

QUÉ NOS CUENTAN LOS HUESOS

INTRODUCCIÓN

Todos los seres vivos tenemos unas características comunes que nos definen como tales y están incluidas en varios aspectos:

- Composición química, ya que todos están formados por los mismos bioelementos, los cuales forman las biomoléculas que conforman su organismo.
- Rutas metabólicas comunes. Las reacciones químicas mediante las que obtienen la energía que necesita todo organismo para realizar sus actividades vitales y las rutas metabólicas *por* las que sintetizan las biomoléculas son similares.
- La célula es la unidad anatómica y fisiológica que forma y hace posible el funcionamiento de los seres vivos.
- Código genético común, pues todos los seres vivos mantienen y transmiten la información de las proteínas que los caracterizan mediante el mismo tipo de biomolécula: el DNA (ácido desoxirribonucleico).

Es la uniformidad de estas características lo que ha sugerido que el origen de la vida sea único y que, con posterioridad, se haya dado el proceso de diversificación de los seres vivos.

Pues bien, dentro de la gran diversidad de seres vivos que podemos *observar* en la actualidad, radica el hecho de que cuantas más semejanzas compartan dos individuos/ más proximidad filogenética existirá entre ellos. Para establecer los distintos grupos o taxones que representan el grado de parentesco o coincidencia morfológica anatómica y funcional, la Filogenia (parte de la Biología que estudia las relaciones de parentesco) sigue para ello una serie de procedimientos tales como:

- El estudio de los fósiles, que permite no sólo conocer como eran los seres vivos en el pasado, sino también establecer series filogenéticas y, por tanto, la proximidad evolutiva. Además también se localizan fósiles que representan por sus características la forma intermedia entre los grupos posteriormente diferenciados;
- El estudio comparado de la anatomía y la morfología de órganos de seres vivos ayuda al poner en evidencia la existencia de estructuras homólogas y análogas. Para que tengan valor filogenético han de presentar un origen común y una estructura similar: homología, por ejemplo: las extremidades de los vertebrados, que siguen el mismo diseño estructural (tipo quiridio) pero con formas diversas ya que su función ha variado con el tiempo: divergencia adaptativa. En cambio, en las analogías existen similitudes funcionales: convergencia adaptativa aun siendo de origen diferente y, por tanto, sin valor filogenético, por ejemplo: alas de insectos y de vertebrados (pterodáctilo, ave y murciélago).

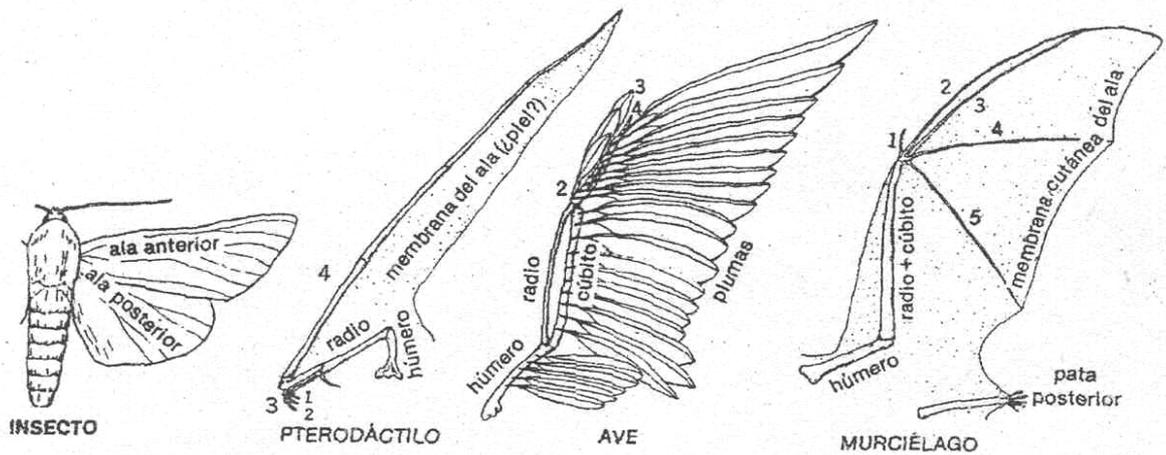


Figura 1: Analogía entre alas de insectos (sin esqueleto Interno) y de vertebrados (con esqueleto), las cuales tienen una función similar pero diferente origen. Homología en las alas con el 1do esqueleto de vertebrados, en los terrestres todas se derivan de un patrón común de la extremidad anterior pero modificada en su morfología. El pterodáctilo (reptil extinto) presenta un cuarto dedo muy alargado; ave que carece del primero y quinto, el tercero y el cuarto están parcialmente fusionados; murciélago con dedos largos del segundo al quinto. (De Storer et al., *General Zoology*, McGraw-Hill Book Company.)

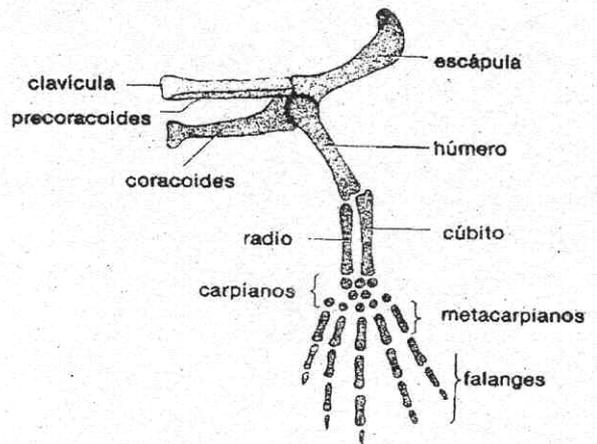
- La embriología (estudio de los organismos desde la fecundación hasta el nacimiento), ya que en el desarrollo embrionario individual suelen quedar restos de estados evolutivos anteriores. Lo cual no quiere decir que un animal pase por todos los estados por los que pasaron sus antepasados de una forma lineal, sino que los primeros estados embrionarios de todos los vertebrados son notablemente similares entre sí hasta el momento en que cada grupo diverge de una manera característica propia. Por ejemplo: animales de respiración pulmonar en una etapa embrionaria poseen bolsas faríngeas, que en los peces darán lugar a las hendiduras branquiales pero en ellos se modifican en diversos sentidos.
- Otros más actuales tales como: pruebas de inmunocompatibilidad, hibridación de ADN, estudio de las vías metabólicas y de la secuencia de monómeros de proteínas y ácidos nucleicos (cuanto más próximos filogenéticamente sean dos seres vivos, mayor será el número de biomoléculas comunes). Estos últimos procedimientos se complementan con los anteriores y permiten revisar y perfeccionar las clasificaciones.

DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

Esta actividad se basa en el segundo procedimiento, descrito anteriormente, y más concretamente en la extremidad tipo quiridio de los vertebrados. Se puede observar con bastante facilidad que los vertebrados y más concretamente los tetrápodos poseen la misma estructura en su extremidad anterior, los huesos y giros o articulaciones de la extremidad son los mismos, existiendo por tanto una homología y dando a dicha estructura un valor filogenético válido con la consecuente afirmación de un origen común. Los elementos esqueléticos de dicha extremidad se disponen según un mismo plan general: en la parte superior hay un solo hueso, el húmero, cuya cabeza se articula con la cintura escapular en la fosa glenoidea. La

parte inferior está compuesta por dos huesos paralelos entre sí, el cúbito y el radio. Por la parte distal de estos huesos hay nueve o diez huesos carpianos o de la muñeca, cinco metacarpianos más largos en la mano, y luego unas hileras de pequeñas falanges en los dedos.

Figura 2: Esqueleto de la cintura y extremidad torácicas de los vertebrados. La clavícula presenta un punteado más claro para indicar que es un hueso membranoso.



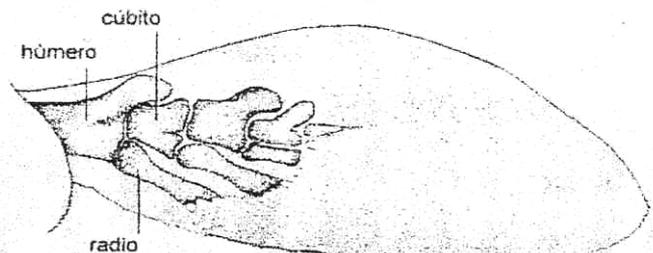
También se observa claramente que la disposición, tamaño, grosor... de los huesos es distinto según el grupo de tetrápodos de que se trate, esto es así ya que cada ser vivo está adaptado al medio en el que vive y no es sino a partir de lo que ya se tiene que se puede cambiar, esto quiere decir que a partir de una misma estructura y gracias a la variabilidad genética (posibilidad de cambio) ya la interacción con el medioambiente cambiante, a lo largo de la evolución se han ido adaptando a los diferentes hábitats dando lugar a divergencias adaptativas. La mayoría de las especializaciones consisten en la reducción o fusión de diversas partes del esqueleto pentadáctilo primitivo.

- Están adaptadas al vuelo las extremidades del murciélago y del ave, pero de forma muy diferente: en el. ~ los huesos se han convertido en una estructura en la que se insertan las plumas, el húmero es grande y ancho y ofrece una gran superficie para que se inserte la musculatura pectoral, el radio y la ulna también son grandes y la mano está formada por tres dedos, de los que sólo el primero puede realizar movimientos independientes. En el murciélago o quiróptero, que significa "ala en la mano", el antebrazo (radio y cúbito, el cual suele estar muy reducido existiendo en algunos casos sólo su porción proximal estando la parte distal fusionada con el radio) y cuatro dedos de la mano están extraordinariamente alargados a modo de varillas que sostienen un pliegue cutáneo o patagio, muy vascularizado, que se extiende también por los lados del cuerpo hasta llegar a los miembros posteriores, dejando los pies libres, y la cola; generalmente el dedo pulgar queda libre de membrana y tiene uña.
- Como adaptación a la natación, las extremidades anteriores de la ballena están transformadas en aletas actuando como remos rígidos que ayudan al equilibrio ya la dirección al acortarse y ensancharse los huesos proximales (húmero, radio y cúbito) y al multiplicarse las falanges de los dedos centrales.
- El lagarto es un ejemplo de reptil en los que la mayoría del peso (en cuanto a la extremidad anterior) recae sobre el radio con lo que el cúbito ha sufrido una regresión que le ha hecho disminuir de tamaño. (Esta es también la razón por la que los reptiles no puedan realizar los movimientos de pronación, rotación de la mano de fuera a dentro, y supinación, rotación de la *mano* de dentro a fuera). El metacarpo y las falanges son alargados.

- Adaptado a una marcha rápida en la que el contacto entre el suelo y la extremidad se da únicamente por los dedos: digitígrado, tenemos como ejemplo al gato, el cual además presenta un alargamiento de la mitad inferior de las extremidades, lo que le confiere una carrera veloz y unos lances potentes y ágiles. Posee cinco dedos, el primero muy alto no deja huella en el suelo.
- La configuración de la extremidad anterior del humano le proporciona una gran libertad de movimiento: la mano está adaptada a la prensión gracias a la existencia del pulgar oponible, la muñeca posee gran capacidad de movimiento, los huesos proximales, alargados y bien desarrollados permiten la inserción de los músculos realizando así una gran cantidad de movimientos ej.: movimientos de pronación y supinación realizados por el antebrazo (donde intervienen radio y cúbito).
- La rana es un anfibio que posee una extremidad anterior robusta, cuyo húmero y falanges (la primera de las cuales está atrofiada) son muy alargadas en relación al radio y al cúbito, los cuales tienden a fusionarse. Complementa a la extremidad posterior en la natación ya que ésta es el verdadero órgano de propulsión de este animal.

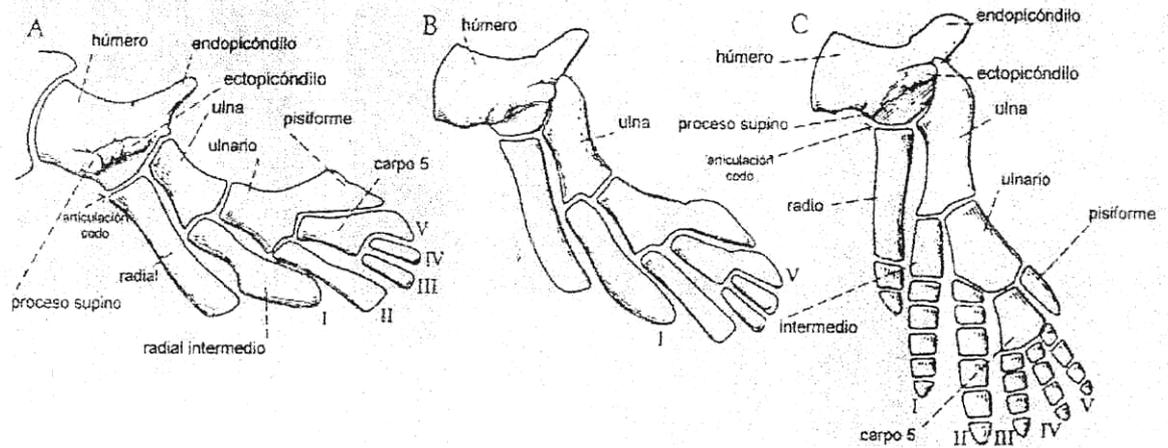
La extremidad tipo quiridido es originaria de los tetrápodos y tiene su homología en una aleta (los peces también son vertebrados): hay un grupo, el de los Osteolepiformes (pez crossopterigio ripidistio fósil), y más en concreto *Eusthenopteron*, que se admite como muy cercano por sus caracteres a los primeros tetrápodos, cuya aleta lobulada es monobasal (un solo elemento se articula con la cintura) y dicotómica (cada elemento se articula distalmente siempre con dos), lo cual también se puede observar, prescindiendo de las falanges, en un quiridido de anfibio primitivo. Se cree que el primer hueso de la base de la aleta es equivalente al húmero y el segundo al cúbito; el primer radial a dicho cúbito es comparable al radio y el resto de los radiales se considera que se han convertido en los huesos carpianos, mientras que los metacarpianos y falanges han surgido como nuevas excrecencias al borde de la porción muscular carnosa de la aleta. El mismo *Eusthenopteron* no se considera como precursor directo de los tetrápodos, sino que éstos surgirían de *algún* otro ripidistio (se han encontrado fósiles de anfibios primitivos junto con los de los ripidistios, en los mismos depósitos geológicos).

Figura 3: Esqueleto de la aleta pectoral izquierda del pez crossopterigio *Eusthenopteron*



Se pensaba que el quiridio primitivo era pentadáctilo, pero hay anfibios primitivos con hiperfalangia; o sea que con el quiridio se pierden las aletas, pero al seguir en medio acuático aparece una hiperfalangia que se reduce al pasar al medio terrestre, con lo que la pentadactilia es una adaptación a dicho medio y no una adaptación de los tetrápodos. Además en ambas extremidades se producen giros distintos: codo y rodilla y tobillo y muñeca que favorecen el desplazamiento y se encuentran más pegados al cuerpo presentando una locomoción más eficaz. .

Figura 4: Diagrama que ilustra los principales cambios en la transformación de la aleta pectoral osteolípiforme en extremidad tetrápoda. A, estado *Eusthenopteron*. B, estado intermedio. C, estado tetrápodo primitivo



Ha de quedar claro que si aceptamos la teoría del origen común de las especies, todas están igual de "evolucionadas" y la diferencia radica en el grado de complejidad que poseen dichas especies. No hay un ser vivo más evolucionado que otro, sino que con el transcurso de la evolución unos han ido surgiendo a partir de otros anteriores y otros muchos han ido desapareciendo al ir variando las condiciones del medio y que los individuos que existen en un momento concreto lo hacen gracias a que poseen la capacidad de adaptarse al medio en el que viven (poseen las características que le permiten sobrevivir en un cierto ambiente).