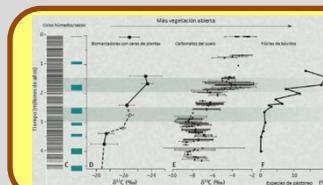
HIPÓTESIS 2: se trata de la comunicación no verbal. La posición de las orejas sirve para reflejar estados de ánimo y para transmitir una mayor impresión. Las mantienen caladas, en paralelo con el resto del cuerpo, cuando están relajados y las hembras frente a los machos para mostrar que están receptivas. Y las muestran extendidas, en perpendicular con el resto del cuerpo, en situaciones que les interesa aparentar un mayor volumen corporal. Esto ocurre en los machos para impresionar a las hembras (selección sexual) y ante otros machos cuando se pelean. En las hembras frente a los machos cuando no están receptivas, y tanto en machos como en hembras cuando compiten por un territorio o pretenden ahuyentar a depredadores. Cuando se enfadan, además de extender las orejas las suelen agitar.



HIPÓTESIS 3: regular la temperatura corporal disipando el calor y refrigerando el cuerpo. Esta función podría haber sido fundamental para su adaptación y supervivencia en la sabana. Para analizar la validez de esta teoría es fundamental conocer los ambientes térmicos al que se han adaptado las tres especies y calcular si las orejas son un mecanismo efectivo para dicha función.



Dispersión y distribución de *Loxodonta* y *Elephas*



Desde los inicios del Plioceno, hace 5 millones de años, el constante crecimiento del valle del Rift ha ido impidiendo progresivamente la llegada de áreas húmedas del océano Índico a África. Como consecuencia el clima se ha ido volviendo cada vez más seco y los bosques con densa vegetación se han ido convirtiendo en bosques abiertos y, finalmente, en selvas secas y desérticas. Los elefantes africanos de bosque han tenido que adaptarse a un clima cálido y seco. Por su parte, los elefantes africanos de bosque durante las horas de más calor se pueden refugiar en el interior de los bosques. Sin embargo, las temperaturas siguen siendo altas y además se ven obligados a exponerse al Sol cuando van a beber a los charcos que se forman en las zonas abiertas.

En Asia, por el contrario, las corrientes procedentes del Índico y del Pacífico no se encuentran ninguna barrera y a medida que se desplazan hacia el norte, el clima también se vuelve más seco y desértico. Los elefantes asiáticos han estado permanentemente expuestos por los últimos millones de años. Las grandes inundaciones monzónicas permiten a los elefantes africanos de bosque salir de los bosques ya que los árboles no pueden retener tanta agua. Además el clima no es tan cálido como en África, con lo cual generan y liberan menos calor que los africanos.

T _{ambiente} (°C)	T _{elefante} (°C)	T _{ambiente} (°C)	T _{telefante} (°C)	T _{ambiente} (°C)	T _{telefante} (°C)	T _{ambiente} (°C)	T _{telefante} (°C)
-10	36.00	-10	36.00	20	36.00	30	36.00
20	35.00	20	35.00	30	35.00	34	35.00
25	35.00	25	35.00	35	35.00	36	35.00
27.5	35.00	27.5	35.00	35	35.00	38	35.00
30	35.00	30	35.00	35	35.00	38	35.00
35	35.00	35	35.00	35	35.00	38	35.00
38	35.00	38	35.00	35	35.00	38	35.00
40	35.00	40	35.00	35	35.00	38	35.00

Una oreja con una área superficial grande permite a los elefantes africanos de sabana liberar una cantidad de calor mayor que unas orejas más pequeñas como las que presentan los elefantes asiáticos. Cuanto más temperatura ambiente, menor es la diferencia entre la temperatura de la oreja y la de la superficie del cuerpo. Cuanto más grande es la superficie de la oreja (T_{oreja}) y más calor se disipa al exterior por la oreja para equilibrar la T_a y la T_s . Por lo que los elefantes liberan más calor en zonas sombrías. Además, las orejas tienen una gran cantidad de vasos sanguíneos que permiten una gran dilatación y contracción. Las orejas les ayudan a disipar calor (más cuando son turbulencias que laminares). Los africanos de sabana, a través de una vasodilatación en las orejas y una pequeña vasoconstricción en las arterias que las rodean, logran que toda la sangre circule por al menos una oreja y, por tanto, se haya enfriado, en tan sólo 20 minutos.