

1154

Suplemento cultural el tlacuache

CENTRO  INAH MORELOS

Viernes 15 de noviembre, 2024

ISSN-3061-7391



DECODIFICANDO HUESOS

La importancia de la anatomía en la paleontología de vertebrados

Angel Alejandro Ramírez Velasco



Resumen

Los paleontólogos de vertebrados decodifican los huesos para obtener la mayor cantidad de información, sin embargo, en mi experiencia en México poco se hacen. Decodificar es leer un código a través de una serie de reglas, el código son las marcas que están en el hueso y las reglas, los código de nomenclatura en anatomía. La forma del hueso depende de varios órganos blandos, que a su vez dejan marcas en el hueso, lo que se conoce como correlaciones osteológicas. A través de ellas se puede deducir la presencia del sistema vascular, nervioso, articular, tegumentario, digestivo, respiratorio. El saberlos leer, son fundamentales para interpretar datos paleobiológicos de suma importancia para interpretar de mejor manera su historia filogenética de cada organismo y poder reconstruir su apariencia en vida de la mejor manera.

Angel Alejandro Ramírez Velasco

Investigador de la Coordinación Nacional de Arqueología INAH, en el Centro de Investigación Paleontológica *Quinametzin*.

E-mail: angelalejandro@gmail.com

Huesos pata de mamut MPSLQ.
Fotografía: Angel Alejandro Ramírez Velasco.



DECODIFICANDO HUESOS

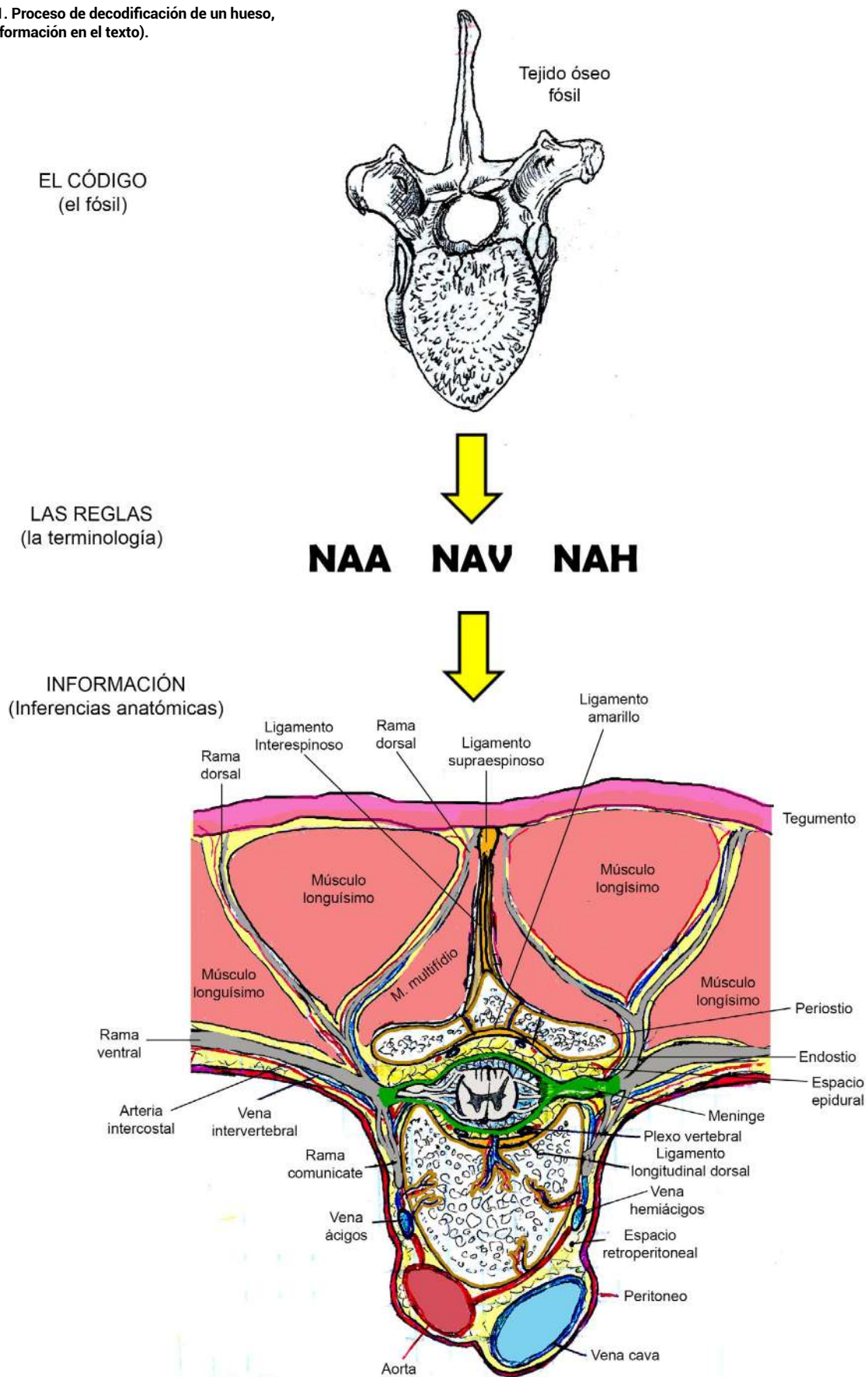
La importancia de la anatomía en la
paleontología de vertebrados

Angel Alejandro Ramírez Velasco

Introducción

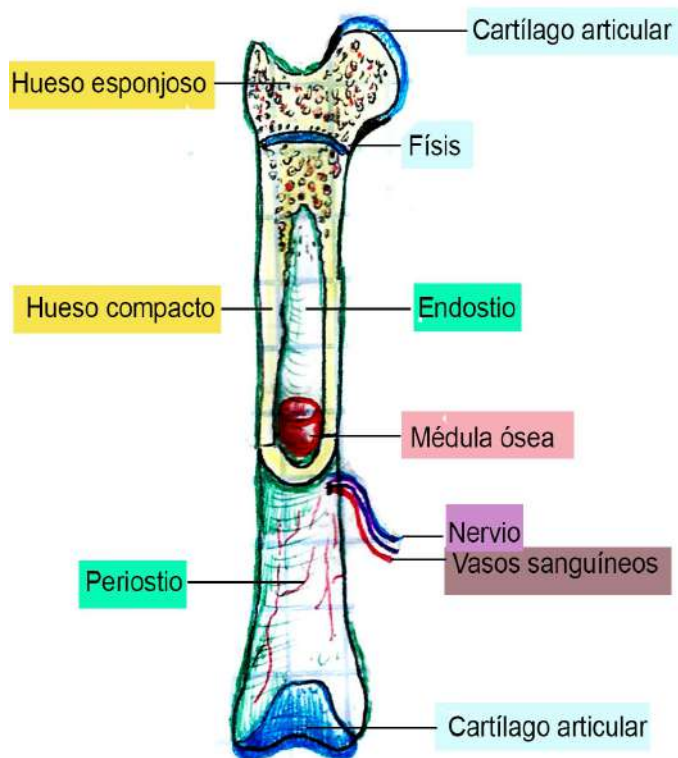
Decodificar, de acuerdo a la RAE, es aplicar las reglas de un código para obtener la forma primitiva de este. En otras palabras aprender a leer un código a través de una serie de reglas. Decodificar es la acción que hacemos los paleontólogos de vertebrados con los huesos (Figura 1), o lo que deberíamos hacer, ya que a través de mi experiencia he notado que poco o nada se lleva a cabo en nuestro país, lo que me motivó a desarrollar este documento.

Figura 1. Proceso de decodificación de un hueso, (más información en el texto).



Las reglas

Para llevarlo a cabo de forma adecuada es necesario contar con conocimientos de las reglas anatómicas nomenclaturales. Existen tres: la Nomenclatura Anatómica Veterinaria (NAV), Nomenclatura Anatómica Aviar (NAA) y la Nomenclatura Anatómica Humana (NAH). Es interesante denotar que en paleontología no existes reglas, sólo el artículo de Richard Owen de 1854, del cual se tomaron las bases que usamos hoy en día. Sin embargo, esto ha acarreado una serie de problemas al nombrar nuevas estructuras, conllevado al desarrollo de un gran número de sinónimos para explicar la misma estructura. Es por ello que paleontólogos como Harris sugieren que se asimilen las reglas actuales y se adapten a las cuestiones evolutivas y de los linajes. Para darnos un ejemplo de la importancia de tener reglas es la utilización del término rama y proceso o el de foramen y la fenestra, utilizados normalmente como sinónimos. El proceso es una proyección prominente que sale del hueso, en cambio una rama es un proceso que contiene varios procesos. El foramen es un hueco por donde pasan vasos sanguíneos y nervios, en cambio la fenestra es un hueco por donde no pasa ningún órgano, solo da más espacio para que un músculo o divertículo tenga más espacio de expandirse sin afectar la integridad del hueso.



El código: el hueso como órgano

Usualmente consideramos al hueso como un material inerte que sirve solo como un andamio para el vertebrado, sin embargo, eso está muy lejos de la realidad. El hueso es un órgano, al igual que lo es un corazón y un pulmón, y así como ellos cumple varias funciones dentro del cuerpo (Figura 2). Ejemplo de ellos es la función de producir sangre, almacenar iones de calcio y fósforo, proteger órganos, permitir los movimientos, así como mantener la homeostasis del cuerpo mediante la producción de hormonas.

El hueso a su vez, está compuesto por 6 tejidos, el tejido óseo, conectivo denso, hematopoyético, sanguíneo, nervioso y cartilaginoso. El tejido óseo es lo que comúnmente le llamamos erróneamente hueso, es la parte dura, la cual puede estar porosa (hueso esponjoso) o no (hueso compacto). El tejido conectivo denso lo conforman unas membranas transparentes llamadas endostio y periostio. El hematopoyético es la médula ósea, de la cual se produce la sangre. El nervioso y sanguíneo son los nervios y los vasos sanguíneos que atraviesan al hueso o que lo rodean. Por último el tejido cartilaginoso el cual se observa como cartilago articular o en las placas epifisarias también llamadas físis.

Figura 2. El hueso como órgano (más información en el texto).

- Tejido óseo
- Tejido cartilaginoso
- Tejido conectivo denso
- Tejido hematopoyético
- Tejido nervioso
- Tejido vascular



Vértebra y fémur camello. Fotografía: Angel Alejandro Ramírez Velasco.



Todo el tiempo dentro del hueso hay destrucción y creación de nuevo tejido óseo, fenómenos íntimamente acoplados, que permiten que el hueso crezca en longitud y anchura, así como en el desarrollo de estructuras más prominentes o densas debido a estímulos mecánicos, los cuales pueden ser desde el simple hecho de caminar o el de mover un músculo.

Por otro lado, el hueso está íntimamente relacionado a otros órganos, lo que provoca que su morfología, tamaño y desarrollo dependa de los órganos unidos o asociados a este, como es el sistema nervioso, vascular, articular, muscular, respiratorio, digestivo y el tegumentario. A estas zonas o estructuras del hueso íntimamente relacionados con los tejidos blandos se les llama correlaciones osteológicas, de las cuales, aplicando el método científico denominado Horquillado Filogenético Actual (*Extant Phylogenetic Bracket*) se puede inferir la presencia o ausencia de dicho órgano blando, a pesar de no contar con su preservación en el registro fósil. Esta relación es posible observarlo cuando ocurre una enfermedad en forma de una lesión, ejemplo de ello es el desarrollo de un tumor o quiste de tejido blando asociado al hueso, el cual puede dejar una marca como una concavidad profunda en el hueso. Otro ejemplo es la miositis osificante, la cual es la osificación del músculo, desarrollando un proceso extra ausente en los huesos normales.

Sistema Articular

Comprende una serie de órganos que permiten la unión entre dos huesos. Basados en su estructura existen tres tipos de articulación: fibrosas, cartilagosas y sinoviales (Figura 3-a). Las fibrosas son uniones de fibras de colágenos que nacen de superficies lisas, crestas o líneas (crestas largas y poco marcadas) y como bordes lisos. Estas uniones se les conocen como suturas y sindesmosis, como la sutura interparietal o la sindesmosis tibiofibular. Las cartilagosas, presentan cartilago entre las uniones, y las superficies de hueso de donde nacen son de apariencia rugosa, formando crestas y valles distintivos. Ejemplo son la sincondrosis neurocentral (mal llamada sutura neurocentral por varios paleontólogos) o las sínfisis púbicas. Las sinoviales son las más complejas y las que permiten una gran movilidad entre las piezas óseas, y presentan una especie de cápsula que las envuelven y las encierran. En los huesos se presentan como una superficie lisa, bien delimitada con formas desde cóncavas, planas o convexas; por debajo pueden tener o no un borde ligeramente rugoso y por último una superficie porosa, debajo de la anterior. Como órganos aledaños están los ligamentos, los cuales, dejan marcas en forma de bordes elevados rugosos. Su correcta interpretación de las articulaciones permite conocer el verdadero tamaño del organismo en vida (ya que se puede inferir la cantidad de cartilago articular), interpretar de mejor manera su locomoción (ya que estos órganos son los que ponen los límites) y su movilidad del organismo. Como caso especial, la detección del patrón de cierre de las placas epifisiarias o fisis de crecimiento permite reconocer la edad del organismo, así como el tiempo en que tarda en madurar su esqueleto.

CORRELACIONES OSTEOLÓGICAS ARTICULARES

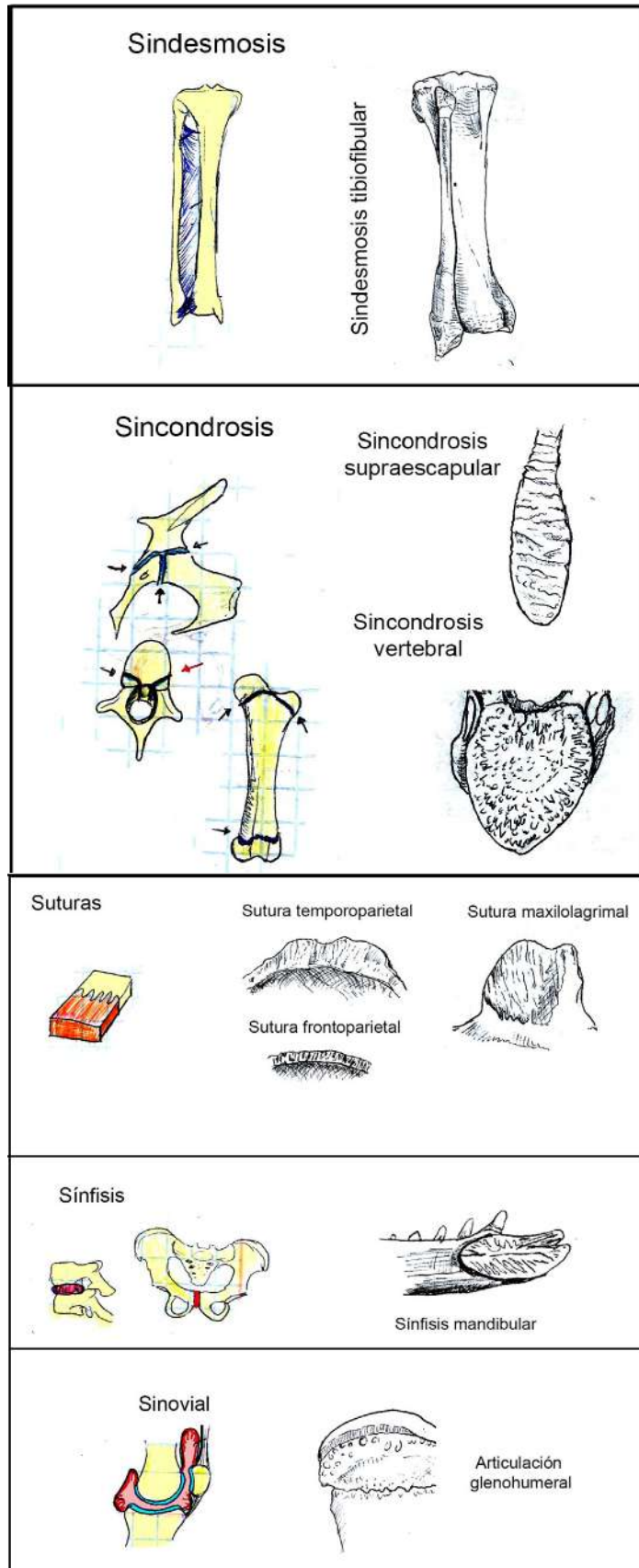


Figura 3-a. Correlación osteológicas articulares (más información en el texto).

Sistema muscular esquelético

Aquí no referiremos al músculo encargado de producir movimientos voluntarios a los miembros, cabeza y tronco del vertebrado. Cada músculo es un órgano, nombrado por su forma, función o las uniones. Estos órganos pueden generar dos tipos de marcas en el hueso, llamados uniones entésicas: pueden ser del tipo carnosas (o fibrosas) y tendinosas (o fibrocartilaginosas) (Figura 3-b). Las carnosas es la unión directa de las fibras musculares al hueso, los cuales dejan superficies lisas desde planas a cóncavas. En cambio en las tendinosas es la unión del músculo a través de un tendón que se une al hueso. Estas se observan como elevaciones rugosas denominadas tuberosidades o tubérculos los cuales pueden estar sobre procesos o crestas. Estas estructuras son de suma importancia, ya que si el animal ejercitaba de manera constante ciertos músculos, las uniones entésicas pueden verse más desarrolladas, a lo que se le llaman cambios entésicos. En arqueología estas estructuras ayudan a interpretar las actividades diarias, pero en los animales se podría aplicar para diferenciar variaciones clinales de una especie (misma especie con adaptaciones especiales para los distintos ambientes) o identificar una especie distinta por poseer arreglos musculares distintos, lo que implica movimientos y hábitos de vida distintos.

CORRELACIONES OSTEOLÓGICAS MUSCULARES

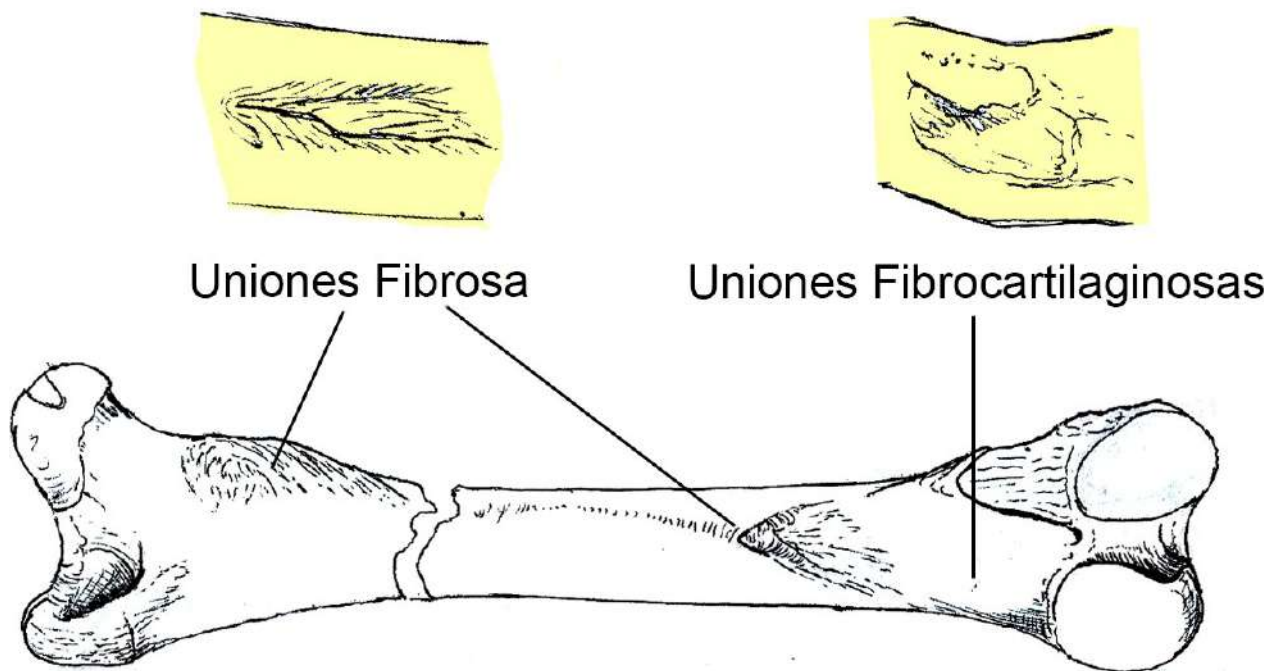


Figura 3-b. Correlación osteológicas musculares.



Sincondrosis vertebral. Fotografía: Angel Alejandro Ramírez Velasco.

Sistema cardiovascular

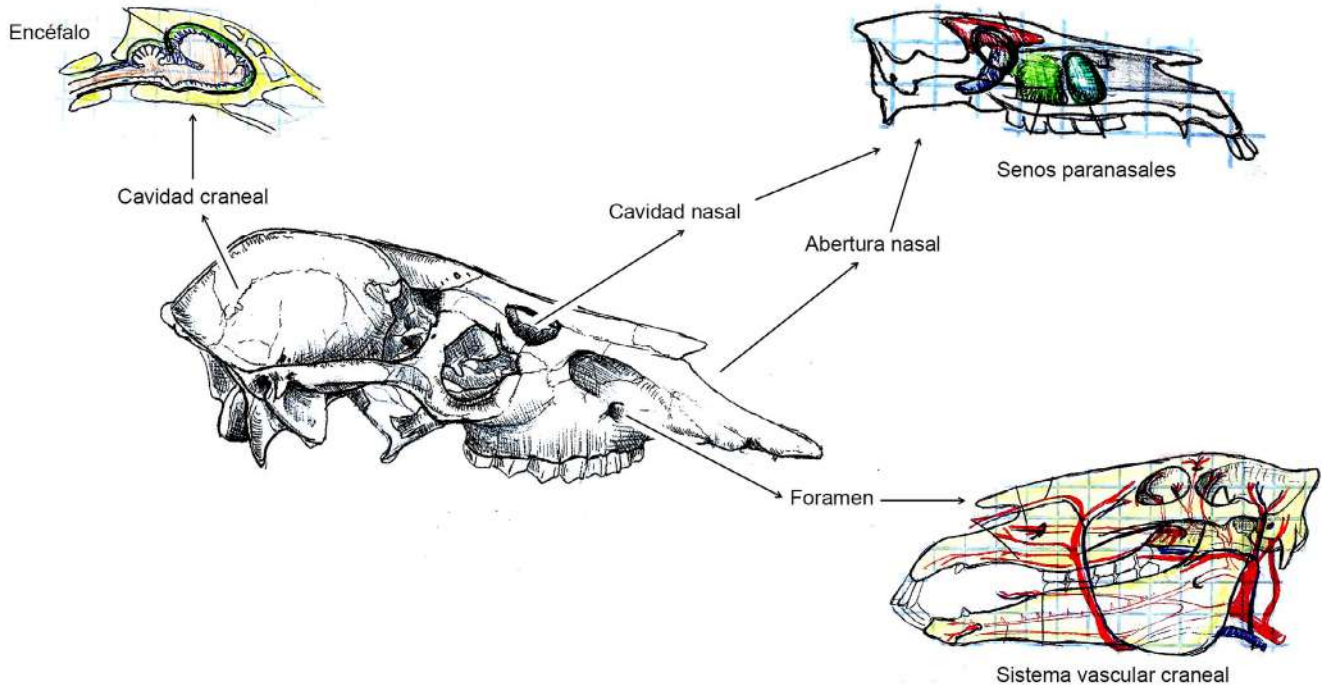
Este sistema consiste en el corazón y todos los vasos sanguíneos que se distribuyen en todo el cuerpo del organismo. En los huesos este sistema se puede observar a través de los forámenes y canales que lo atraviesan (Figura 4). Algunos pueden ser de gran tamaño como el foramen transversal de las vértebras cervicales y en otras ocasiones de pequeño calibre como son los forámenes nutricios de las vértebras o de los huesos largos como el fémur. El tamaño del hueco se correlaciona con el grosor o calibre de los vasos sanguíneos que lo atraviesan, así como de la cantidad de sangre o de las células sanguíneas. Gracias a esto se ha podido inferir zonas en el cráneo para la termorregulación de los órganos más sensibles a los cambios de temperatura, como son el ojo o el encéfalo y en otros casos la presión sanguínea al entrar a los huesos largos, midiendo el foramen nutricional de estos.

Sistema respiratorio

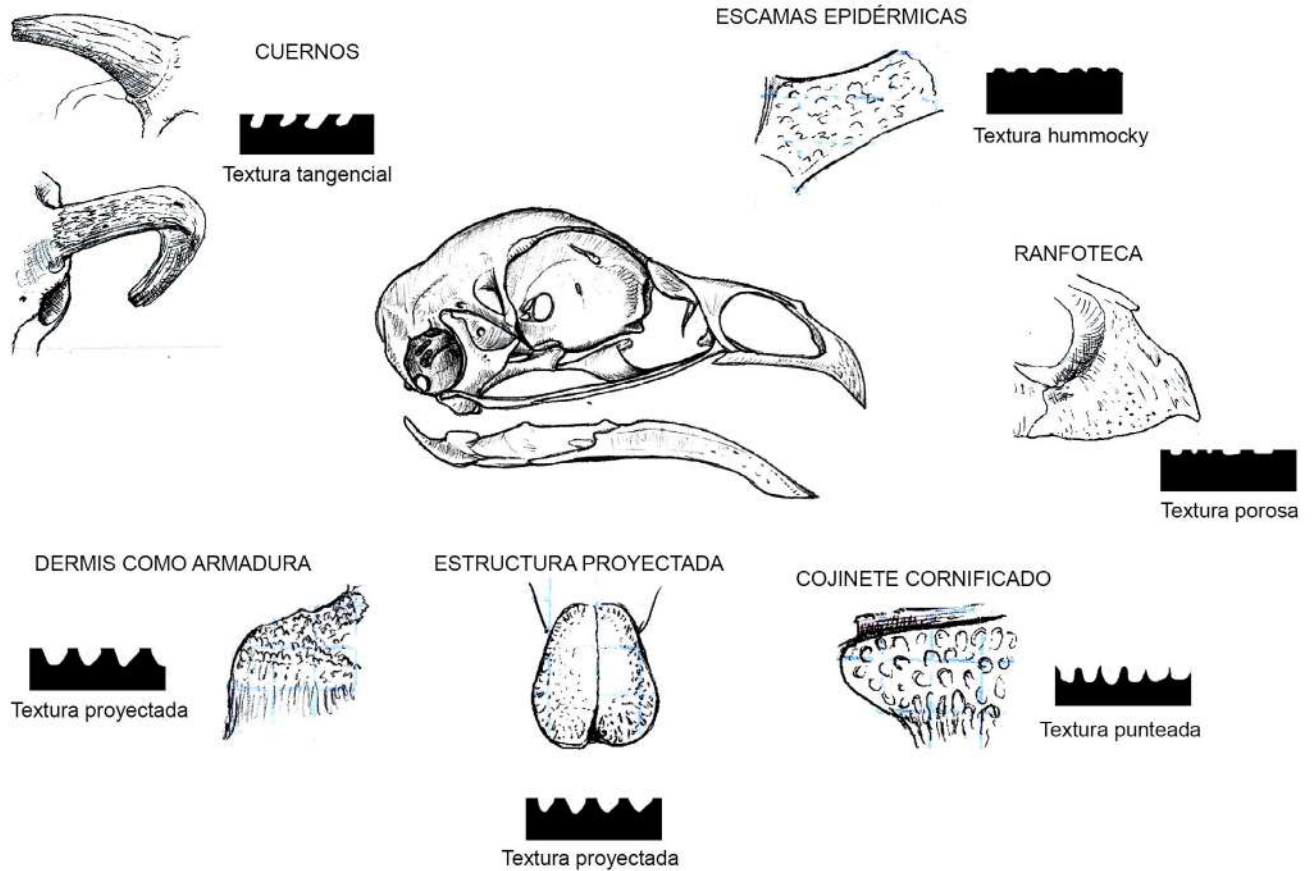
Es el sistema por el cual se capta oxígeno y se remueve el dióxido de carbono del cuerpo. Los huesos muestran parte de este sistema, por ejemplo en los cráneos están la abertura nasal, la cavidad nasal y las coanas. Su arreglo y acomodo en el cráneo permite inferir si el animal podía masticar mientras respira o solo puede tragar, debido a la presencia de una pared y al desplazamiento de las coanas, causado por el desarrollo de un paladar secundario. También se puede observar la presencia de este sistema a través de los senos craneales (cavidades en el interior del cráneo que alojan epitelio respiratorio; (Figura 4), forámenes neumáticos y divertículos neumáticos presentes en las vértebras y huesos largos de las aves, en las cuales se insertan unas prolongaciones de los pulmones llamadas sacos aéreos. Gracias a estos últimos se ha podido inferir su presencia en dinosaurios, pterosaurios y otros arcosaurios, y rastrear su evolución.

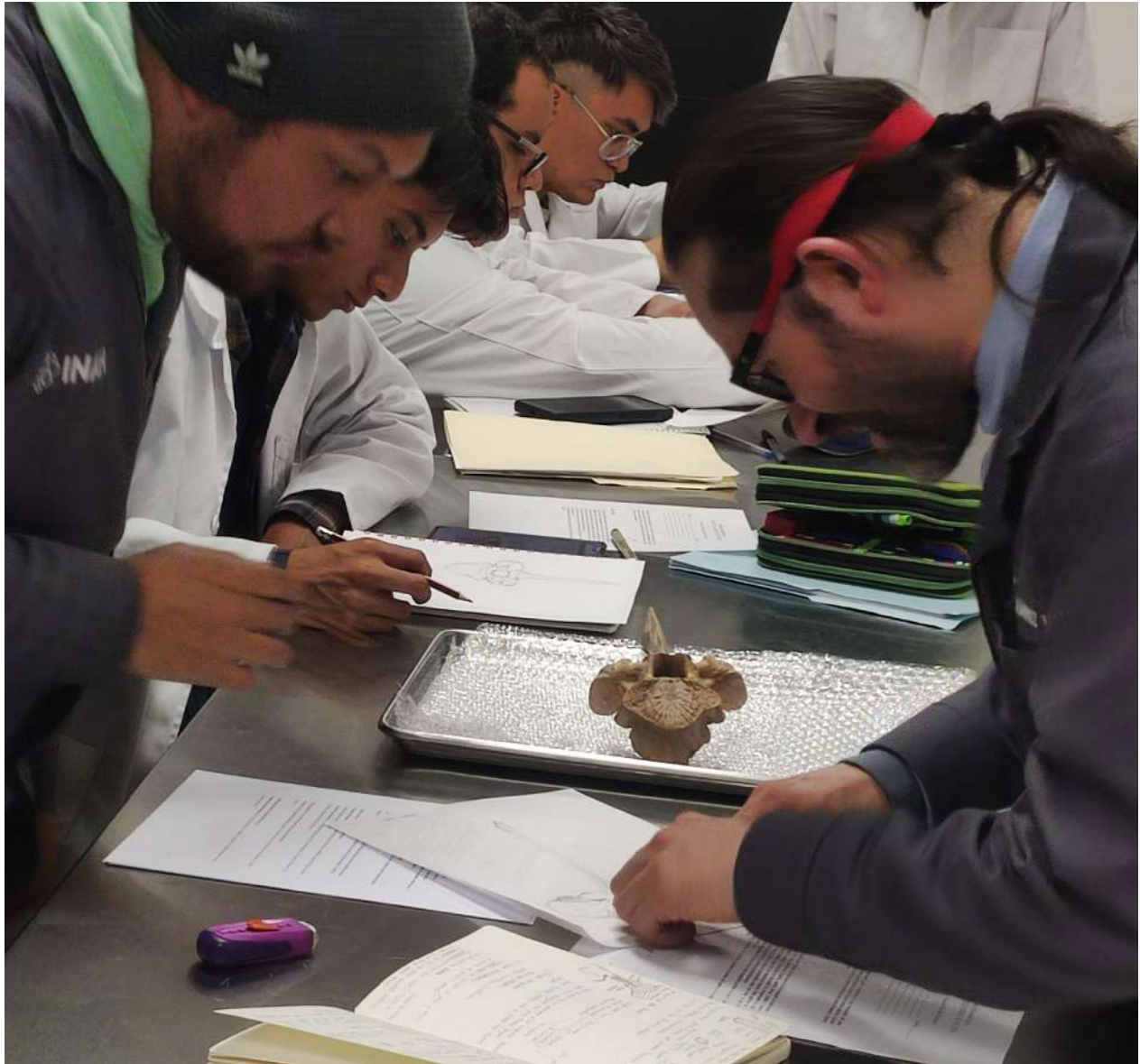
Figura 4. Correlaciones osteológicas nerviosas, respiratorias, vasculares y tegumentarias, (más información en el texto).

CORRELACIONES OSTEOLÓGICAS RESPIRATORIAS, VASCULARES Y NERVIOSAS



CORRELACIONES OSTEOLÓGICAS TEGUMENTARIAS





Fotografía: Angel Alejandro Ramírez Velasco.

Sistema digestivo

Consiste en un tubo muscular que inicia en la boca a la cloaca o al ano, dependiendo del vertebrado. Una parte muy importante de este sistema son los dientes, ya que a pesar de ser unos órganos duros como el hueso, están formados por otras células distintas a este y carecen de órganos como el periostio o el endostio. Encontrar dientes en el registro fósil es de suma importancia ya que con su morfología general se puede determinar a qué linaje de organismo se refiere (no a la especie), si masticaba o no, si el diente presenta un crecimiento continuo o interrumpido, cuánto tardaba en crecer y que tipo de vegetación consumía. En mamíferos estos órganos permiten identificar la edad del organismo. Para el caso de los demás órganos del tracto digestivo se hace a través de conjeturas a partir de ver la cavidad abdominal o el análogo a ella para deducir si presentaban o no intestinos largos o cortos, fundamental para identificar un organismo herbívoro o un carnívoro.

Sistema nervioso

Consiste en el encéfalo, la médula espinal y los nervios periféricos. Todos ellos dejan marcas en los huesos, en forma de forámenes o cavidades que atraviesan a estos (Figura 4). Para reconocer la presencia o ausencia de un nervio periférico, siempre están asociados al sistema vascular, es decir, por donde pasa un vaso pasa un nervio. Un ejemplo, es la presencia de una gran cantidad de forámenes en la región rostral del cráneo de patos o cocodrilos asociada a su sistema somatosensorial, es decir a una región altamente sensitiva del cráneo del animal. La médula espinal deja claro su paso, a través de los forámenes vertebrales que forman a su vez el canal vertebral. En aves se puede ver un engrosamiento a nivel del sacro, remarcado por forámenes vertebrales más amplios, lo que denota una estructura especial que les ayuda en el equilibrio y la cual es posible observar en dinosaurios como el estegosaurio. Del encéfalo se puede observar la cavidad craneal formada por varios huesos craneales, dejando impresiones de ciertas estructuras, vasos sanguíneos o de las divisiones de este. Gracias a esto último, en forma de fosas de distinta profundidad, se puede diferenciar al encéfalo en su región rostral o prosencéfalo, la media o mesencéfalo y la rombencéfalo. La primera sección aloja al bulbo olfatorio y al cerebro, los cuales siempre es clara la división entre ellas. Del mesencéfalo, cuando está muy desarrollada su estructura principal, el lóbulo óptico, este presiona al hueso y forma una concavidad, denominada receso óptico. Para el rombencéfalo se ha podido diferenciar el cerebelo de la médula oblongada. El reconocer estas estructuras señaladas pueden permitir inferir un poco del comportamiento del organismo a grandes rasgos, que sentido es el más desarrollado, o si era carnívoro o herbívoro. Ejemplo de ello es la diferencia del encéfalo de un lagarto, ave y mamífero. Del primero el bulbo olfatorio es el más grande lo que indica su órgano principal, en las aves es el lóbulo óptico, lo que nos dice que son muy visuales, y por último en los mamíferos presentan un lóbulo olfativo corto, pero prominente, lo que nuevamente indica su preferencia del olfato contra la vista.

Cabeza femoral y fisis. Fotografía: Angel Alejandro Ramírez Velasco.

Órganos de los sentidos

De los sentidos, solo del gusto, auditivo y visual se puede deducir información de estos, ya que en la mayoría de los vertebrados presentan estructuras osificadas dentro de ellos o cavidades dentro de los huesos, este último en el caso del auditivo. Del gusto, se puede deducir de forma general la forma y función de la lengua, a través de una serie de huesecillos que asocian al cráneo, con la laringe y la lengua llamados aparato hioideo para mamíferos y el aparato hiobranquial para los demás vertebrados. Del auditivo, para poder deducir su forma, se debe de estudiar la cavidad de la región ótica del cráneo. Su morfología en lo que respecta a los conductos semicirculares y a la región denominada el caracol, mejor conocido como cóclea, puede indicarnos sobre el equilibrio del organismo y su capacidad para recibir sonidos de baja frecuencia. Del visual, se llega a preservar los osículos esclerales que forman un anillo, el cual en vida están dentro del ojo. Esta estructura puede darnos indicios de la agudeza visual del organismo, es decir si era un animal nocturno, catameral o diurno.



Sistema tegumentario

Comprende la piel y estructuras anexas que derivan de ella como los cuernos, garras, picos y otras modificaciones estructurales. La piel no suele preservarse bien en el registro fósil, sin embargo se ha descubierto ciertas estructuras en el hueso que permiten inferir su presencia (Figura 4). Por ejemplo existen secciones de la piel de algunos vertebrados que se osifican y no forman parte del esqueleto, estructuras denominadas osteodermos. Estos elementos se conocen en mamíferos como los armadillos, en reptiles como las tortugas y cocodrilos y en dinosaurios como los famosos anquilosaurios. Algunos formaban grandes picos sobresalientes, mientras que en otros formaban una espesa malla interna, como ocurrió en los peresozos gigantes paramilodones. Para el caso de las garras o uñas, la última falange puede ser una estructura altamente vascularizada y muy texturizada, lo que indica la presencia de la estructura cornificada llama garra o pezuña (si cubre la parte de arriba y abajo) o de una uña (si solo cubre la parte de arriba). En el cráneo de los vertebrados se puede ver una gran diversidad de texturas, principalmente en animales que carecen de los músculos faciales, como los reptiles, aves, dinosaurios y anfibios, las cuales reflejan la presencia de estructuras altamente queratinizadas, como lo son los cuernos y algunas escamas. Por ejemplo, estructuras cónicas y estriadas indican la posesión de cuernos; rugosidad en forma de pequeñas elevaciones no delimitadas sugieren la presencia de escamas; región delimitada con elevaciones prominentes podría presentar un cojinete cornificado o algo elevado asemejando un cuerno; por último una rugosidad prominente, elevado indica una piel con función del tipo de armadura. Este tipo de cambios texturales a permitido develar de mejor manera la apariencia de la cabeza de varios vertebrados, lo que permite sugerir ciertos comportamientos de cortejo o de agresión. Por último, la presencia de un pico se ve reflejada en una zona lisa con surcos y forámenes, casi siempre asociada a la ausencia de dientes en dicha zona. Gracias a estos detalles se puede deducir si el animal presentaba un pico córneo o no, como en algunos dinosaurios y arcosaurios.

Entesis de fémur. Fotografía: Angel Alejandro Ramírez Velasco.



Comentarios finales

Como se puede ver, cada forma, proyección, depresión o cambios texturales en los huesos puede indicar la presencia de algún tipo de tejido blando asociado a este. Gracias a esto nos permita reconstruir de forma más cercana a la realidad, su apariencia y posible comportamiento sin utilizar la mera especulación. Es por ello que invito a cada académico y estudiante en paleontología de vertebrados a no subestimar este tipo de estructuras, que además de darnos las bases para definir una nueva especie, también permiten inferir la presencia de órganos blandos que demuestren y refuten las interpretaciones conductuales o de su apariencia física. Al cambiar esta visión podremos remover el paradigma de ver al hueso como una estructura inerte y verla como un órgano como debe de ser. Para ello, como esfuerzo personal, he desarrollado un curso piloto que ya fue puesto a prueba con estudiantes de distinto nivel, desde licenciatura a posgrado, dando muy buenos resultados en su desarrollo profesional de cada estudiante. Se espera a futuro mejorar y establecer el curso como parte de las actividades del Centro de Investigación Paleontológica Quinametzin, y sea un referente para mejorar y enaltecer la paleontología de vertebrados en México.



Fotografía: Angel Alejandro Ramírez Velasco.

Agradecimientos

Le agradezco a la maestra Felisa J. Aguilar Arellano por la iniciativa de realizar este manuscrito y por apoyarme en el desarrollo del curso piloto. También agradezco al Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT) y al Suplemento Cultural El Tlacuache por su apoyo.

Para leer más:

Brusatte S.L. 2012. *Dinosaur paleobiology*. Editorial Wiley-Blackwell. Oeste de Sussex Inglaterra y Nueva York Estados Unidos. 322 pp.

Lagunas Rodríguez Z., y Hernández Espinoza P. 2007. *Manual de osteología*. Editorial Escuela Nacional de Antropología e Historia, INAH. Ciudad de México. 228 pp.

Vizcaíno, S.F., Susana Bargo, M., Cassini, G.H., y Toledo, N. 2016. *Forma y función en paleobiología de vertebrados*. Editorial de la Universidad Nacional de la Plata. Buenos Aires, Argentina. 267 pp.

