

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA**

**Análisis alométrico del cráneo de avestruz  
(*Struthio camelus*)**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**B I Ó L O G O**

**P R E S E N T A:**

**Luis Carlos Villaseñor Camacho**

**Director de Tesis:**

**Doctor. Jorge Ricardo Gersenowies Rodríguez**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*“He sido un hombre afortunado en la vida: nada me fue fácil”.*

*Sigmund Freud.*

*“Sepan los nacidos y los que van nacer que nacimos para vencer y no para ser vencidos.”*

*Ernesto “Ché” Guevara.*

*“La mayoría de los vicios y pecados capitales condenados hoy en día corresponden a inclinaciones que fueron puramente adaptativas o por lo menos inofensivas en el hombre primitivo.”*

*Konrad Lorenz.*

*“Es el tiempo que has perdido con tu rosa lo que la hace tan importante”.*

*Antoine de Saint-Exupéry.*

## **Agradecimientos.**

**A mi asesor:** Dr. Jorge Ricardo Gersenowies Rodríguez, Gracias por la asesoría de esta tesis, así como, por todo el conocimiento adquirido durante el tiempo en el que estuve trabajando en el laboratorio. Gracias por la paciencia y la confianza de que este trabajo iba salir adelante y por permitirme concluir el proceso para poder lograr mi más grande meta hasta el momento: Ser Biólogo.

**A mis sinodales:** Les quiero agradecer a los profesores: Dra. Patricia Ramírez Bastida, M. en C. Samuel Meraz Martínez, M. en C. Atahualpa de Sucre Medrano por aceptar y revisar mi trabajo de tesis por las correcciones y observaciones y buena disposición para que esta tesis saliera adelante.

Un agradecimiento muy especial a la profesora M. en D. Gabriela Sánchez Fábila por ser la persona que me adentro en el campo de la anatomía comparada y estuvo presente desde el inicio del proyecto de tesis. Gracias por los consejos, recomendaciones, enseñanzas y revisiones en todo este tiempo.

## **Dedicatoria.**

**A mi mamá:** Berenice Camacho Morfín, esta tesis te la dedico con todo el amor del mundo por toda la confianza, apoyo y sobre todo afecto que me has dado a lo largo de todo este tiempo y porque pese a todo y contra todo me sacaste adelante con mucho esfuerzo, pero sobre todo con mucho cariño, y como siempre has dicho somos un equipo y aunque suene trillado parte de esta tesis en gran medida también es tuya. Gracias por todo mamá, porque yo no sería lo que soy y voy a ser en un futuro si no fuera por todas tus enseñanzas y consejos.

**A mamá Lilián:** Con mucho cariño te dedico mi tesis porque has sido un ejemplo a seguir para mí, gracias por el cariño, afecto, consejos y sobre todo por esas largas platicas sobre temas biológicos, de las que aprendí mucho, gracias por todo y por ser la mejor abuela que yo puedo tener.

**A todos los integrantes de la familia Camacho Morfín.** A todos mis familiares les dedico con mucho afecto este trabajo, ya que cada uno de ustedes ha sido una parte muy importante en mi vida y en mi crecimiento como ser humano; gracias por dejarme ser parte de la familia, a la que quiero tanto. De manera muy especial a mis tías: Roxana, Deneb, Bellatriz, Lilián y Thelma por todo el apoyo; sus enseñanzas que incluyeron bromas, consejos, viajes, pláticas y debates de los que aprendí mucho y formarán parte de mi futura vida profesional, pero sobre todo, gracias por su cariño incondicional.

**A mi tío:** Luis Camacho gracias por ser el mejor tío que puedo tener, pero sobre todo, por ser mi mejor amigo.

**A Misael Ramírez Hernández:** Gracias por ser mi papá, mi maestro pero sobre todo mi amigo, te agradezco por las enseñanzas y consejos a través de todos estos años.

**A mi primo:** con cariño a Fidel recuerda que puedes contar con mi apoyo el día que sea y cuando sea.

**A mis Hermanos:** Con mucho cariño y afecto a Sergio (Checo) y Alejandro (Peque).

**A mis sobrinos:** Rodrigo, Edgar y Andrea.

**Al resto de mi familia:** Tomás Olguín y Mauricio Quino.

**A mis amigos de la carrera:**

Oscar, Raúl, Hugo, Nancy, Dava y Diego, los mejores amigos que pude encontrar en la escuela y con los que viví momentos increíbles que se quedan en la memoria. Gracias por todo muchachos.

A mi amiga Diana Mejía, gracias por ser mi amiga y por todos los buenos momentos que pasamos juntos en la carrera.

A mis amigos de albures y vulgaridades, Alberto (El enano) y Juan (El apache).

A mi amigo de fiestas y parrandas, Ulises (El banano).

A mis amigos del laboratorio, Paco, Ariel, Josimar y Bárbara que hicieron mucho más ameno el trabajo en el laboratorio.

**A mis amigos de la secundaria, de los que tengo el privilegio de conservar su amistad después de tantos años:** Armando Sosa, Carlos Munibe, Luis Denova, Anuar Guillén (Panda), Juan Montiel (Mickey) y Sandra Ramírez.

## Índice.

Resumen.....	1
1.- Introducción.....	2
1.1 Biología del avestruz.....	2
1.2 Generalidades del cráneo de los vertebrados.....	5
1.3 Cráneo de ave.....	7
1.4 Cráneo de avestruz.....	12
1.5 Alometría.....	14
2.- Antecedentes.....	17
3.- Justificación.....	20
4.- Objetivos.....	21
5.- Método.....	22
5.1 Obtención de los cráneos de avestruz.....	23
5.2 Disección anatómica.....	23
5.3 Medición de las diferentes medidas morfométricas.....	29
5.4 Análisis alométrico.....	36
5.5 Descripción anatómica del cráneo de avestruz.....	36
5.6 Compendio fotográfico.....	36
6.- Resultados.....	37
7.- Discusión.....	58
8.- Conclusiones.....	74
9.- Recomendaciones.....	76
10.- Bibliografía.....	77
11.- Anexo.....	79
A) Descripción del cráneo de avestruz ( <i>Struthio camelus</i> ).....	80
B) Matriz de datos.....	99

## **Resumen.**

El cráneo de los avestruces lleva a cabo diversas funciones como: proteger y dar soporte al cerebro y a los órganos de los sentidos; puede enfriar el cerebro durante una actividad sostenida o por elevación de la temperatura ambiental; otra función importante del cráneo es la alimentación.

Uno de los métodos de análisis más utilizados para establecer las relaciones entre el crecimiento y la forma es la alometría; este concepto tiene varios significados y múltiples aproximaciones metodológicas para su análisis. Todas tienen en común que la alometría trata de la variación de un carácter asociado, con la variación de otro carácter que representa la totalidad del patrón morfofisiológico de la especie. Con el fin de contribuir al conocimiento del cráneo de avestruz, se realizó un estudio alométrico del cráneo de este organismo, para ello se obtuvieron veinte cabezas de avestruz adultas de la misma edad, a las cuales se les realizó su correspondiente disección anatómica, para la obtención de los cráneos a los cuales se les tomaron una serie de medidas morfométricas, con el fin de obtener su patrón alométrico; el cual presentó cincuenta y nueve relaciones alométricas: treinta y una presentaron isometría, diecisiete alometría negativa, ocho relación inversa y tres alometría positiva, por tanto, estos resultados señalan que el cráneo del avestruz tiene la tendencia de mantener su forma constante, ya que más de la mitad de sus correlaciones presentan isometría, de la misma manera, se puede decir que el paladar, es el elemento del cráneo que más interviene en la estructura y la forma del mismo, pues este elemento presentó la mayor cantidad de relaciones alométricas en el cráneo: veintiséis isométricas, nueve alométrico negativas, cuatro del tipo de relación inversa y dos alométrico positivas.

A la par del análisis alométrico, se realizó una contribución a la descripción del cráneo de avestruz, así como, el compendio fotográfico del cráneo; este se realizó con el fin de presentar a los elementos y su estructura de manera clara a través de fotografías.

**Palabras Clave: Alometría, Cráneo, Avestruz, Paleognatos**



## **1.- Introducción.**

### **1.1 Biología del avestruz.**

El avestruz (*Struthio camelus*) fue descrita por Lineo en 1758, es el ave actual de mayor tamaño ya que el macho llega a medir de 2.1 a 2.75 m de altura y pesan de 100 a 130 kg o a veces hasta 150 kg, mientras que las hembras, llegan a medir de 1.75 a 1.9m de altura y pesan de 90 a 100 kg (Perrins, 2006). El gran tamaño de este animal tiene ventajas evidentes para un ave no voladora en las llanuras de África, donde los predadores son abundantes. En primer lugar, la altura misma del avestruz combinada con su excelente visión le proporciona la capacidad de mirar por encima de una gran cantidad de vegetación y así detectar a sus posibles depredadores desde muy lejos; en segundo lugar, las patas largas y robustas les permiten cubrir grandes distancias, con el mínimo esfuerzo, en la búsqueda de su alimento que a menudo se encuentra disperso; por último, su cuello largo casi desnudo y el esófago expandido dan acceso a una amplia gama de alimentos que se encuentran a diferentes alturas (Brooks y Birkhead, 1991) (Figura 1).

La cabeza es bastante pequeña en relación al tamaño del ave, sus ojos son enormes, los más grandes en cualquier vertebrado terrestre, llegan a tener un diámetro de 50 mm y están protegidos por pestañas largas; además de detectar a los depredadores, el avestruz tiene que ver bien con el fin de ser capaz de escoger a sus congéneres a una distancia superior a los enemigos potenciales, sobre todo en la época de apareamiento cuando se debe buscar una pareja (Brooks y Birkhead, 1991).

El avestruz tiene reducido el esqueleto y la musculatura del ala, al igual que otras aves corredoras. Una de las características más significativas del grupo es que no hay una quilla en el esternón. Las plumas son muy peculiares ya que las barbas están sueltas y esto se debe a la ausencia de ganchillos en las bárbulas, por esta razón el plumaje del avestruz es suave y terso; ya que carecen de glándula uropigial, los avestruces como otras aves corredoras, son incapaces de impermeabilizar sus plumas, por lo que se empapan con la lluvia. Tienen el número inusualmente grande de 16 plumas primarias que pueden haber desarrollado con el fin de que su exhibición durante el apareamiento sea más espectacular (Brooks y Birkhead, 1991).

El avestruz es la única especie de ave en la que los dedos se han reducido a dos: el tercer dedo es el dedo principal; el segundo dedo está reducido y el primero y cuarto están ausentes, todo esto demuestra una adaptación especial para correr, al ser la superficie que entra en contacto con el suelo es mucho más reducida con el fin de ganar velocidad; esto ayuda a que sea el corredor más rápido en el mundo de las aves y en términos de resistencia llega a derrotar a los mamíferos, ya que puede mantener una velocidad de 50 km/h por media hora; en una carrera corta alcanza hasta 70 km/h, con un paso de 3-5 m; a altas velocidades, utiliza sus alas para mantener el equilibrio, sobre todo, si se desvía bruscamente al escapar de un perseguidor (Brooks y Birkhead, 1991).

En lo que a plumaje se refiere, los sexos son muy diferentes: El macho es principalmente de tono negro pero las alas y la cola son de color blanco; el contraste es muy impresionante y puede hacer que el ave se destaque a cierta distancia. La hembra es una versión parduzca del macho. Las plumas del cuerpo son de color marrón pálido con bordes más oscuros mientras que las alas y la cola son de color blanco opaco. El plumaje de las crías es similar al de la hembra pero por lo general más uniforme en particular en las alas y en la cola (Brooks y Birkhead, 1991).

### ***Alimentación.***

Los avestruces comen hierbas semillas y hojas, son principalmente herbívoros, aunque llegan a incluir en su dieta insectos y vertebrados pequeños.

### ***Reproducción y crianza.***

Las hembras pueden reproducirse a los dos años. Los machos empiezan a adquirir el plumaje adulto cuando tienen dos años y alcanzan la madurez sexual a los 3 ó 4 años (Perrins, 2006).

Por lo general la reproducción se da en grupos polígamos, un avestruz macho se relaciona con 2 a 5 hembras. Las hembras ponen en un solo nido comunal de 15 a 20 o incluso más huevos. El nido es un hoyo de poca profundidad en el suelo; la incubación es compartida por el macho (en la noche principalmente) y por la hembra dominante (durante el día); las otras hembras no intervienen en el proceso de incubación. Al salir del cascarón las crías nidífugas crecen rápidamente son capaces de caminar, correr y alimentarse por sí mismas (Beletsky, 2006).

*Clasificación Sistemática del Avestruz (Struthio camelus) Tomada de Proctor, 1993*

Clase: Aves

Subclase: Neornithes

Super Orden: Paleognathae

Orden: Struthioniformes

Familia: Struthionidae

Genero: *Struthio*

Especie: *S. camelus*



Figura. 1 Avestruz

## **1.2 Generalidades del cráneo de los vertebrados.**

El estudio del cráneo de los gnatóstomos es muy importante al ser un elemento esencial del armazón óseo y una estructura reveladora del grado de evolución de cada tipo filético; puede conservarse por fosilización, permitiendo comparaciones entre las formas recientes y las extintas; es decir, permite estudiar las transformaciones ocurridas en el transcurso de los eones; además, el cráneo es un elemento anatómico preciado por la cantidad de información que suministra cuando se le aplica de forma correcta el principio de correlación de las partes (Pirlot, 1976).

Por esta razón, la descripción de las estructuras craneanas y su función ocupan un lugar muy importante en las obras sobre morfología evolutiva de los vertebrados (Pirlot, 1976).

El cráneo de los organismos lleva a cabo diversas funciones, como la protección y soporte del cerebro y órganos de los sentidos, puede enfriar el cerebro durante una actividad sostenida o durante una elevación de la temperatura ambiental (Kardong, 1999).

El cráneo de muchos animales también actúa como caja de resonancia y ocasionalmente sirve para amortiguar o amplificar los sonidos animales (Kardong, 1999).

Otra función del cráneo es la alimentación, ya que dependiendo de las modificaciones que presente y del medio, dependerá el tipo de alimentación que posee el organismo, así el cráneo, puede estar modificado para la alimentación en el agua, el aire y la tierra (Kardong, 1999).

El cráneo de los vertebrados es una estructura formada por tres porciones distintas, que fusionadas, forman una unidad funcional. La primera y más antigua constituye al esplacnocráneo que se encuentra asociado a los aparatos digestivo y respiratorio dando soporte a los arcos branquiales (Kardong, 1999). Ninguna otra parte del esqueleto de los vertebrados, excepto posiblemente la notocorda, es tan antigua en su origen como el esplacnocráneo (Hildebrand, 1982).

Las barras faríngeas que forman parte del esplacnocráneo, están constituidas por tejido conjuntivo, se origina del mesodermo y forman una canasta branquial sin articular, que es el predecesor filogenético del esplacnocráneo de los vertebrados (Kardong, 1999).

Por lo general, los arcos faríngeos de los vertebrados gnatostomados acuáticos están asociados con el sistema branquial, por ello se conocen como arcos branquiales (Kardong, 1999).

Cada arco está formado, ipsilateralmente, por una serie de hasta cinco elementos articulados; empezando por el elemento dorsal, y hacia el lado ventral, son: faringobranquial, epibranquial, ceratobranquial, hipobranquial y basibranquial (Kardong, 1999).

El primer arco faríngeo se amplía formando las mandíbulas y se le conoce como arco mandibular; su epibranquial forma la maxila (palatoc cuadrado), el ceratobranquial forma la mandíbula (cartílago de Meckel) (Hildebrand, 1982).

El segundo arco faríngeo, generalmente tiene una función especial y un nombre especial, el arco hioideo. El epibranquial es el elemento clave y se llama hiomandibular. Los arcos sucesivos sirven primariamente para la respiración llamándose arcos branquiales (Hildebrand, 1982).

La segunda parte, es el condrocráneo, que rodea y dá soporte al cerebro en la mayoría de los vertebrados, es una estructura embrionaria que sirve como almacén para el desarrollo cerebral y cápsulas sensoriales; está compuesto de numerosos elementos (Kardong, 1999).

La notocorda se sitúa ventral a la base del condrocráneo en desarrollo, puede ser libre u obliterada, pero generalmente su vaina resulta fibrosa y se une con el condrocráneo (Hildebrand, 1982). Cerca de la notocorda por condensaciones del mesénquima cefálico se forman dos pares de cartílagos alargados, el par anterior constituyen a las precordales (trabéculas), el posterior a las paracordales, y entre ellos en algunos vertebrados quedan un par de cartílagos polares. Por lo general caudalmente a las paracordales aparecen algunos cartílagos occipitales. Además de estos cartílagos, las cápsulas sensoriales asociadas con la nariz, ojos y oídos se desarrollan a partir de cartílagos de soporte, las cápsulas nasales, ópticas y óticas (Kardong, 1999).

A medida que avanza el desarrollo, estos cartílagos se fusionan. La región situada entre las cápsulas nasales, formada por la fusión de los extremos anteriores de las trabéculas, constituye la placa etmoidal. Las paracordales crecen juntas a través de la línea media para dar lugar a la placa basal situada entre las cápsulas óticas. Los cartílagos occipitales crecen dorsalmente alrededor del cordón nervioso para formar el arco occipital. Colectivamente

todos estos cartílagos se expanden y fusionan constituyendo el condrocráneo (Kardong, 1999).

La tercera parte, es el dermatocráneo, compuesta de huesos dérmicos. Filogenéticamente estos huesos se originan a partir de las armaduras óseas tegumentarias de los peces primitivos donde se asociaron con el condrocráneo y el esplanocráneo (Kardong, 1999).

El dermatocráneo forma los lados y el techo del cráneo completando la caja ósea que protege al cerebro; forma la mayoría de los huesos del paladar y encierra al esplanocráneo (Pirlot, 1976).

El dermatocráneo puede contener una considerable serie de huesos que se unen firmemente por suturas, formando series óseas. Las principales series óseas del dermatocráneo son: Serie facial, serie orbital, serie temporal, serie de la bóveda, serie palatal y serie mandibular (Kardong, 1999).

### **1.3 Cráneo de ave.**

Las aves poseen uno de los cráneos más altamente especializados entre los vertebrados vivientes. La fusión de los elementos más importantes a menudo hacen que no existan las estructuras de las suturas, excepto en el embrión. Todas las aves poseen un cráneo cinético de forma que la maxila es móvil gracias a una articulación, conocida como charnela frontonasal. Como consecuencia de este mecanismo cinético, el cuadrado es móvil en su articulación con la caja cefálica y está conectado indirectamente con la maxila por los huesos palatinos, que son el pterigoides y el palatino, los cuales se deslizan a lo largo del rostrum paraesfenoidal; el vómer se localiza en el plano medio de la región palatina rostral (Sisson y Grossman, 2001).

Las aves también se caracterizan por sus ojos extraordinariamente desarrollados, que se acomodan en las grandes órbitas del cráneo. Los dos huesos orbitales están separados por un tabique óseo llamado septum interorbital, que deriva de los elementos mesetmoideos. El foramen óptico que es bastante grande, se localiza en el borde caudal del septum. La pared caudal de la órbita deriva de varios elementos esfenoidales que se unen y son inseparables, en el adulto (Sisson y Grossman, 2001) (Figura 2).

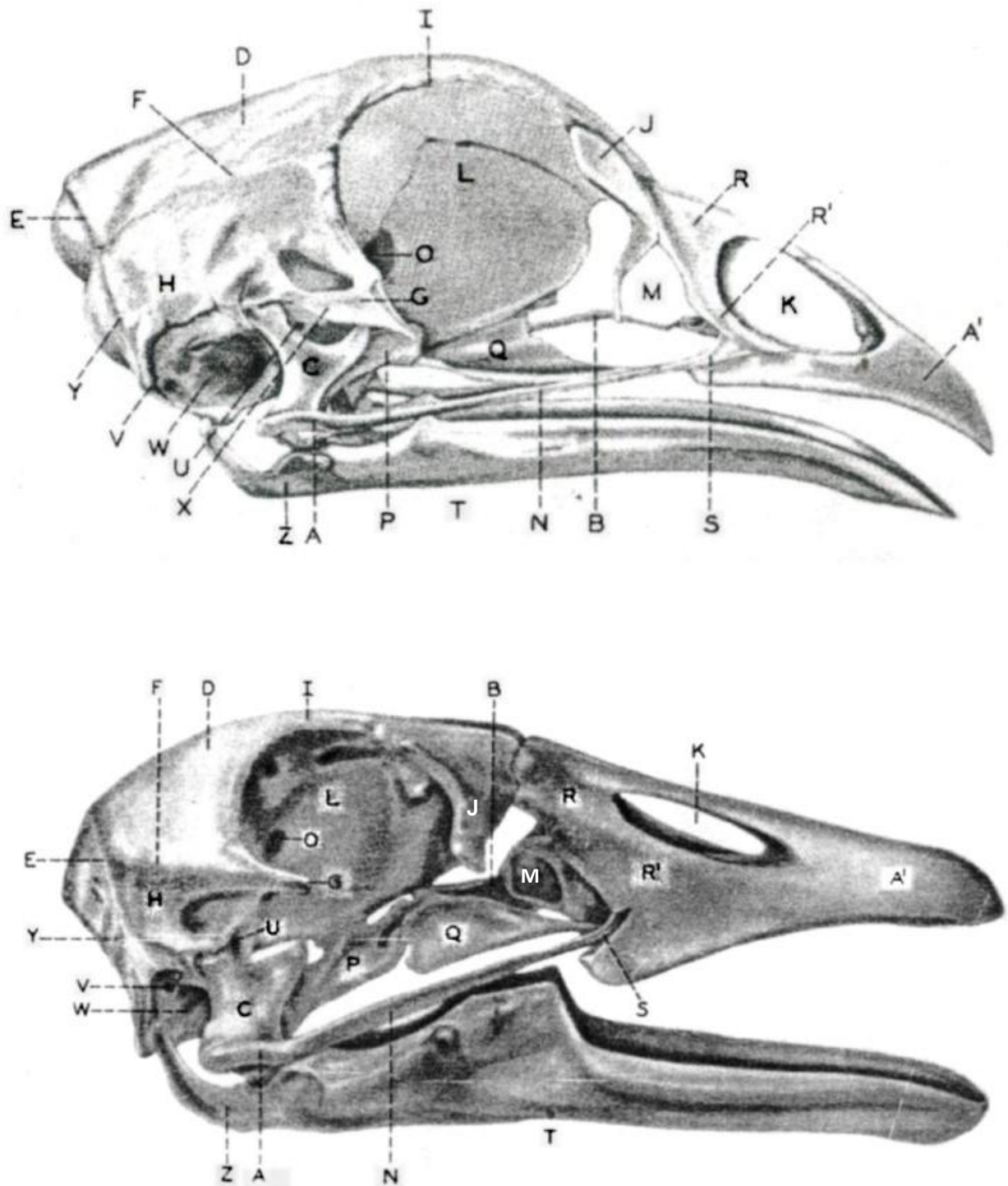


Figura. 2 Cráneo de gallina (arriba) y ganso (abajo): vista lateral.

A, cuadrato yugal; A, premaxilar; B, Vómer; C, cuadrado; D, frontal; E, cresta de la nuca; F, cresta parietal lateral G, apófisis postorbital; H, escamoso; I, borde supraorbital; J, lacrimal; K, nariz externa; L, Septum interorbital; M, Seno maxilar; N, barra yugal (zona del hueso yugal); O, foramen del nervio óptico; P, pterigoideo; Q, palatino; R, nasal; R', rama lateral del nasal; R'' charnela nasofrontal; S, maxilar (apófisis cigomática); T, mandíbula; V, opistótico; W, meato auditivo externo; X, apófisis cigomática. Tomado de Sisson y Grossman, 2001

El globo ocular, propiamente dicho, también posee un esqueleto óseo, el anillo esclerótico, esto es una serie de placas óseas solapadas que forman un anillo en la esclerótica del ojo (Sisson y Grossman, 2001). Los lacrimales (prefrontales), que se localizan en los bordes rostrales de las órbitas, se articulan fundamentalmente con las ramas laterales de los nasales, y en menor grado, con los frontales. Puede que exista en algunas aves un solo hueso lacrimal, pero haya uno o dos, estos se unen con otros elementos en la pared orbital rostral (Sisson y Grossman, 2001) (Figura 2).

Los maxilares, en las aves, están muy reducidos si se comparan con otros grupos de vertebrados y son huesos generalmente pequeños que se extienden medialmente como las apófisis mediales de los maxilares. Lateralmente, los maxilares dan origen a huesos delgados, semejantes a palillos, que son las apófisis cigomáticas, unidas a los huesos yugales para formar la porción rostral de los arcos cigomáticos. La parte caudal de cada arco cigomático está formada por otro hueso también semejante a un palillo: el cuadradoyugal, que se articula caudalmente con el hueso cuadrado. El hueso cuadrado es complejo en todas las aves y sirve no solamente de suspensor de la maxila, sino que se articula con la mandíbula y además, los cóndilos del cuadrado se articulan con la mandíbula inferior, medialmente con el pterigoides y dorsalmente, mediante una apófisis ótica, con el hueso escamoso, rostral al meato auditivo externo (cavidad timpánica). También una apófisis orbital del hueso cuadrado se extiende dentro de la órbita y sirve para el origen de un músculo importante en el cierre de la mandíbula (Sisson y Grossman, 2001). En las aves se observan distintos centros de osificación "óticos" que rodean y protegen el oído interno; asimismo hay una *columna auris* fija en la ventana oval, que se localiza entre el preótico y el opistótico. La membrana timpánica está conectada por una serie de ligamentos y cartílagos extracolumnares a los estribos óseos (Sisson y Grossman, 2001) (Figura3).

La porción caudal del cráneo está formada por una serie de huesos que se unen en el adulto. En la porción caudal del parietal se encuentra el supraoccipital; surge de los centros de osificación bilateral que se unen en un elemento simple en el adulto. El supraoccipital forma el borde dorsal del foramen magnum, que está bordeado lateralmente por un par de exoccipitales y ventralmente por un basioccipital. Cada uno de los exoccipitales contribuye



ligeramente a formar el cóndilo occipital y los bordes caudoventral y caudales de la cavidad timpánica (Sisson y Grossman, 2001).

Los exoccipitales se unen rostralmente con el basiesfenoides medial, que está representado por una lámina basitemporal, hueso plano que forma la base caudal del cráneo (Sisson y Grossman, 2001) (Figura 3).

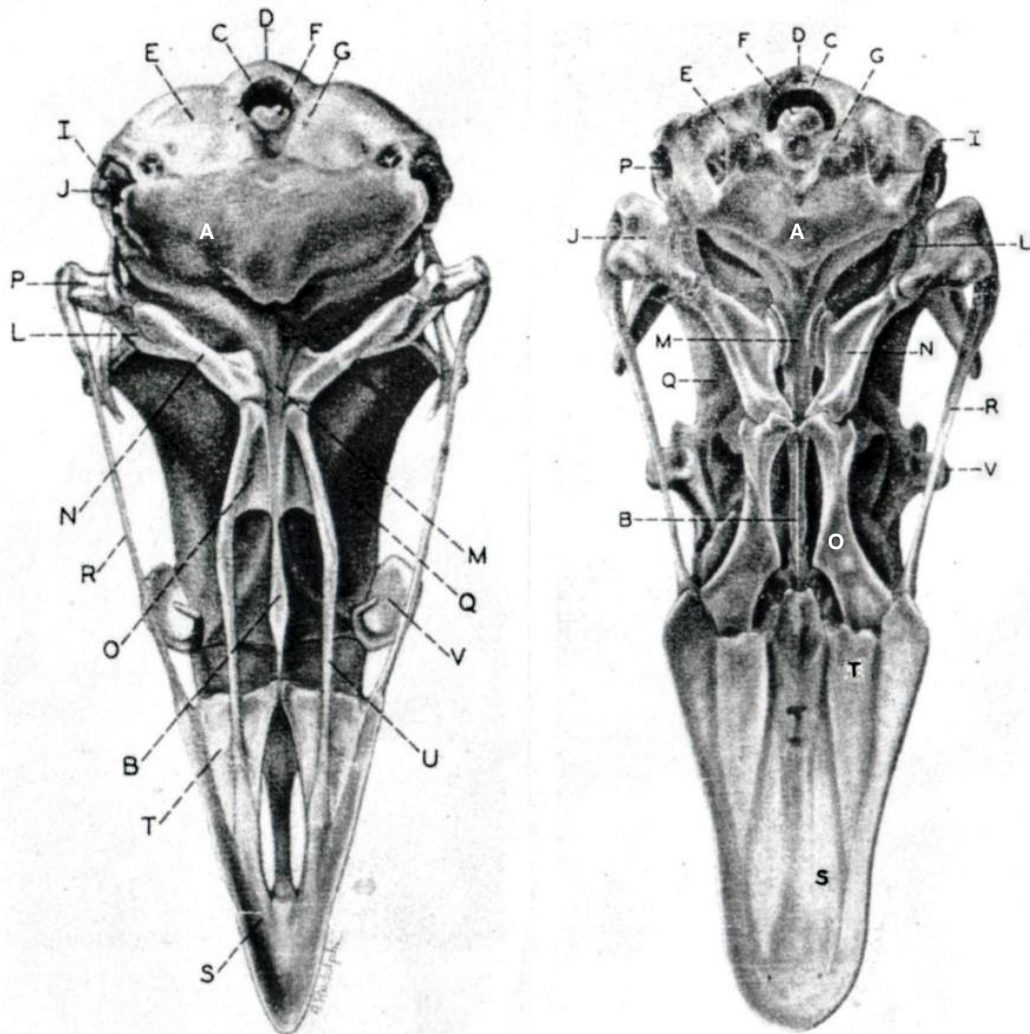


Figura. 3 Cráneo de gallina (izquierda) y ganso (derecha); vista ventral.

A, lámina basitemporal; B, vómer; C, foramen magnum; D, supraoccipital; E, exoccipital; F, cóndilo occipital; G, foramen hipogloso; I, borde de la lámina basitemporal; J, meato auditivo externo; L, cuadrado; M, nostrum paraesfenoides; N, pterigoideo; O, palatino; P, cóndilo del cuadrado; Q, fosa orbital; R, barra yugal (zona del hueso yugal); S, Premaxilar; T, maxilar; U, apófisis maxilar del palatino; V, lacrimal (prefrontal). Tomado de Sisson y Grossman, 2001

Muchos de los huesos del condrocáneo se unen, generalmente, en el adulto y pueden tener incluso pocos vestigios de las estructuras de suturas originales; sin embargo, regiones muy generalizadas son fácilmente discernibles, como un

par de huesos frontales, extensos dorsalmente y los parietales que son más pequeños, caudalmente. Todo el borde dorsal de la órbita está formado por la prolongación lateral de los huesos frontales. Los huesos nasales se articulan con el borde rostral de los huesos frontales en la charnela nasofrontal; los nasales son huesos complejos en todas las aves; constituyen el techo de la cavidad nasal y su porción rostral es redonda, extendida rostroventralmente como una rama lateral para formar el borde caudal de la narina externa; rostralmente, los nasales se unen medialmente a las apófisis nasales de los premaxilares, estas apófisis se unen a lo largo de la línea media dorsal de la región nasal; las apófisis rostromediales de los nasales (apófisis premaxilares) forman, por tanto, los bordes dorsocaudales de la narina externa, sus ramas laterales se extienden rostroventralmente hasta encontrarse con las apófisis maxilares de los premaxilares y forman el borde rostroventral de la narina externa (Sisson y Grossman, 2001).

### ***Mandíbula.***

Generalmente, está formada por cinco huesos; en el adulto sus suturas están enmascaradas por la osificación del hueso principal y más rostral de la mandíbula, el dentario, que forma la sínfisis mandibular distalmente. Otros componentes pueden incluir los huesos esplenial, angular, suprangular, y el articular, que como su nombre indica, se articula con los cóndilos del cuadrado. En las aves como en sus predecesores los reptiles Archosaurios existe un foramen mandibular caudal al hueso dentario (Sisson y Grossman, 2001).

### ***Hioides.***

El esqueleto de la lengua está formado por las partes paraglosal (entoglosal) y basibranchial rostral (basihial) del hueso hioides. El hueso paraglosal, tiene una forma triangular; está en posición medial; es impar y asienta en la parte libre de la lengua, unido rostralmente a su vértice por tejido conectivo. La extremidad caudal del hueso paraglosal se encuentra aproximadamente a 5 mm (esto varía dependiendo del ave) en dirección rostral del nivel de la fila transversa de papilas linguales. A partir del extremo caudal, un par de cuernos de los huesos paraglosales se extienden caudolateralmente hasta llegar al nivel de las papilas linguales más laterales de la fila transversa. La mitad caudal de la superficie ventral del hueso paraglosal es muy cóncava. Caudalmente el hueso paraglosal forma una articulación sinovial en charnela con el hueso

basibranquial rostral. El hueso basibranquial rostral asienta en la parte fija de la lengua, sus extremos rostral y caudal son relativamente anchos. En la superficie dorsal existe una cresta media, longitudinal bien desarrollada (Sisson y Grossman, 2001) (Figura 4).

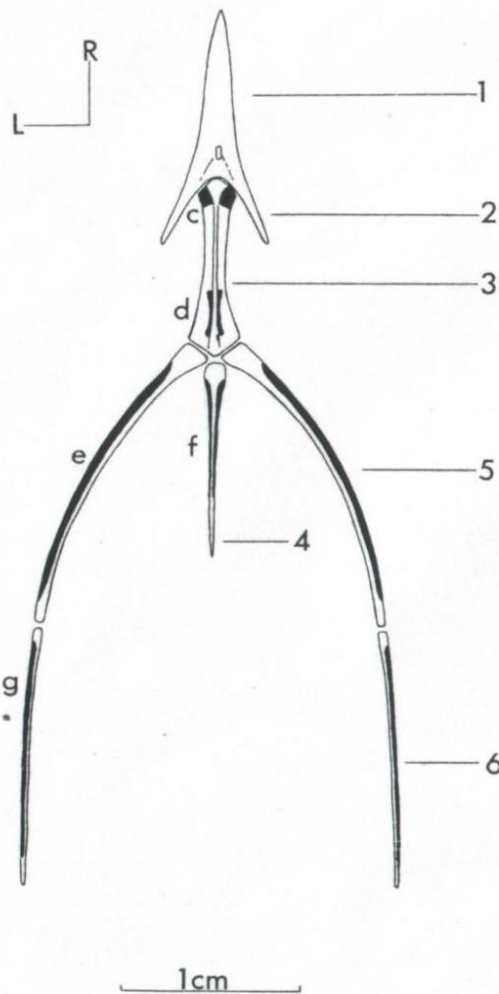


Figura. 4 Vista dorsal del hueso hioides de la gallina

1, Hueso paraglosal (entoglosal); 2, cuerno del hueso paraglosal; 3, hueso basibranquial rostral; 4, hueso urohial; 5, hueso ceratobranquial; 6, hueso epibranquial; R= rostral; L= izquierda Tomado de Sisson y Grossman, 2001.

#### 1.4 Cráneo de avestruz.

El cráneo del avestruz es el típico de las aves, aunque su paladar es paleognato, tiene muchas características craneales que son neoténicas en relación a otras aves tanto paleognatas como neognatas; por ejemplo las suturas del cráneo permanecen abiertas durante un tiempo considerable

después de la eclosión.

El cráneo está formado por dos partes: el cráneo propiamente dicho y la cara. Desde una vista lateral o dorsal, el cráneo es triangular, en línea con el ápice final del pico y con la base del occipucio. Los grandes globos oculares comprimen el hueso profundo de las órbitas hasta una delgada lámina intermedia, el septo interorbital. Caudalmente la cavidad craneal presenta el foramen magnum por donde pasa la médula espinal; el cóndilo occipital se sitúa ventralmente a este. La superficie dorsal del cóndilo tiene un surco que divide su parte superior en dos y lateralmente al cóndilo hay dos apófisis paracondilares donde se insertan los músculos (Deeming, 2001). La articulación de la mandíbula es llevada a cabo por el hueso cuadrado que se interpone entre la mandíbula y los huesos yugal y pterigoides por un lado, y los huesos escamoso y basiesfenoides por el otro. La articulación entre cráneo y la mandíbula está formada por cinco articulaciones sinoviales distintas: cuadratomandibular, cuadradoyugal, cuadradopterigoide, pterigobasiesfenoidal y cuadradoescamosa. Las articulaciones de la maxila están formadas por áreas elásticas y móviles de los huesos de la cara (Deeming, 2001).

El hueso hioides está formado por tres secciones centrales y cuatro caudo-laterales. Los segmentos centrales que van del rostro a la zona caudal son: el entoglosum, el basibranquial rostral y el basibranquial caudal. Los dos primeros sujetan la lengua, mientras que el último, está unido a la laringe. El aparato hioideo se suspende de la superficie ventral del cráneo por dos proyecciones caudo-laterales bisegmentadas: el primer segmento, el ceratobranquial, está unido con el basibranquial caudal y rostralmente mientras que el segundo segmento es cartilaginoso y está unido al cráneo (Deeming, 2001).

La entrada al oído está formada por dos gruesos pliegues de piel, los cuales forman una abertura oval vertical que está protegida por un gran número de plumas, desde ésta abertura se estrecha cranealmente para formar un corto meato auditivo. El tímpano es redondo y se sitúa oblicuamente con su parte dorsal de forma lateral y caudal a la parte ventral, se ensancha hacia fuera y se prolonga hacia la parte posterior. La cavidad del oído medio se sitúa entre el tímpano y el oído interno, contiene la columnela y se comunica con la cavidad oral a través de la trompa de Eustaquio. El oído interno está formado por laberintos membranosos y óseos (Deeming, 2001).

### 1.5 Alometría.

Las relaciones entre crecimiento y forma han sido objeto de profundos estudios por parte de los que se dedican a la biometría (Pirlot, 1976).

Uno de los métodos más utilizados para establecer esta relación es la alometría; que en su sentido más amplio describe cómo las características de los seres vivos cambian con el tamaño. El término se refiere originalmente a la relación de la escala entre el tamaño de una parte del cuerpo y el tamaño del cuerpo en su conjunto, ya que ambos crecen durante el desarrollo. Sin embargo, recientemente el significado del término alometría se ha modificado y ampliado para referirse a las relaciones de la escala biológica en general, ya sea por las características morfológicas (la relación entre el tamaño del cerebro y el tamaño corporal en los seres humanos adultos), los rasgos fisiológicos (la relación entre la tasa metabólica y el tamaño corporal de los mamíferos) o rasgos ecológicos (la relación entre el tamaño de las alas y el desempeño en el vuelo de las aves); de hecho las relaciones alométricas pueden describir casi cualquier covariación biológica (Frankino, Emlen, Shingleton, 2009). Los caracteres analizados pueden ser el tamaño de las porciones orgánicas, su forma, características fisiológicas o conductuales, pero el rango de caracteres considerados difiere entre los distintos conceptos de alometría; el dominio de la alometría es completamente morfofisiológico, y las medidas conciernen al tamaño la forma y la función (Gershenowies, 2007).

El concepto alometría fue acuñado por Julian Huxley y Georges Tessier en 1936, fue cuando se aplicó el término de crecimiento relativo. Huxley estudió la quela extremadamente grande del cangrejo violinista macho (*Uca pugnax*), y estaba interesado en cómo el cangrejo llegó a producir este tipo de rasgos exagerados. Él midió el tamaño del cuerpo y el tamaño de la quela de estos organismos en diferentes etapas de desarrollo; el resultado, al momento de graficar los datos, fue una relación curvilínea; cuando los datos se volvieron a graficar en una escala log-log, sorprendentemente la relación se volvió lineal. Aún más interesante fue el hecho de que la pendiente de esta línea fue mayor a 1; esto significa que para cualquier unidad de aumento en el tamaño corporal, a través del tiempo, existió un aumento proporcionalmente mayor en el tamaño de la quela (Gayon, 2000).

Con base en lo anterior Huxley propuso la ecuación de alometría simple que explica el fenómeno de crecimiento en los organismos:  $y=bx^\alpha$

Que al aplicarle logaritmo, con el propósito de volverla lineal, queda de la siguiente forma:  $\log y = \alpha \log x + \log b$

Donde, (x) es el tamaño del cuerpo; (y) es el tamaño de los órganos, el log de (b) es la intersección de la recta con el eje de la (y), y ( $\alpha$ ) es la pendiente de la recta, también conocido como coeficiente de alometría (Gayon, 2000).

Desde el punto de vista del valor de la pendiente de la recta de regresión la alometría se puede clasificar de acuerdo con Gershenowies (2007) en:

**Isometría:** La proporción (Y/X) que relaciona la magnitud morfofisiológica del órgano en cuestión (Y) con respecto al tamaño total u otra medida de referencia, (X) es la misma cualquiera que sea el tamaño de los individuos comparados.

**Alometría positiva:** La proporción (Y/X) es mayor conforme es mayor el tamaño corporal del individuo.

**Alometría negativa:** La proporción (Y/X) es menor conforme es mayor el tamaño corporal del individuo. No significa necesariamente que exista correlación negativa.

**Relación inversa:** Este tipo de relación ocurre cuando se presenta alometría negativa pero la pendiente de la recta de regresión es menor a cero; lo que ocurre es que la proporción de (Y) se reduce mientras que la de (X) aumenta.

De la misma manera Gershenowies (2007) también clasifica la alometría a partir del punto de vista de lo que se compara y la divide en tres tipos:

**Ontogenética:** Se comparan los caracteres medidos en el mismo individuo en diferentes momentos de su desarrollo, o si ello no es posible, diferentes sujetos de la misma especie que se encuentren en las distintas etapas de desarrollo.

**Filogenética:** se comparan los caracteres medidos en distintos individuos que forman series filéticas de preferencia adultos y en el mismo estado de desarrollo incluyendo tanto a organismos fósiles como actuales.

***Estática:*** La cual refleja la covariación del carácter entre los individuos en una fase ontogenética particular y dentro de una población. Es “estática” en el sentido que representa una instantánea de la variabilidad individual, eliminando la influencia tanto de la dinámica como evolutiva.

La alometría estática a su vez se puede dividir en dos subtipos:

a) *Interespecifica:* Los individuos que se comparan frecuentemente son adultos en un mismo estado de desarrollo, pero de diferente especie.

b) *Intraespecifica* donde los individuos que se comparan frecuentemente son adultos, en un mismo estado de desarrollo, y de la misma especie.

## 2.- Antecedentes.

En 1957 Webb describió la ontogenia de los huesos craneales, nervios periféricos y parasimpáticos junto con un estudio de los músculos viscerales del avestruz, para esto, él utilizó material usado por Frank (1954) además de este material, empleó embriones de 17, 27 y 37 días de edad; además contó con 36 cráneos de avestruz adulto seleccionados al azar, y para el análisis comparativo seleccionó *Rhea americana* y *Crypturellus sp.* Encontrando: que el cráneo del avestruz sigue el patrón general del cráneo de las aves, sin embargo, presenta varias características neoténicas al compararlos con otros paleognatos y neognatos. Webb (1957) encontró que la artrosis entre el vómer y el premaxilar está presente en el embrión pero ausente en el adulto y así mismo está presente en los adultos de los otros paleognatos, el orbitoesfenoides no está presente; el tabique se osifica como el mesetmoides que aparece en la superficie dorsal. Sólo se encuentran presentes dos huesos circunorbitales: el lacrimal y el yugal. En el oído se encuentran solo dos centros de osificación: el opistótico y el preótico.

El cuadrado tiene un único cóndilo elongado de el proceso ótico que articula con el escamoso. La mandíbula se encuentra formada por cinco huesos. La musculatura del trigémino es reducida y muestra características neoténicas muy definidas. Los nervios craneales periféricos tienen el patrón general de las aves. Los nervios craneales parasimpáticos se encuentran bien desarrollados en el embrión pero muestran signos definidos de reabsorción en los estadios posteriores del desarrollo. El aparato hioideo es principalmente cartilaginoso; la musculatura del hioides está reducida.

En 1996, Deeming y colaboradores, cuantificaron el peso y la condición del cuerpo de más de cien avestruces (*Struthio camelus*) de diferentes edades para investigar qué medidas del cuerpo eran los mejores estimadores del peso y la estructura corporal; para ello se utilizaron ochenta y cuatro pollitos recién nacidos que se midieron continuamente hasta ser sub-adultos (menos de dos años de edad) adicionalmente se utilizaron 38 avestruces adultos (17 machos y 21 hembras). Los estimadores y la estructura corporal se determinaron tomando las medidas de la siguiente manera: La longitud máxima de la cabeza,



desde la punta del pico hasta la parte posterior del cráneo; la longitud de la espalda, desde la punta de la cola (excluyendo las plumas) hasta la unión de las vertebrae cervicales y torácicas; la circunferencia del abdomen, fue medida detrás de las caderas en una muesca del hueso iliaco de la pelvis; la circunferencia del tórax, se evaluó detrás de los hombros en la muesca de la unión entre las vertebrae cervicales y torácicas; la longitud tibiotarsal, se tomó en el lado lateral de la pierna desde la parte delantera de la rotula hasta la parte posterior de la corva; la longitud del tarsometatarso, se estimó a partir del lado caudal de la pierna incluyendo la parte posterior de la corva hasta la articulación de la falange; la longitud de las alas, fue tomada desde la parte inferior de la articulación del hombro hasta la punta de la garra siguiendo la curvatura del ala; la altura desde el punto más elevado de la espalda al piso, fue cuantificada mediante la colocación de una barra horizontal, desde dicho punto al suelo, mientras el ave se mantuvo de pie y quieta.

Los investigadores encontraron que de los mejores estimadores para las aves en crecimiento son la circunferencia abdominal y un elemento esquelético de la longitud tibiotarsal y para los adultos, la longitud de la espalda.

En 2000, Vassallo analizó las proporciones del cráneo en varias especies de roedores caviomorphos de diferente tamaño corporal (este estudio es de gran importancia por ser de los pocos trabajos que abordan el análisis alométrico del cráneo de los vertebrados por esta razón, se menciona en el presente trabajo de tesis) se utilizaron 78 especímenes correspondientes a 19 especies del suborden Caviomorpha. En dichos especímenes se midieron: longitud del basicráneo (basioccipital + basiesfenoides), longitud del rostro, longitud del diastema, longitud. Del brazo de palanca externo de los maseteros para los incisivos (distancia desde el cóndilo mandibular al extremo de los incisivos), longitud de la arcada zigomática, ancho máximo de la mandíbula entre los procesos angulares, altura del cóndilo mandibular hasta el nivel de la serie dentaria, longitud máxima de la bula timpánica y ancho de los incisivos superiores. Se encontró una alometría positiva en la longitud rostral, indicativa de que las especies de mayor tamaño corporal, poseen un rostro proporcionalmente más largo, hecho que concuerda en otros órdenes de mamíferos. Sin embargo, los brazos de palanca internos y externos de la

musculatura abductora de los maseteros presenta entre sí una relación de isometría; evidenciando una constancia de la forma posiblemente asociada al diseño estructural básico.

En 2004 Van der Meij y Bout, Evaluaron el tamaño del músculo de la quijada y la fuerza máxima de la mordedura en pinzones, estudiando dos familias Fringillidae y Estrildidae, comparando la capacidad y el tiempo para quitar la cáscara de semillas duras, puesto que, se relaciona con la fuerza de la mordedura. También investigaron si hay una diferencia significativa entre la masa muscular de la quijada y la fuerza máxima de la mordedura; el análisis demuestra que los Fringillidae tienen músculos de la quijada relativamente más grandes y pueden producir mordeduras más fuertes que los Estrildidae que tengan el mismo tamaño corporal, por tanto, concluyeron que la longitud de la fibra del músculo tiene una alometría negativa con respecto al tamaño del cuerpo, así como, el tamaño del músculo depende de la dieta.

En 2005 Sander y colaboradores evaluaron la cinésis craneal en tres especies de aves paleognatas: *Struthio camelus*, *Rhea americana*, y *Dromaius novaehollandiae*; encontraron que la capacidad de elevar el pico en aves es provocada por los músculos caudales del cráneo y estas fuerzas se transfieren sobre las piezas móviles del mismo, vía el complejo pterigoideo-palatino, el cual desempeña un papel esencial en la cinésis craneal, la que compararon entre aves paleognatas y neognatas. Determinaron que en paleognatos no hay zonas de flexión claras, a diferencia de neognatos; pues la fuerza del músculo es suficiente para elevar la maxila, por tanto, se concluyó que la morfología de ésta y el complejo pterigoideo-palatino no están diseñados para una cinésis craneal activa, pero están adaptados a las fuerzas externas, las cuales pueden causar una elevación de la maxila durante la alimentación.

### **3.- Justificación.**

Si bien existen investigaciones sobre la descripción del cráneo y del esqueleto axial del avestruz, no se han realizado trabajos que exploren la alometría estática del cráneo de este organismo; de aquí la importancia del presente estudio; en el cual se determinó la relación alométrica de las diferentes medidas craneales para deducir la relación entre la variación del tamaño y la forma de esta estructura anatómica. Y de esta manera, dilucidar si existen cambios de forma de acuerdo al tamaño en el cráneo en los organismos adultos de esta especie.

#### **4.- Objetivos.**

##### ***General.***

Establecer la relación alométrica estática de las diferentes medidas morfométricas del cráneo de avestruz (*Struthio camelus*).

##### ***Particulares.***

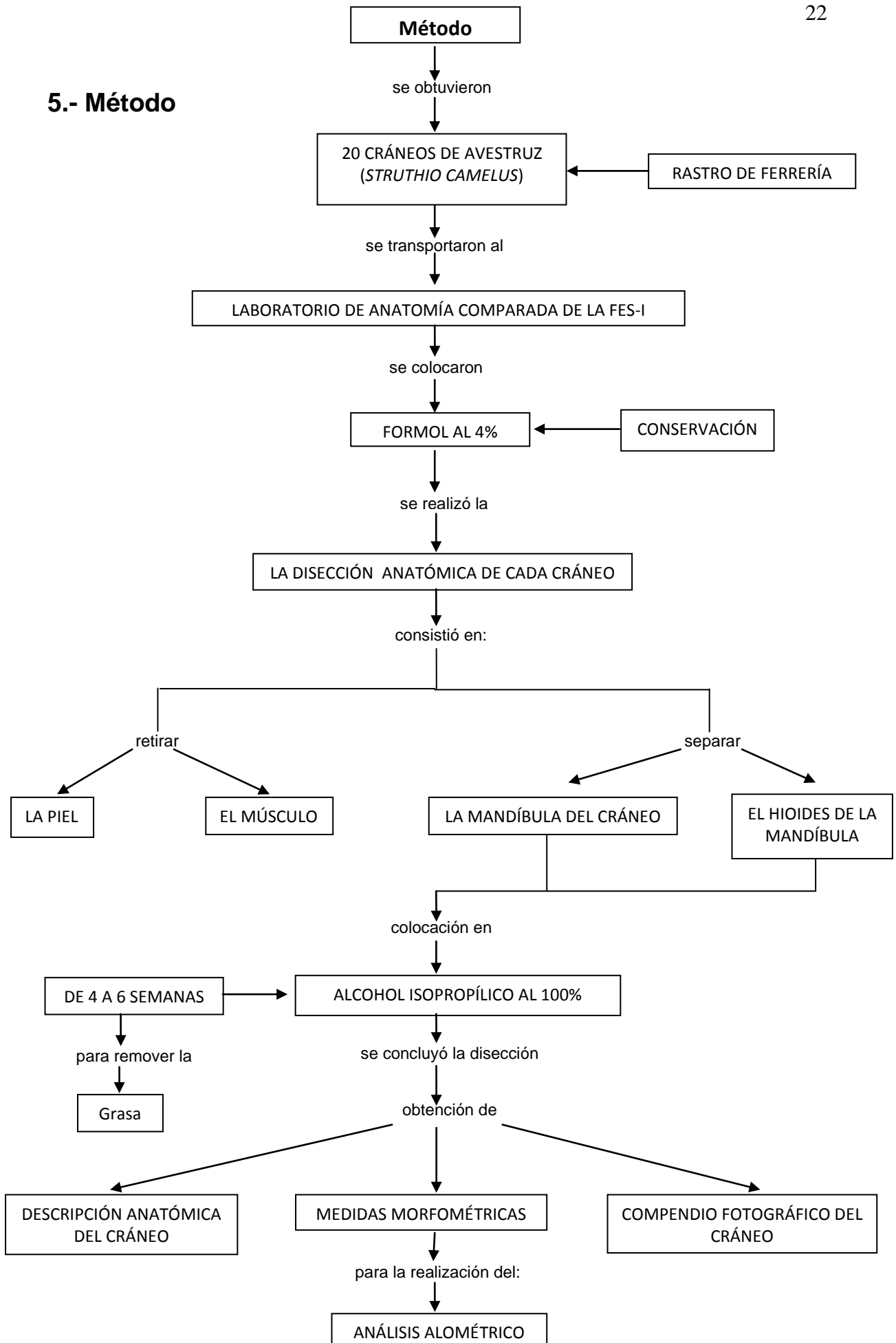
Obtener las principales medidas morfométricas del cráneo de avestruz (*Struthio camelus*).

Realizar el análisis alométrico de las principales medidas morfométricas del cráneo de avestruz (*Struthio camelus*).

Contribuir a la descripción del cráneo de avestruz (*Struthio camelus*).

Formar el compendio fotográfico del cráneo de avestruz (*Struthio camelus*).

## 5.- Método



**5.1 Obtención de los cráneos de avestruz:** Se obtuvieron veinte cráneos de avestruz (*Struthio camelus*) de organismos adultos en el rastro de Ferrería. Dado que no presentan dimorfismo sexual en el cráneo el sexo de los organismos no se tomo en cuenta. Los cráneos se transportaron en bolsas de plástico selladas, al laboratorio de Anatomía Animal Comparada de la Facultad de Estudios superiores Iztacala donde se colocaron en una solución de formol al 4% para su conservación (Figura 5).



Figura. 5 Vista lateral del cráneo de avestruz antes de realizar la disección

**5.2 Disección anatómica:** Cada cráneo se numeró, se etiqueto y se le realizó su correspondiente disección anatómica; la cual consistió en: Primeramente, desollar, separando completamente la piel del músculo con ayuda de un bisturí del número 4 y una navaja del número 24, una vez que la piel fue removida, se prosigió a retirar la capa superficial de músculo (Figura 6) para posteriormente continuar con la musculatura profunda (Figura 7), concluido este proceso, se procedió a separar la mandíbula del cráneo, cortando los ligamentos que la unían al hueso cuadrado (Figuras 8 y 9). El hueso hioides se separó de la mandíbula con ayuda de unas tijeras de disección cortando el tejido y la musculatura que lo mantenían unida a esta (Figura 10), una vez terminado este paso, se procedió a extraer los ojos y para esto se cortó siguiendo el borde de los mismos y la inserción de los seis músculos oculares que los sostienen, así como, el nervio óptico; ya obtenidos los ojos, se colocaron en frascos separados con una solución de formol al 4% para su conservación.



Figura. 6 Vista lateral del cráneo de avestruz después de de retirar la piel.



Figura. 7 Vista lateral del cráneo de avestruz después de retirarle la primera capa de musculo.



Figura. 8 Vista lateral del cráneo de avestruz sin musculatura profunda y con la mandíbula ya desarticulada.



Figura. 9 Vista lateral de la mandíbula del avestruz desarticulada del cráneo.



Figura. 10 Vista lateral del hueso hioides desarticulado.

El cerebro se retiró a través del foramen magnum con ayuda de unas pinzas de disección y un bisturí del número 3 y una navaja del número 15 posteriormente se eliminó la grasa de los cráneos, para lo cual se colocaron en alcohol isopropílico al 100% de tres a cinco semanas (Figuras 11, 12 y 13), al término de las cuales se continuó retirando los restos de tejido blando y del periostio que recubre al hueso; si los cráneos llegaban a presentar todavía grasa se colocaban en el alcohol isopropílico de 24 a 48 horas, posteriormente se retiraban del alcohol y se continuaba con la disección; este proceso se repitió hasta eliminar por completo la grasa y lo más posible del tejido residual (membranoso y muscular) del cráneo.





Figura. 11 vista lateral del cráneo de avestruz antes de entrar al alcohol isopropílico.



Figura. 12 Vista lateral de la mandíbula del avestruz antes de entrar al alcohol isopropílico.

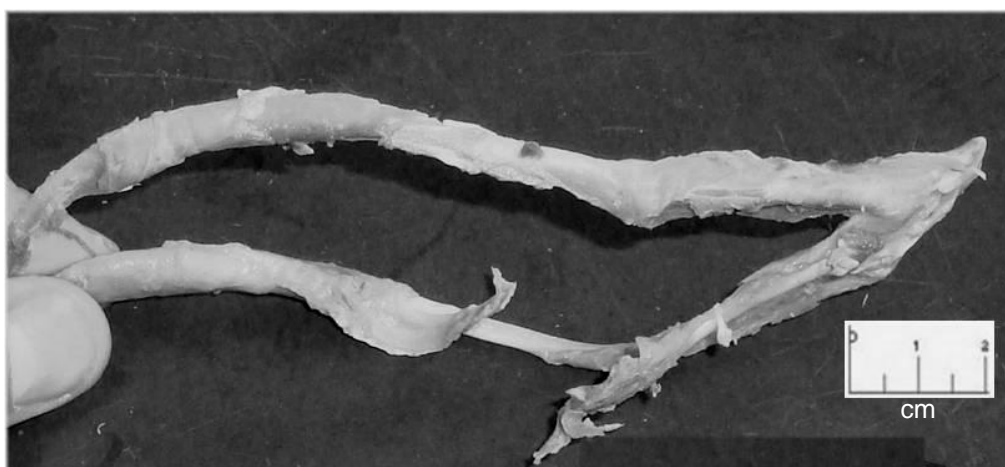


Figura. 13 Vista lateral del hueso hioides antes de entrar al alcohol isopropílico.

Una vez que la grasa y el tejido residual fue eliminado por completo de los cráneos, estos se retiraban del alcohol isopropílico y se dejaban secar por completo de 12 a 24 horas (Figuras 14, 15 y 16); si era necesario retirar algún tejido residual los cráneos se rehidrataban con agua durante media hora y se procedía a eliminarlo; de ser necesario este proceso se repetía hasta completar la disección (Figuras 17, 18 y 19).



Figura. 14 Vista lateral del cráneo de avestruz después de salir del alcohol isopropílico.



Figura. 15 Vista lateral de la mandíbula del avestruz después de salir del alcohol isopropílico.



Figura. 16 Vista lateral del hioides después de salir del alcohol isopropílico.



Figura. 17 Vista lateral del cráneo de avestruz con la disección terminada.



Figura. 18 Vista lateral de la mandíbula de avestruz con la disección terminada.

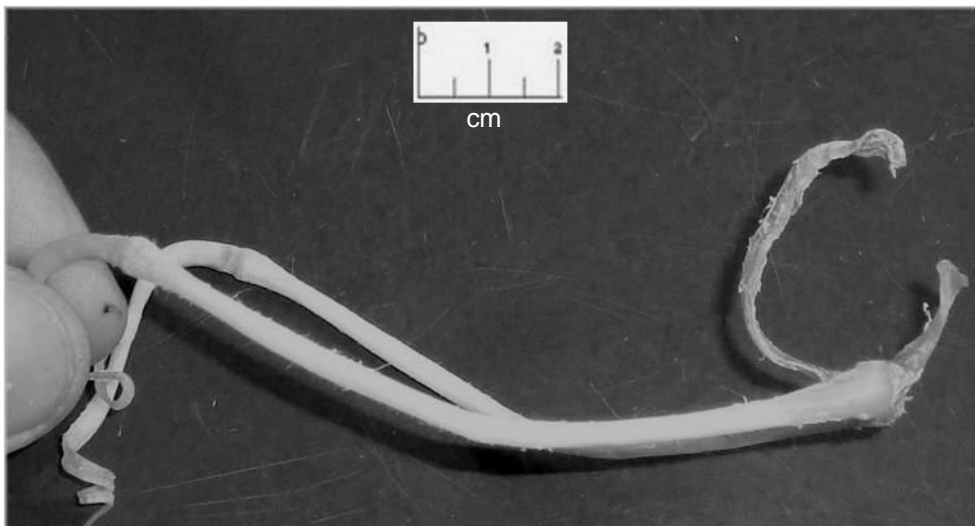


Figura. 19 Vista lateral del hioides con la disección terminada.

**5.3 Medición de las diferentes medidas morfométricas:** Posteriormente se tomaron las medidas morfométricas, cuya delimitación fueron decididas con el asesor de esta tesis, ya que no se encontraron en la literatura consultada medidas morfométricas para determinar el modelo alométrico del avestruz, ni de otra ave; el criterio considerado fue el largo, ancho, grosor y en algunos casos altura de cada estructura, para obtener diferentes medidas se utilizó un vernier con una precisión de 0.05 cm.

Las medidas morfométricas consideradas para el presente trabajo fueron:

1. Longitud total del cráneo (Figura 20).
2. Altura de la caja craneana (Figura 20).
3. Altura de la narina (Figura 20).

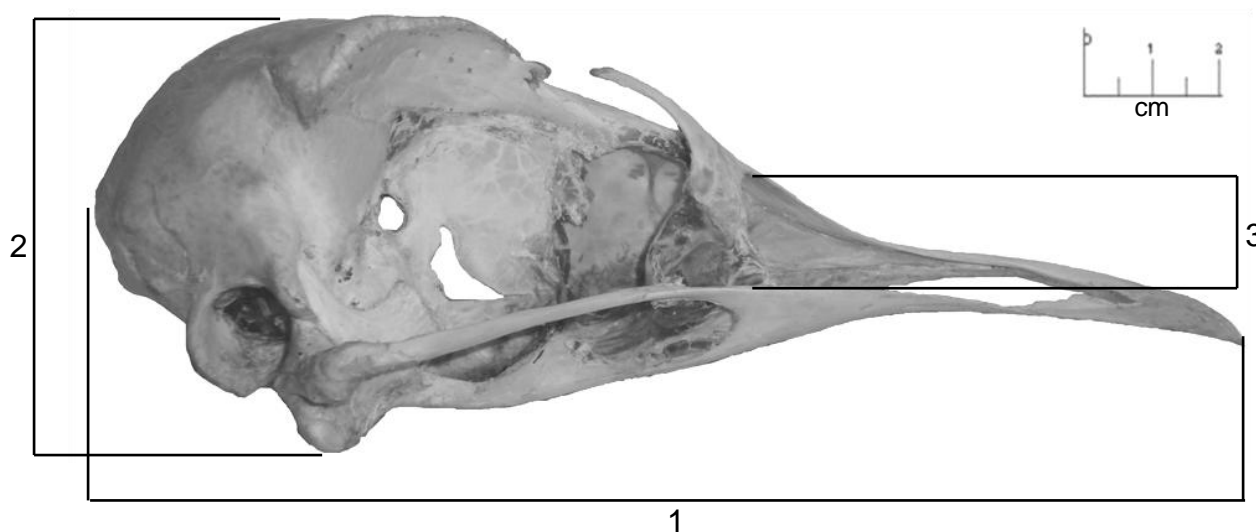


Figura. 20 Vista lateral del cráneo de avestruz donde se señalan las siguientes medidas morfométricas: 1) Longitud total del cráneo; 2) Altura de la caja craneana; 3) Altura de la narina.

4. Máxima anchura de la caja craneana (Figura 21).

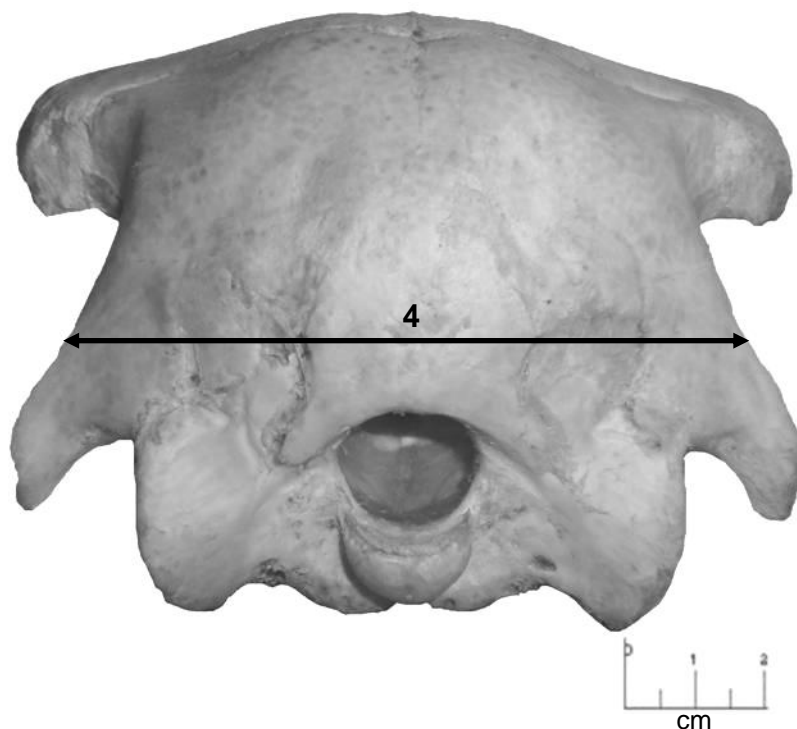


Figura. 21 Vista nupal del cráneo de avestruz donde se señala la siguiente medida morfométrica: 4) Máxima anchura de la caja craneana.

5. Largo de la maxila (Figura 22).

6. Altura de la maxila rostralmente a la abertura nasal (Figura 22).



Figura. 22 Vista lateral del cráneo de avestruz donde se señalan las siguientes medidas morfométricas: 5) Largo de la maxila; 6) Altura del maxilar rostralmente a la abertura nasal; 10) Puente internasal.

7. Anchura de la caja craneana a nivel del proceso post-orbital (Figura 23).
8. Menor anchura del cráneo de la región inter-orbital (Figura 23).
9. Anchura del cráneo de la región del borde dorsal del hueso lacrimal (Figura 23).
10. Puente internasal (Figura 22).
11. Largo de la maxila a partir de la abertura nasal (Figura 23).

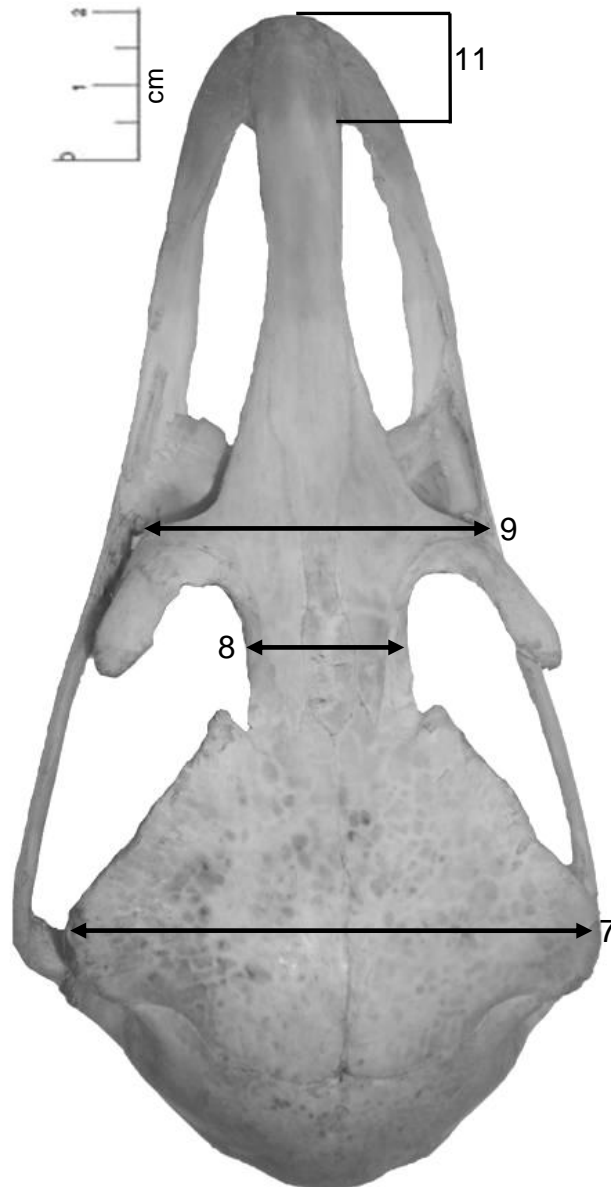


Figura. 23 Vista dorsal del cráneo de avestruz donde se señalan las siguientes medidas morfométricas: 7) Anchura de la caja craneana a nivel del proceso post-orbital; 8) Menor anchura del cráneo de la región inter orbital; 9) Anchura del cráneo de la región del borde dorsal del hueso lacrimal; 11) Largo del maxilar a partir de la abertura nasal.

12. Largo total de la mandíbula (Figura 24).
13. Largo del sinfisis mandibular (Figura 24).

14. Altura de la mandíbula a nivel de la fenestra mandibular (Figura 24).

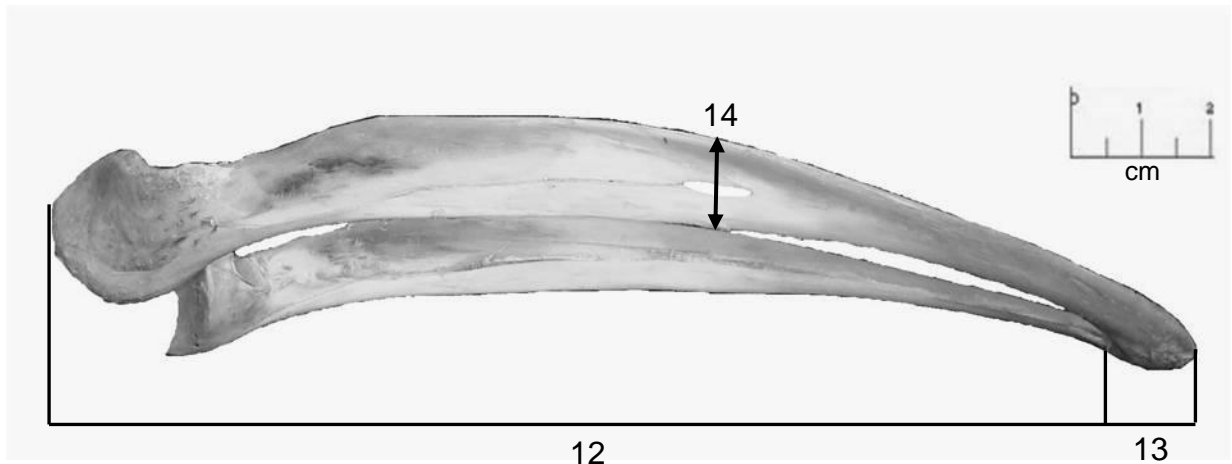


Figura. 24 Vista lateral de la mandíbula del avestruz donde se señalan las siguientes medidas morfológicas: 12) Largo total de la mandíbula; 13) Largo del sínfisis mandibular; 14) Altura de la mandíbula a nivel de la fenestra mandibular.

15. Distancia entre los exoccipitales (Figura 25).

16. Diámetro del cóndilo occipital (Figura 25).

17. Longitud total del foramen del foramen magnum (Figura 25).

18. Grosor máximo del foramen magnum (Figura 25).

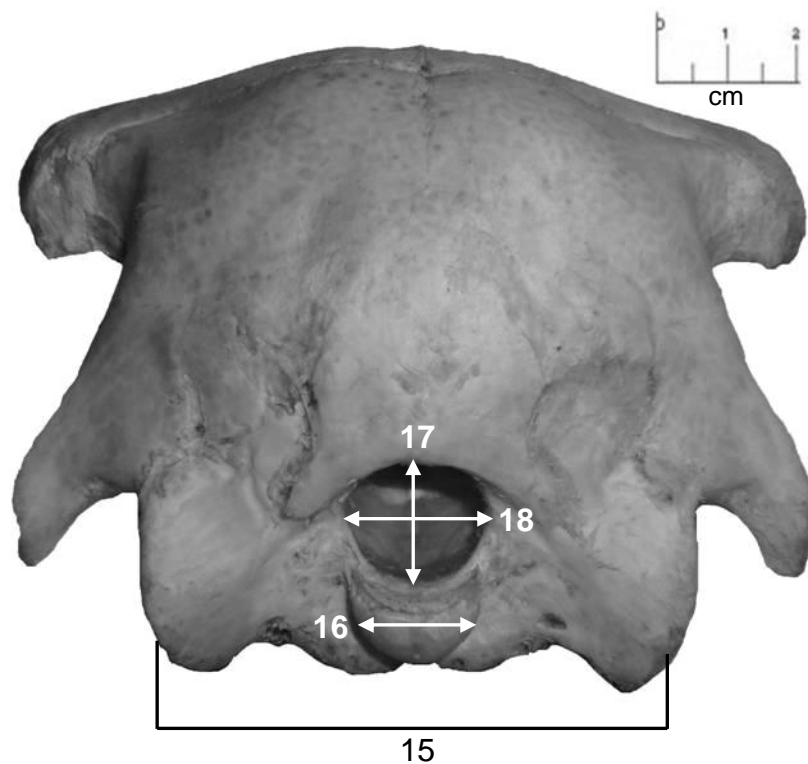


Figura. 25 Vista nupal del cráneo de avestruz donde se señalan las siguientes medidas morfológicas: 15) Distancia entre los exoccipitales; 16) Diámetro del cóndilo occipital; 17) Longitud total del foramen del foramen magnum. 18) Grosor máximo del foramen magnum.

19. Longitud total del paraesfenoides (Figura 26).
20. Grosor máximo del paraesfenoides (Figura 26).
21. Longitud total del basiesfenoides (Figura 26).
22. Grosor máximo del basiesfenoides (Figura 26).
23. Longitud total del pterigoides (Figura 26).
24. Grosor máximo del pterigoides (Figura 26).

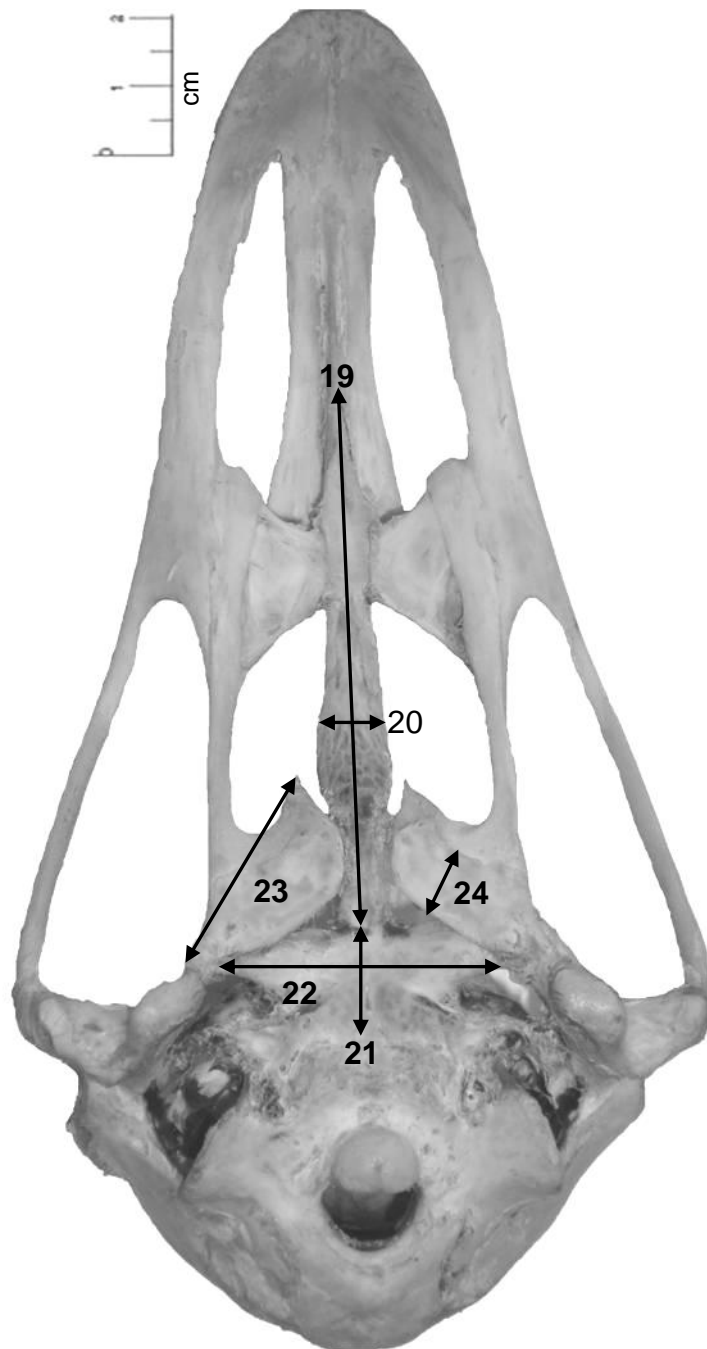


Figura. 26 Vista ventral del cráneo de avestruz donde se señalan las siguientes medidas morfológicas: 19) Longitud total del paraesfenoides; 20) Grosor máximo del paraesfenoides; 21) Longitud total del basiesfenoides; 22) Grosor máximo del basiesfenoides; 23) Longitud total del pterigoides; 24) Grosor máximo del pterigoides.



25. Longitud total del vómer (Figura 27).

26. Longitud máxima del vómer (Figura 27).

27. Grosor máximo del vómer (Figura 27).

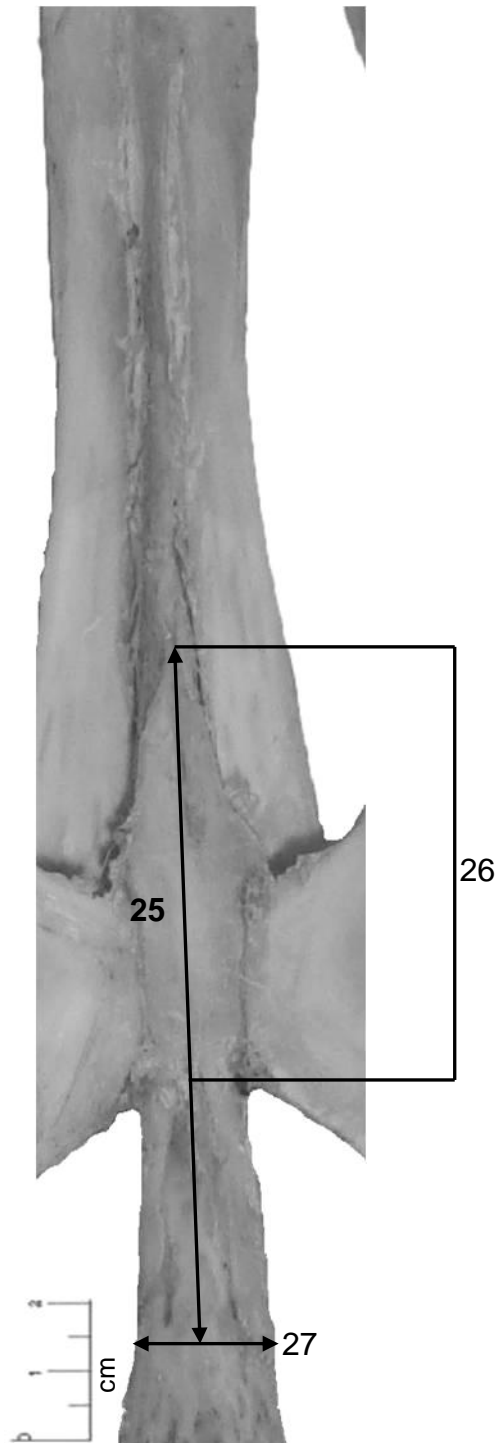


Figura. 27 Vista ventral del vómer donde se señalan las siguientes medidas morfométricas: 25) Longitud total del vómer; 26) Longitud máxima del vómer; 27) Grosor máximo del vómer.

28. Longitud total del palatino (Figura 28).
29. Grosor posterior del palatino (Figura 28).
30. Grosor anterior del palatino (Figura 28).
31. Anchura máxima del maxilopalatino (Figura 28).
32. Grosor distal del maxilopalatino (Figura 28).
33. Grosor proximal del maxilopalatino (Figura 28).

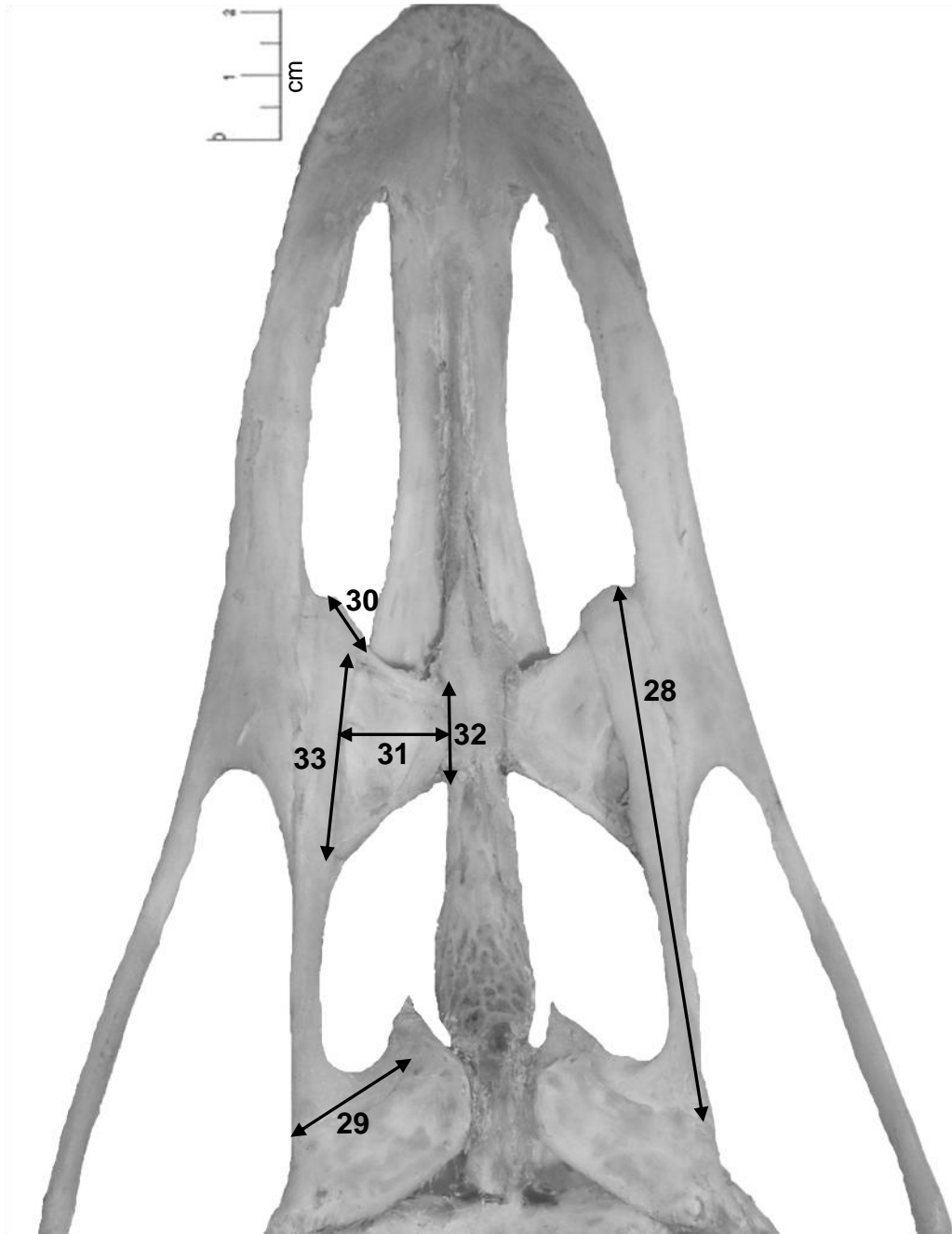


Figura. 28 Paladar del avestruz donde se señalan las siguientes medidas morfométricas: 28) Longitud total del palatino; 29) Grosor posterior del palatino; 30) Grosor anterior del palatino; 31) Anchura máxima del maxilopalatino; 32) Grosor distal del maxilopalatino; 33) Grosor proximal del maxilopalatino.

**5.4 Análisis alométrico:** Los cálculos para la realización del análisis alométrico se hicieron capturando las medidas morfométricas en columnas en el programa excell; a los datos se les obtuvo su logaritmo de base 10 para posteriormente llevar a cabo la regresión potencial utilizando el programa Statiscal versión 8; además se obtuvo una matriz de 33X33, siendo un total de 1089 correlaciones que de estas solo se consideraron las que fueron estadísticamente significativas en su correlación ( $P < 0.05$ ) quedando únicamente 59 relaciones a las cuales se les aplicó la prueba de “t” para verificar el tipo de alometría presente; los criterios para determinar el tipo de alometría fueron:

$\alpha = 1$  isometría.

$\alpha > 1$  alometría positiva.

$0 < \alpha < 1$  alometría negativa (si la pendiente de la recta de regresión es menor a cero se considera como relación inversa)

**5.5 Descripción anatómica del cráneo de avestruz:** Se realizó tomando como referencia el trabajo de Webb, (1957); para la descripción anatómica se utilizó como base el cráneo el número 17, por ser uno de los cráneos que presentaba las estructuras mejor preservadas y delimitadas, Para la descripción del oído interno se utilizó el cráneo número 3; al cual, se le efectuó un corte longitudinal con la ayuda de una segueta para madera, se eligió este cráneo puesto que presentaba una fractura en el techo de la bóveda craneal causada, posiblemente durante el sacrificio, esto no representó ningún inconveniente dado que la estructura a estudiar estaba intacta. Del mismo cráneo se obtuvo el hueso cuadrado, el cual, se cortó con la segueta a la altura de su unión con el hueso yugal.

**5.6 Compendio fotográfico:** Se elaboró con los cráneo número 17 y número 3 (oído interno y hueso cuadrado), utilizando una cámara digital marca Sony con una resolución de 7.2 megapíxeles. Las fotos del cráneo, la mandíbula y el hueso hioides se tomaron con un zoom de 1.4X para sus vistas dorsal, ventral, lateral y nugal; mientras que, en las fotos del oído interno, la cápsula auditiva y el hueso cuadrado se utilizó un zoom de 2.0X. El compendio fotográfico se presenta en el anexo “A”, junto con la descripción anatómica del cráneo de avestruz.

## 6.- Resultados.

Los resultados presentados en las tablas de la 1 a la 10, muestran que para el conjunto de los caracteres del cráneo estudiados se verifican: relaciones del tipo alométrico positivas, alométrico negativas e isométricas, así como, las que presentan una relación del tipo inversa; estas relaciones explican la variación de crecimiento que existe en el cráneo adulto del avestruz. Para determinar el tipo de alometría, se realizó una prueba de hipótesis estadística, donde se obtuvo la “t teórica” (TO) como referencia para posteriormente calcular la “t calculada” (Tcal) y establecer qué alometría está presente en cada relación, puesto que si Tcal es un valor mayor que el de TO y se encuentra en el lado negativo del eje de la “x”, fuera del área bajo la curva se considera que es alometría positiva; de igual manera si Tcal, es mayor que TO y se encuentra del lado positivo del eje de la “x” fuera del área bajo la curva se considera que es alometría negativa; mientras que si Tcal se encuentra entre los valores de TO, debajo del área bajo la curva se considera como isometría; por último, si se presenta alometría negativa, pero el coeficiente de alometría (pendiente) es negativo, se presenta relación del tipo inversa.

A continuación, se presentan los estadísticos y los símbolos que se utilizaron para el análisis alométrico:

**Coeficiente de alometría ( $\alpha$ ):** Es la recta de regresión e indica la como se da la velocidad de crecimiento de la relación.

**R:** Es el valor de la relación.

**P:** Es la probabilidad de la relación si  $P < 0.05$  se dice que la probabilidad es significativa y si  $P > 0.05$  se considera como no significativa y por ende esa relación no es alométrica.

**TO:** Es la “t” teórica que determina el área bajo la curva.

**Tcal:** Es la “t” calculada que determina en que área bajo la curva se encuentra la relación y qué tipo de alometría presenta.

**b:** Factor de condición.

Tabla 1. Se muestra la relación existente entre cada par de variables que se compararon.

No. de relación	Relación	Análisis alométrico	Factor de condición (b)	Conclusión
1	Longitud total del cráneo (var 1) / Largo de la maxila (var 5)	Coeficiente de alometría= 0.4361 Ordenada= 0.4188 R=0.4480; P=.048 TO.05= 2.101 Tcal.= 2.7489 Alometría negativa	2.6230	Alometría negativa, el largo de la maxila crece a un ritmo menor que la longitud total del cráneo, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
2	Longitud total del cráneo (var 1) / Altura de la maxila rostralmente a la abertura nasal (var 6)	Coeficiente de alometría=-2.3353 Ordenada= 3.0041 R= -0.4575; P= 0.043 TO.05= 2.101 Tcal= 3.1180 Relación inversa	1009.4853	Relación inversa, se reduce la altura de la maxila rostralmente a la abertura nasal en proporción a la longitud total del cráneo, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
3	Longitud total del cráneo (var 1) / Anchura del cráneo en la región del borde dorsal del hueso lacrimonasal (var 9)	Coeficiente de alometría= 0.8498 Ordenada= -0.3545 R= 0.4508; P=.046 TO.05= 2.101 Tcal= 0.3787 Isometría	0.4420	Isometría la longitud total del cráneo crece al mismo ritmo que la anchura del cráneo en la región dorsal del hueso lacrimonasal, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
4	Longitud total del cráneo (var 1) / Puente internasal (var 10)	Coeficiente de alometría= 4.1543 Ordenada= -5.9763 R= 0.5467; P=.013 TO.05= -2.101 Tcal.= -2.1036 Alometría positiva	$1.0506 \times 10^{-6}$	Alometría positiva el puente internasal crece a un ritmo mayor que la longitud total del cráneo, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
5	Longitud total del cráneo (var 1) / Largo total de la mandíbula (var 12)	Coeficiente de alometría = 1.2895 Ordenada= -0.4775 R= 0.8637; P=-.0001 TO.05= 2.101 Tcal.= -1.6325 Isometría	0.3330	Isometría la longitud total del cráneo crece al mismo ritmo que el largo total de la mandíbula, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
6	Longitud total del cráneo (var 1) / Longitud total del paraesfenoides (var 19)	Coeficiente de alometría= 0.8614 Ordenada= -0.1565 R= 0.4701; P=.036 TO.05= 2.101 Tcal= 0.3635 Isometría	0.6974	Isometría la longitud total del cráneo crece al mismo ritmo que la longitud total del paraesfenoides, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.

Tabla 2. Se muestra la relación existente entre cada par de variables que se compararon.

No. de relación	Relación	Análisis alométrico	Factor de condición (b)	Conclusión
7	Longitud total del cráneo (var 1) / Grosor máximo del basiesfenoides (var 22)	Coeficiente de alometría= 0.9695 Ordenada= -0.6793 R= 0.6208; P=.003 TO.05= 2.101 Tcal= 0.1053 Isometría	0.2092	Isometría, la longitud total del cráneo crece al mismo ritmo que el grosor máximo del basiesfenoides, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
8	Longitud total del cráneo (var1) / Grosor máximo del pterigoides (var 24)	Coeficiente de alometría= 0.8456 Ordenada= -1.009 R= 0.4933; P= .027 TO.05= 2.101 Tcal.= 0.4400 Isometría	0.0979	Isometría, la longitud total del cráneo crece al mismo ritmo que el grosor máximo del pterigoides, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
9	Altura de la caja craneana (var 2) / Altura de la maxila rostralmente a la abertura nasal (Var 6)	Coeficiente de alometría= -2.5856 Ordenada= 2.0573 R= -0.4537; P= 0.045 TO.05= 2.101 Tcal.= 2.9954 Relación inversa	114.1037	Relación inversa, se reduce la altura de la maxila rostralmente a la abertura nasal en proporción a la altura de la caja craneana, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
10	Altura de la caja craneana (var 2) / Grosor máximo del paraesfenoides (var 20)	Coeficiente de alometría= 2.1622 Ordenada= -1.7991 R= 0.5358; P= .015 TO.05= 2.101 Tcal= -1.4473 Isometría	0.0158	Isometría, la altura de la caja craneana crece al mismo ritmo que el grosor máximo del paraesfenoides, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
11	Altura de la narina (var 3) / Grosor máximo del foramen magnum (var 18)	Coeficiente de alometría= -0.2837 Ordenada= 0.2243 R= -0.3799; P= .041 TO.05= 2.101 Tcal= 7.8830 Relación inversa	1.6761	Relación inversa, se reduce el grosor del foramen magnum en proporción a la altura de la narina, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
12	Máxima anchura de la caja craneana (var 4) / Largo de la maxila (var 5)	Coeficiente de alometría= 0.3647 Ordenada= 0.7265 R= 0.5541; P= .011 TO.05= 2.101 Tcal.= 4.9191 Alometría negativa	5.3272	Alometría negativa, el largo de la maxila crece a un ritmo menor que la máxima anchura de la caja craneana, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.

Tabla 3. Se muestra la relación existente entre cada par de variables que se compararon.

No. de relación	Relación	Análisis alométrico	Factor de condición (b)	Conclusión
13	Máxima anchura de la caja craneana (var 4) / Distancia entre los exoccipitales (var 15)	Coeficiente de alometría = 0.5444 Ordenada= 0.2697 R= 0.6218; P= .003 TO.05= 2.101 Tcal.=2.8188 Alometría negativa	1.8608	Alometría negativa, la distancia entre los occipitales laterales crecen a un menor ritmo que la máxima anchura de la caja craneana, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
14	Máxima anchura de la caja craneana (var 4) / Longitud total del paraesfenoides (var 19)	Coeficiente de alometría= 0.5169 Ordenada= 0.5066 R= 0.4117; P= .028 TO.05= 2.101 Tcal= 1.8201 Isometría	3.2107	Isometría, la máxima anchura de la caja craneana crece al mismo ritmo que la longitud total del paraesfenoides, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
15	Largo de la maxila (var5) / Largo total de la mandíbula (var 12)	Coeficiente de alometría= 0.7019 Ordenada= 0.5464 R= 0.4576; P= .042 TO.05= 2.101 Tcal= 0.9270 Isometría	3.5188	Isometría, el largo de la maxila crece al mismo ritmo que el largo total de la mandíbula, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
16	Largo de la maxila (var 5) / Distancia entre los exoccipitales (var 15)	Coeficiente de alometría = 0.6764 Ordenada= 0.0043 R= 0.5085; P= .022 TO.05= 2.101 Tcal= 1.1986 Isometría	1.009	Isometría, el largo de la maxila crece al mismo ritmo que la distancia entre los occipitales laterales, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
17	Largo de la maxila (var 5) / Longitud total del paraesfenoides (var19)	Coeficiente de alometría = 1.0694 Ordenada= -0.0750 R= 0.5681; P= .009 TO.05= 2.101 Tcal.= -0.1902 Isometría	0.8413	Isometría, el largo de la maxila crece al mismo ritmo que la longitud total del paraesfenoides, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
18	Largo de la maxila (var 5) / Longitud total del pterigoides (23)	Coeficiente de alometría= 0.9347 Ordenada= -0.4215 R= 0.4532; P= .045 TO.05= 2.101 Tcal= 0.1506 Isometría	0.3788	Isometría, el largo de la maxila crece al mismo ritmo que la longitud total del paraesfenoides, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.

Tabla 4. Se muestra la relación existente entre cada par de variables que se compararon.

No. de relación	Relación	Análisis alométrico	Factor de condición (b)	Conclusión
19	Largo de la maxila (var 5) / grosor máximo del pterigoides (var 24)	Coefficiente de alometría = 0.8482 Ordenada= -0.8189 R= 0.4818; P= .031 T0.05= 2.101 Tcal= 0.4172 Isometría	0.1517	Isometría, el largo de la maxila crece al mismo ritmo que el grosor máximo del pterigoides, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
20	Largo de la maxila (var 5) / Longitud total de palatino (var 28)	Coefficiente de alometría= 1.1840 Ordenada= -0.3695 R= 0.4855; P= .031 TO.05= 2.101 Tcal= -0.3666 Isometría	0.4270	Isometría el largo de la maxila crece al mismo ritmo que la longitud total del palatino, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
21	Altura de la maxila rostralmente a la abertura nasal (var 6) / Grosor máximo del paraesfenoides (var 20)	Coefficiente de alometría= -0.3979 Ordenada= -0.0234 R= -0.5620; P= .010 TO.05= 2.101 Tcal= 10.1283 Relación inversa	0.9475	Relación inversa, se reduce el grosor máximo del paraesfenoides en proporción a la altura de la maxila rostralmente a la abertura nasal, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
22	Altura de la maxila rostralmente a la abertura nasal (var 6) / Grosor máximo del basiesfenoides (var 22)	Coefficiente de alometría= -0.0531 Ordenada= 0.6135 R= -0.1738; P= .008 TO.05= 2.101 Tcal= 14.8289 Relación inversa	4.1067	Relación inversa, se reduce el grosor máximo del basiesfenoides en proporción a la altura de la maxila rostralmente a la abertura nasal, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
23	Altura de la maxila rostralmente a la abertura nasal (var 6) / Longitud total del pterigoides (var 23)	Coefficiente de alometría= -0.1918 Ordenada= 0.4922 R= -0.4188; P= .029 TO.05= 2.101 Tcal = 14.7412 Relación inversa	3.1059	Relación inversa, se reduce la longitud total del pterigoides en proporción a la altura de la maxila rostralmente a la abertura nasal, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
24	Anchura de la caja a la altura del proceso postorbital (var 7) / Diámetro del cóndilo occipital (var 16)	Coefficiente de alometría= 0.5456 Ordenada= -0.4487 R= 0.5489; P= .014 TO.05= 2.101 Tcal= 2.2714 Alometría negativa	0.3558	Alometría negativa, el diámetro del cóndilo occipital crecen a un ritmo menor que la anchura de la caja craneana del proceso postorbital, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.



Tabla 5. Se muestra la relación existente entre cada par de variables que se compararon.

No. de relación	Relación	Análisis alométrico	Factor de condición (b)	Conclusión
25	Menor anchura del cráneo de la región inter-orbital (var 8) / Anchura del cráneo de la región del borde dorsal del hueso lacrimonasal (var 9)	Coefficiente de alometría= 0.4235 Ordenada= 0.6047 R= 0.6033; P= .005 TO.05= 2.101 Tcal.= 4.3686 Alometría negativa	4.0243	Alometría negativa, la anchura del cráneo de la región del borde dorsal del hueso lacrimonasal crece a un ritmo menor que la menor anchura del cráneo de la región inter-orbital, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
26	Menor anchura del cráneo de la región inter-orbital (var 8) / Longitud total del paraesfenoides (var 19)	Coefficiente de alometría= 0.3824 Ordenada= 0.8357 R= 0.5604; P= .010 TO.05= 2.101 Tcal.= 4.6356 Alometría negativa	6.8501	Alometría negativa, la longitud total del paraesfenoides crece a un ritmo menor que la menor anchura del cráneo de la región inter-orbital, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
27	Menor anchura del cráneo de la región inter-orbital (var 8) / Grosor máximo del paraesfenoides (var 20)	Coefficiente de alometría = 0.3109 Ordenada= -0.1052 R= 0.2310; P= .048 TO.05= 2.101 Tcal.= 2.2322 Alometría negativa	0.7848	Alometría negativa, el grosor máximo del paraesfenoides crece a un ritmo menor que la menor anchura del cráneo de la región inter-orbital, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
28	Menor anchura del cráneo de la región inter-orbital (var 8) / Longitud total del vómer (var25)	Coefficiente de alometría= 0.8065 Ordenada= 0.4443 R= 0.6775; P= .015 To.05= 2.228 Tcal= 0.6987 Isometría	2.7816	Isometría, la menor anchura del cráneo de la región inter-orbital crece al mismo ritmo que la longitud total del vómer, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
29	Menor anchura del cráneo de la región inter-orbital (var 8) / Longitud máxima del vómer (var 26)	Coefficiente de alometría= 1.4319 Ordenada= 0.1054 R= 0.8709; P= .0001 TO.05= 2.228 Tcal= -1.6911 Isometría	1.2746	Isometría, menor anchura del cráneo de la región inter-orbital crece al mismo ritmo que la longitud máxima del vómer, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
30	Anchura del cráneo en la región del borde dorsal del hueso lacrimonasal (var 9) / Longitud total del paraesfenoides (var19)	Coefficiente de alometría= 0.6897 Ordenada= 0.4569 R= 0.7095; P= .0001 TO= 2.101 Tcal= 1.9215 Isometría	2.8635	Isometría, la anchura del cráneo en la región del borde dorsal del hueso lacrimonasal crece al mismo ritmo que la longitud total del paraesfenoides, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.

Tabla 6. Se muestra la relación existente entre cada par de variables que se compararon.

No. de relación	Relación	Análisis alométrico	Factor de condición (b)	Conclusión
31	Anchura del cráneo en la región del borde dorsal del hueso lacrimonasal (var 9) / Grosor máximo del paraesfenoides (var 20)	Coeficiente de alometría= 1.0823 Ordenada= -0.8224 R= 0.5645; P= .010 TO= 2.101 Tcal= -0.2208 Isometría	0.1505	Isometría, la anchura del cráneo en la región del borde dorsal del hueso lacrimonasal crece al mismo ritmo que el grosor máximo del paraesfenoides, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
32	Anchura del cráneo en la región del borde dorsal del hueso lacrimonasal (var 9) / Longitud total del vómer (var 25)	Coeficiente de alometría= 1.468 Ordenada= -0.3749 R= 0.7972; P= .002 TO= 2.101 Tcal= -1.3292 Isometría	0.4217	Isometría, la anchura del cráneo en la región del borde dorsal del hueso lacrimonasal crece al mismo ritmo que la longitud total del vómer, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
33	Anchura del cráneo en la región del borde dorsal del hueso lacrimonasal (var 9) / Longitud máxima del vómer (var 26)	Coeficiente de alometría= 2.0920 Ordenada= -0.9467 R= 0.8233; P= .001 TO= -2.228 Tcal= -2.3945 Alometría positiva	0.1130	Alometría positiva, la longitud máxima del vómer crece a un mayor ritmo que la anchura del cráneo en la región del borde dorsal del hueso lacrimonasal, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
34	Anchura del cráneo en la región del borde dorsal del hueso lacrimonasal (var 9) / Longitud total del palatino (var 28)	Coeficiente de alometría= 0.7010 Ordenada= 0.2685 R= 0.5566; P= .013 TO= 2.101 Tcal= 1.2123 Isometría	1.8556	Isometría, Anchura del cráneo en la región del borde dorsal del hueso lacrimonasal crece al mismo ritmo que la longitud total del palatino, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
35	Largo de la maxila a partir de la abertura nasal (var 11) / Altura de la mandíbula a nivel de la fenestra mandibular (var 14)	Coeficiente de alometría= 0.5505 Ordenada= -0.1459 R= 0.5468; P= .013 TO= 2.101 Tcal= 2.2620 Alometría negativa	0.7146	Alometría negativa, la altura de la mandíbula a nivel de la fenestra mandibular crece a un menor ritmo que el largo de la maxila a partir de la abertura nasal, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
36	Largo de la maxila a partir de la abertura nasal (var 11) / Grosor máximo del pterigoides (var 24)	Coeficiente de alometría= 0.3964 Ordenada= -0.1190 R= 0.4507; P= 0.46 TO= 2.101 Tcal= 3.2613 Alometría negativa	0.7603	Alometría negativa, el grosor máximo del pterigoides crece a un ritmo menor que el largo de la maxila a partir de la abertura nasal, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.

Tabla 7. Se muestra la relación existente entre cada par de variables que se compararon.

No. de relación	Relación	Análisis alométrico	Factor de condición (b)	Conclusión
37	Largo de la maxila a partir de la abertura nasal (var 11) / Grosor anterior del palatino (var 30)	Coefficiente de alometría= -2.1255 Ordenada= 0.4787 R= -0.4976; P= .030 TO = 2.101 Tcal= 3.5794 Relación inversa	3.0109	Relación inversa, se reduce el grosor anterior del palatino en proporción al largo de la maxila a partir de la abertura nasal, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
38	Largo total del la mandíbula (var 12) / Distancia entre los exoccipitales (var 15)	Coefficiente de alometría = 0.4008 Ordenada 0.1817 R= 0.4621; P= .040 TO= 2.101 Tcal= 3.3055 Alometría negativa	1.5194	Alometría negativa, la distancia entre los occipitales laterales crece a un ritmo menor que el largo total de la mandíbula, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
39	Largo total del la mandíbula (var 12) / Longitud total del paraesfenoides (var 19)	Coefficiente de alometría= 0.5616 Ordenada= 0.2955 R= 0.4576; P= .042 TO= 2.101 Tcal= 1.7044 Isometría	1.9746	Isometría, el largo total de la mandíbula crece al mismo ritmo que la longitud total del paraesfenoides, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
40	Largo total del la mandíbula (var 12) / Grosor máximo del pterigoides (var 24)	Coefficiente de alometría= 0.59259 Ordenada= -0.7095 R= 0.5166; P= .020 TO = 2.101 Tcal= 1.7572 Isometría	0.1952	Isometría, el largo total de la mandíbula crece al mismo ritmo que el grosor máximo del pterigoides, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
41	Largo de la sínfisis mandibular (var 13) / Distancia entre los exoccipitales (var 15)	Coefficiente de alometría= 0.1137 Ordenada= 0.6747 R= 0.4333; P= .035 TO= 2.101 Tcal= 15.8926 Alometría negativa	4.7282	Alometría negativa, la distancia entre los occipitales laterales crece a un ritmo menor que el largo de la sínfisis mandibular, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
42	Largo de la sínfisis mandibular (var 13) / Grosor proximal del maxilopaltino (var 33)	Coefficiente de alometría = 0.5429 Ordenada = -0.2861 R= 0.4604; P= 0.047 TO= 2.101 Tcal= 1.8007 Isometría	0.5174	Isometría, el largo de la sínfisis mandibular crece al mismo ritmo que el grosor proximal del palatino, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.

Tabla 8. Se muestra la relación existente entre cada par de variables que se compararon.

No. de relación	Relación	Análisis alométrico	Factor de condición (b)	Conclusión
43	Altura de la mandíbula al nivel de la fenestra mandibular (var 14) / Longitud total del paraesfenoides (var 19)	Coeficiente de alometría = 0.4645 Ordenada= 0.9683 R= 0.4973; P= .026 TO= 2.101 Tcal= 2.8036 Alometría negativa	9.2960	Alometría negativa, la longitud total del paraesfenoides crece a un ritmo menor que la altura de la mandíbula al nivel de la fenestra mandibular, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
44	Diámetro del cóndilo occipital (var 16) / Grosor proximal del maxilopalatino (var 33)	Coeficiente de alometría= 0.4645 Ordenada= 0.9683 R= 0.4973; P= .006 TO= 2.101 Tcal= 2.8036 Alometría negativa	9.2960	Alometría negativa, el grosor proximal del palatino crece a un ritmo menor que el diámetro del cóndilo occipital, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
45	Grosor máximo del foramen magnum (var 18) / Grosor máximo del vómer (var 27)	Coeficiente de alometría= -2.5486 Ordenada= 0.2265 R= no hay; P= .021 TO= 2.228 Tcal= 3.8083 inversa	1.6846	Relación inversa, se reduce el grosor máximo del vómer en proporción al grosor máximo del foramen magnum, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
46	Longitud total del paraesfenoides (var 19) / Longitud total del pterigoides (var 23)	Coeficiente de alometría = 0.6323 Ordenada= -0.1147 R= 0.5776; P= .008 TO= 2.101 Tcal= 1.7451 Isometría	0.7678	Isometría, La longitud total del paraesfenoides crece al mismo ritmo que la longitud total del pterigoides, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
47	Longitud total del paraesfenoides (var 19) / Longitud total del vómer (25)	Coeficiente de alometría= 1.4531 Ordenada= -0.6751 R= 0.9127; P= .0001 TO= 2.228 Tcal= -2.2039 Isometría	0.2113	Isometría, la longitud total del paraesfenoides, crece al mismo ritmo que la longitud total del vómer, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
48	Longitud total del paraesfenoides (var 19) / Longitud máxima del vómer (var 26)	Coeficiente de alometría= 1.8462 Ordenada= -1.1486 R= 0.8397; P= .001 TO= 2.2228 Tcal= -2.2414 Alometría positiva	0.0710	Alometría positiva, la longitud máxima del vómer crece a un mayor ritmo que la longitud total del paraesfenoides, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.

Tabla 9. Se muestra la relación existente entre cada par de variables que se compararon.

No. de relación	Relación	Análisis alométrico	Factor de condición (b)	Conclusión
49	Longitud total del paraesfenoides (var 19) / Longitud total del palatino (var 28)	Coeficiente de alometría= 0.8007 Ordenada= 0.0192 R= 0.6181; P= .005 TO= 2.101 Tcal= 0.8299 Isometría	1.0452	Isometría, la longitud total del paraesfenoides crece al mismo ritmo que la longitud total del palatino, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
50	Grosor máximo del paraesfenoides (Var 20) / Grosor máximo del vómer (var 27)	Coeficiente de alometría= 1.2571 Ordenada= -0.1353 R= 0.7261; P= .007 TO= 2.228 Tcal= -0.6832 Isometría	0.7323	Isometría, el grosor máximo del paraesfenoides crece al mismo ritmo que el grosor máximo del vómer, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
51	Grosor máximo del basiesfenoides (var 22) / Longitud total del palatino (var 28)	Coeficiente de alometría= 0.7715 Ordenada= 0.3400 R= 0.5076; P= .026 TO= 2.101 Tcal= 0.7402 Isometría	2.1877	Isometría, el grosor máximo del basiesfenoides crece al mismo ritmo que la longitud total del palatino, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
52	Longitud total del pterigoides (var 23) / Grosor máximo del pterigoides (var 24)	Coeficiente de alometría= 0.3903 Ordenada= -0.1693 R= 0.4569; P= .043 TO= 2.101 Tcal= 3.4036 Alometría negativa	0.6771	Alometría negativa, el grosor máximo del pterigoides crece a menor ritmo la longitud total del pterigoides, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
53	Grosor máximo del pterigoides (var 24) / Grosor distal del maxilopalatino (var 32)	Coeficiente de alometría= 1.5451 Ordenada= -0.3929 R= 0.4719; P= .041 TO= 2.110 Tcal= -0.7788 Isometría	0.4046	Isometría, el grosor máximo del pterigoides crece al mismo ritmo que el grosor distal del maxilopalatino, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
54	Longitud total del vómer (var 25) / Longitud máxima del vómer (var 26)	Coeficiente de alometría= 1.2795 Ordenada= -0.2979 R= 0.9265; P= .0001 TO= 2.228 Tcal= -1.7014 Isometría	0.5036	Isometría, la longitud total del vómer crece al mismo ritmo que la longitud máxima del vómer, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.

Tabla 10. Se muestra la relación existente entre cada par de variables que se compararon.

No. de relación	Relación	Análisis alométrico	Factor de condición (b)	Conclusión
55	Longitud total del vómer (var 25) / Longitud total del palatino (var 28)	Coefficiente de alometría= 0.4739 Ordenada= 0.4577 R= 0.6514; P= .022 TO= 2.2228 Tcal= 3.0134 Alometría negativa	2.8687	Alometría negativa la longitud total del palatino crece a menor ritmo que la longitud total del vómer, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
56	Longitud máxima del vómer (var 26) / Longitud total del palatino (var 28)	Coefficiente de alometría= 0.3574 Ordenada= 0.5771 R= 0.6786; P= .015 TO= 2.228 Tcal= 5.2707 Alometría negativa	3.7765	Alometría negativa, la longitud del palatino crece a menor ritmo que la longitud total del vómer, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
57	Grosor máximo del vómer (27) / Grosor distal del maxilopalatino (var 32)	Coefficiente de alometría= 0.6202 Ordenada= -0.2533 R= 0.6788; P= .022 TO= 2.262 Tcal= 1.6980 Isometría	0.5580	Isometría, el grosor máximo del vómer crece al mismo ritmo que el grosor distal del maxilopalatino, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
58	Anchura máxima del maxilopalatino (31) / Grosor proximal del maxilopalatino (var 33)	Coefficiente de alometría= 0.3844 Ordenada= -0.2725 R= 0.3521; P= .028 TO= 2.110 Tcal= 2.4835 Alometría negativa	0.5278	Alometría negativa, el grosor distal del maxilopalatino crece a menor ritmo que la anchura máxima del maxilopalatino, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.
59	Grosor distal del maxilopalatino (32) / Grosor proximal del maxilopalatino (var 33)	Coefficiente de alometría= 0.7005 Ordenada= -0.0066 R= 0.6903; P= .0001 TO= 2.110 Tcal= 1.6457 Isometría	1.0153	Isometría, el grosor distal del maxilopalatino crece al mismo ritmo que el grosor proximal del maxilopalatino, dentro de la variación en el tamaño del cráneo.

Las líneas que se muestran en las imágenes de la 29 a la 41 representan de forma gráfica las relaciones alométricas y las regiones del cráneo donde se expresan, en el cráneo de avestruz; estas líneas se obtuvieron a partir de las tablas de datos del análisis alométrico.

Las líneas continuas representan las variables de referencia (X); las líneas puntuadas las variables que manifiestan algún tipo de alometría (Y). Como referencia y para diferenciar cada tipo de alometría se utiliza un patrón de colores:

Azul: Isometría

Rojo: Alometría negativa

Morado: Alometría positiva

Verde: Relación inversa.

Para saber qué línea de una relación corresponde con cual línea se utilizó un sistema de coordenadas ejemplo: (R.28--F.33); donde la "R" es el número de relación y la "F" es el número de la figura donde se encuentra la línea correspondiente, en este caso sería la coordenada: (R.28--F.29).

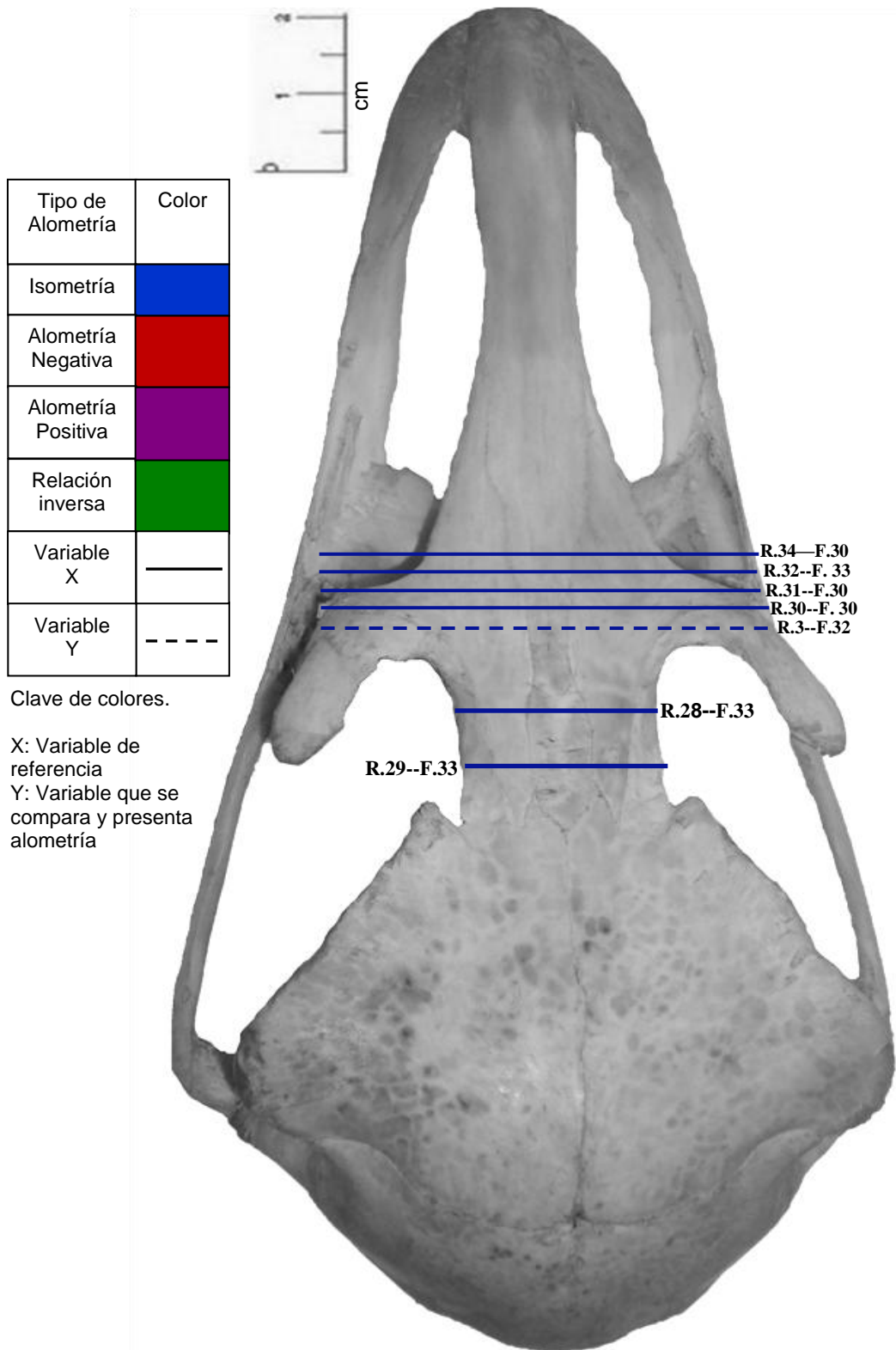


Figura. 29 Cráneo del avestruz en vista dorsal donde se marcan las regiones donde se presenta la isometría.



Tipo de Alometría	Color
Isometría	Blue
Alometría Negativa	Red
Alometría Positiva	Purple
Relación inversa	Green
Variable X	—
Variable Y	- - - -

Clave de colores.

X: Variable de referencia

Y: Variable que se compara y presenta alometría

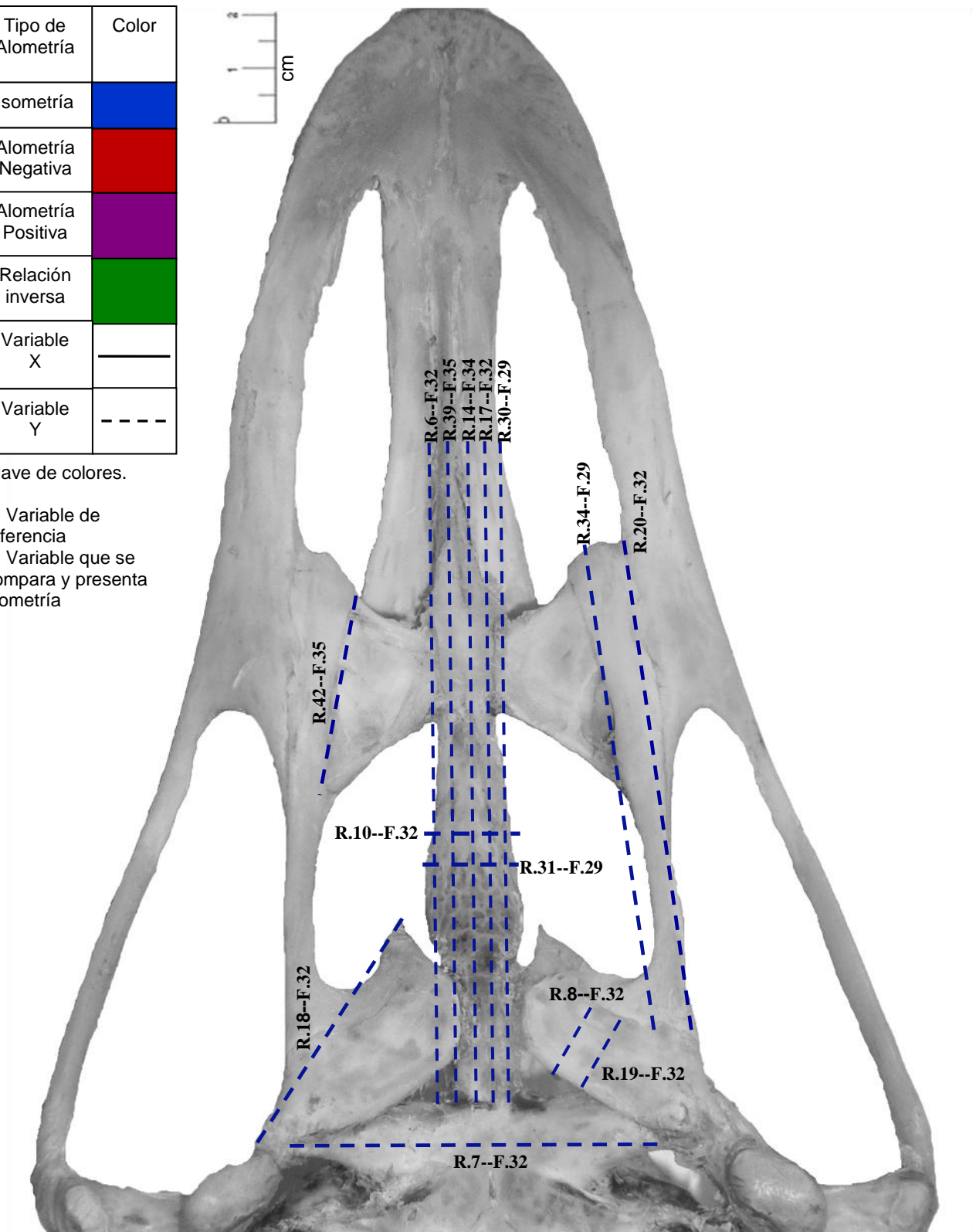


Figura. 30 Paladar del avestruz donde se marcan los elementos en los que se presenta isometría.

Tipo de Alometría	Color
Isometría	Blue
Alometría Negativa	Red
Alometría Positiva	Purple
Relación inversa	Green
Variable X	—
Variable Y	- - - -

Clave de colores.

X: Variable de referencia  
Y: Variable que se compara y presenta alometría

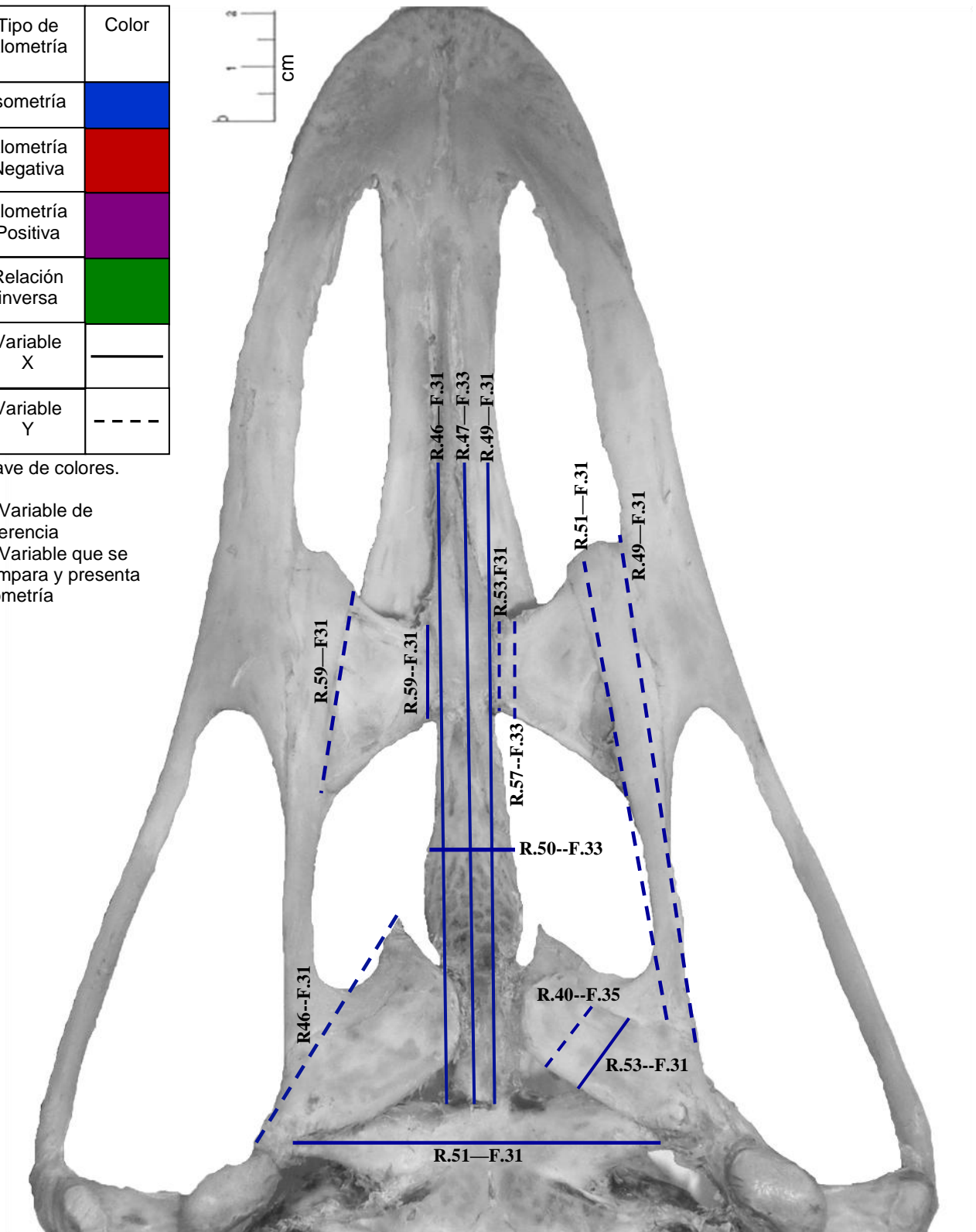


Figura. 31 Paladar del avestruz donde se marcan los elementos en los que se presenta isometría.

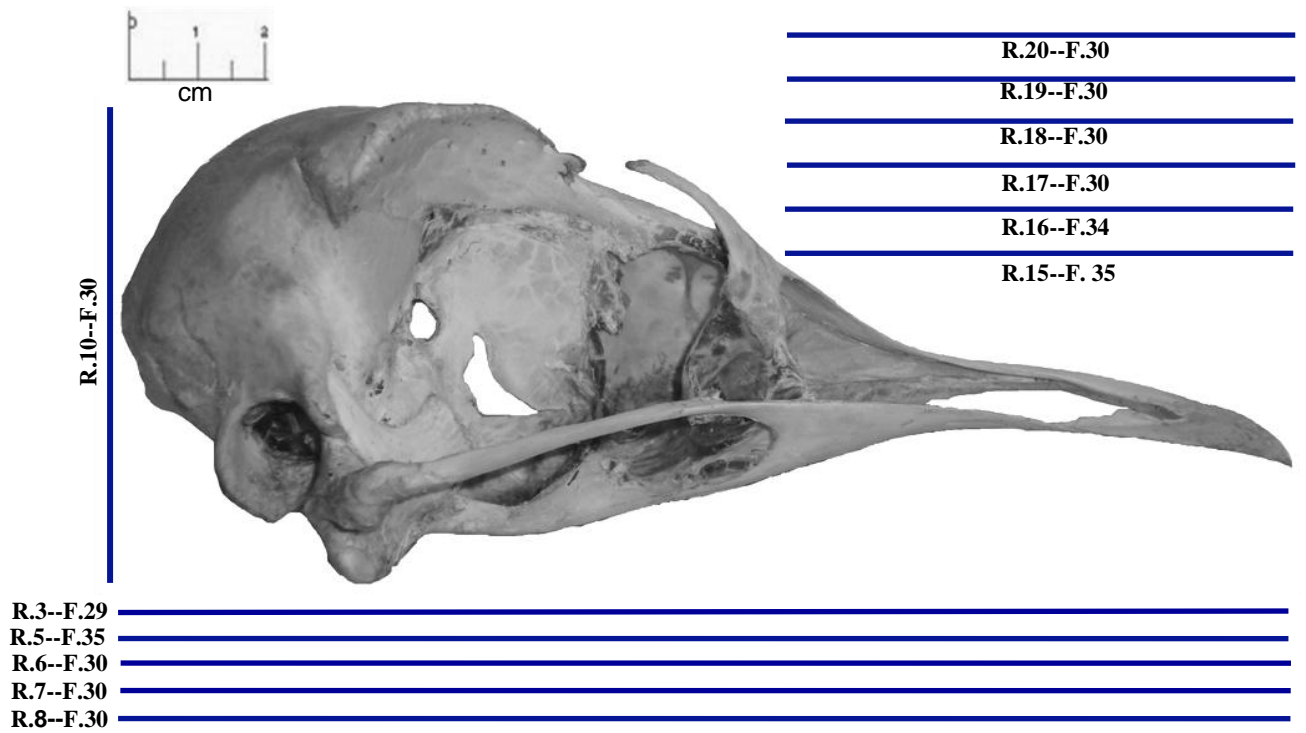


Figura. 32 Vista lateral del cráneo de avestruz donde se marcan las regiones donde se presenta la isometría.

Tipo de Alometría	Isometría	Alometría Negativa	Alometría Positiva	Relación inversa	Variable X	Variable Y
Color					—	- - - - -

Clave de colores.

X: Variable de referencia

Y: Variable que se compara y presenta alometría

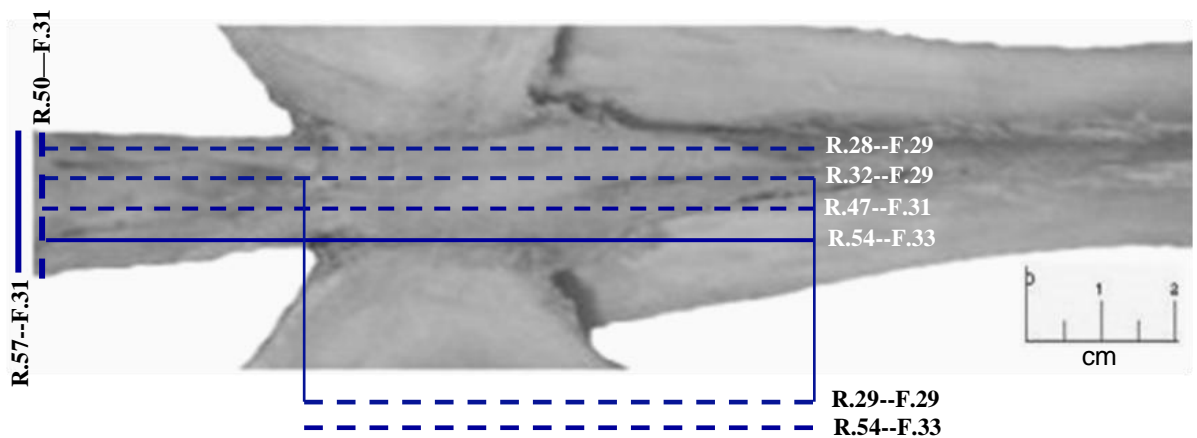


Figura. 33 Hueso vómer del avestruz donde se marca la isometría que este presenta.

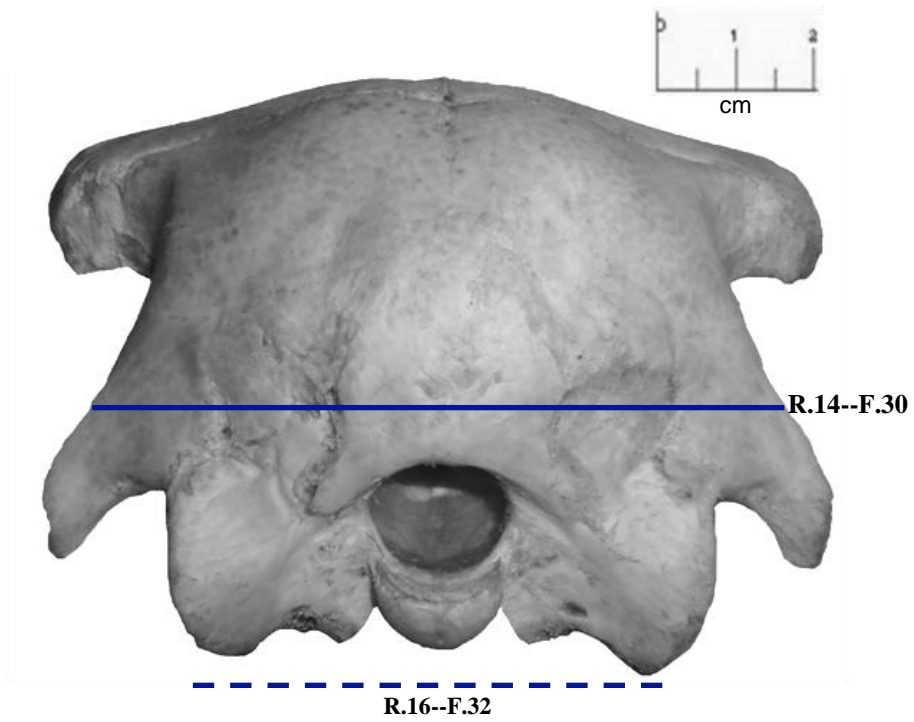


Figura. 34 Vista nucal del cráneo de avestruz donde se marcan las regiones donde se presenta isometría.

Tipo de Alometría	Isometría	Alometría Negativa	Alometría Positiva	Relación inversa	Variable X	Variable Y
Color					—	- - - -

Clave de colores.  
 X: Variable de referencia  
 Y: Variable que se compara y presenta alometría

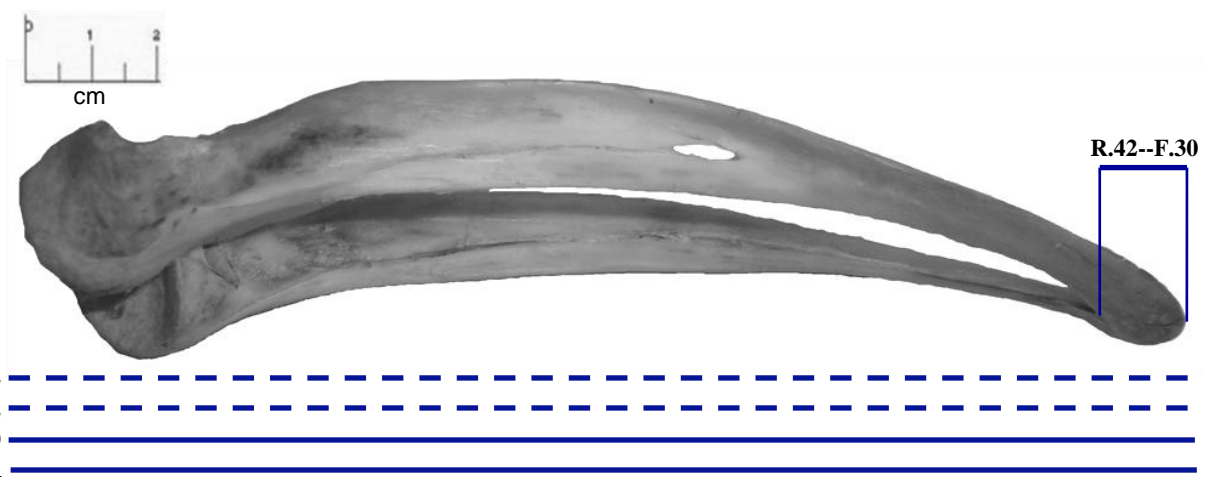


Figura. 35 Vista lateral de la mandíbula del avestruz donde se marcan las regiones donde se presenta isometría.

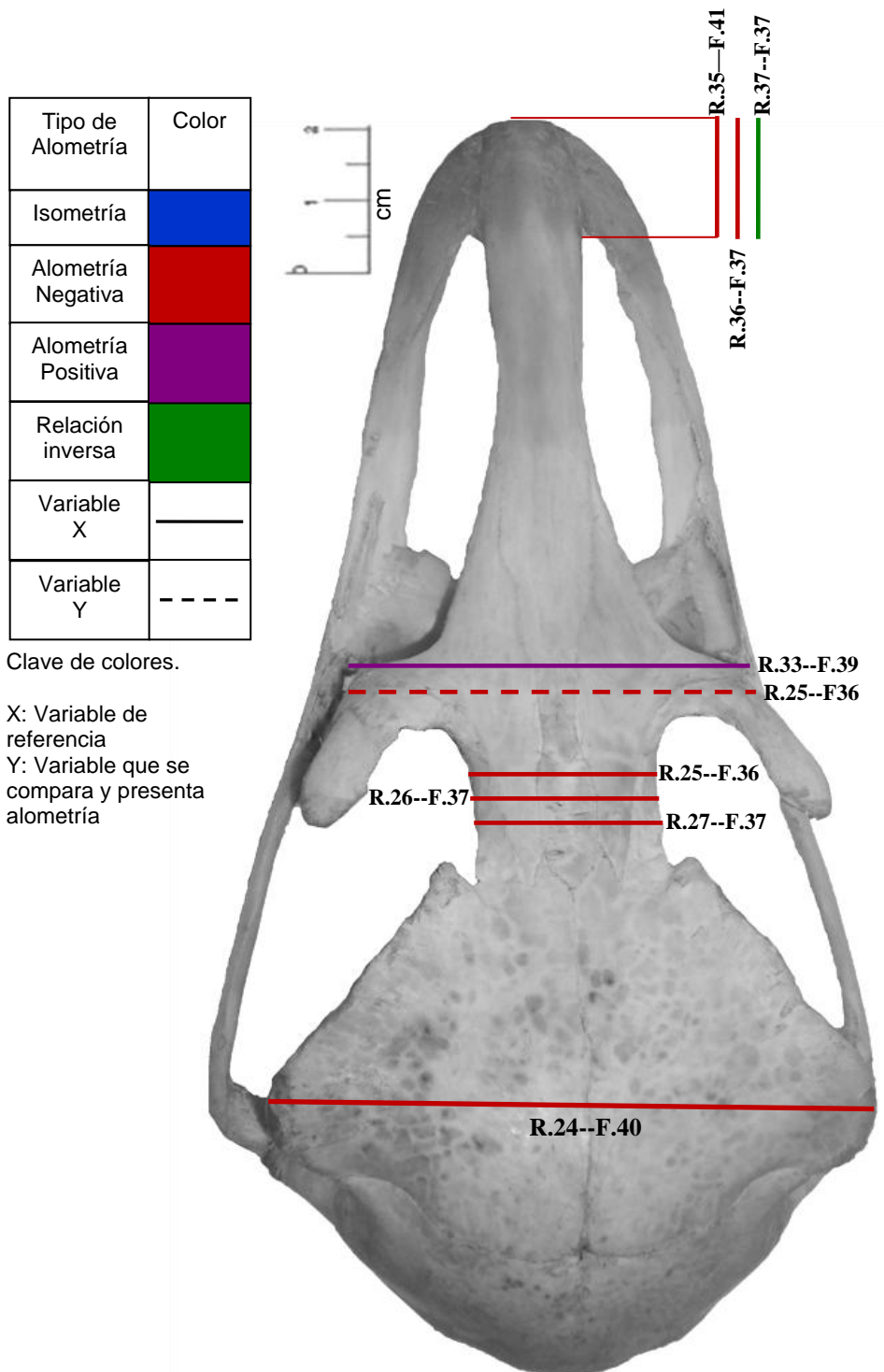


Figura. 36 Vista dorsal del cráneo de avestruz donde se marcan las regiones en las que se presenta alometría positiva. Alometría negativa y relación inversa.

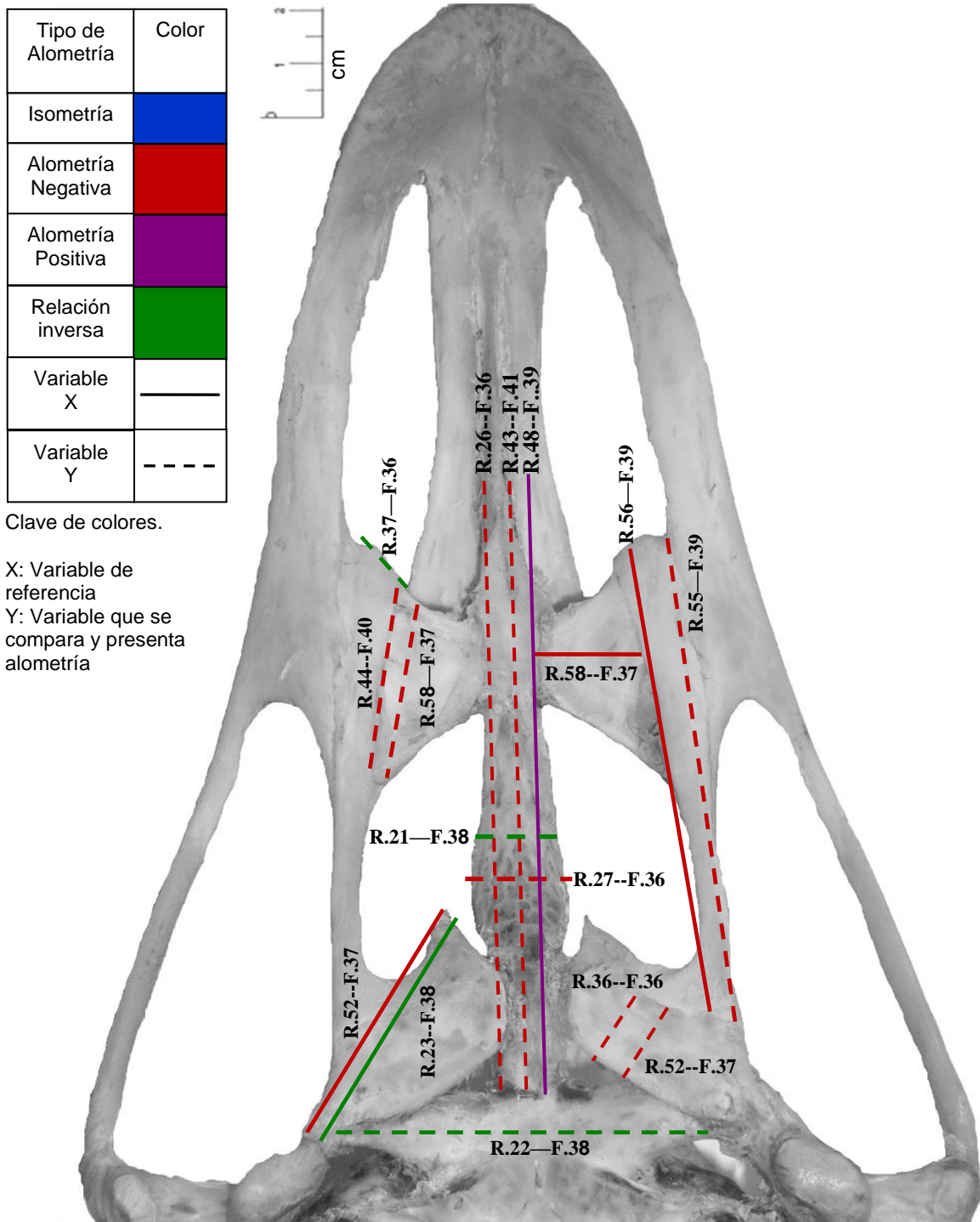


Figura. 37 Paladar del avestruz donde se marcan los elementos que presentan alometría negativa, alometría positiva y relación inversa.

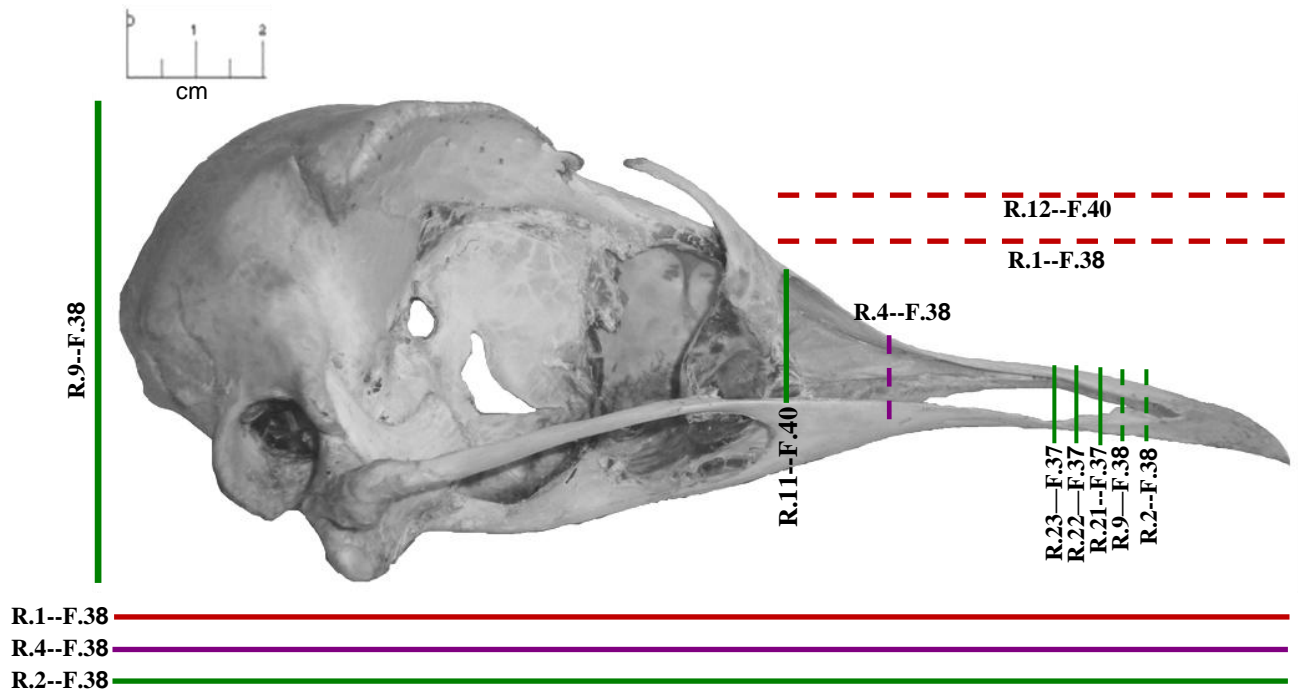


Figura. 38 Vista lateral del cráneo de avestruz donde se marcan las regiones donde se presenta alometría negativa, alometría positiva y relación inversa.

Tipo de Alometría	Isometría	Alometría Negativa	Alometría Positiva	Relación inversa	Variable X	Variable Y
Color					—	- - - -

Clave de colores.  
 X: Variable de referencia  
 Y: Variable que se compara y presenta alometría

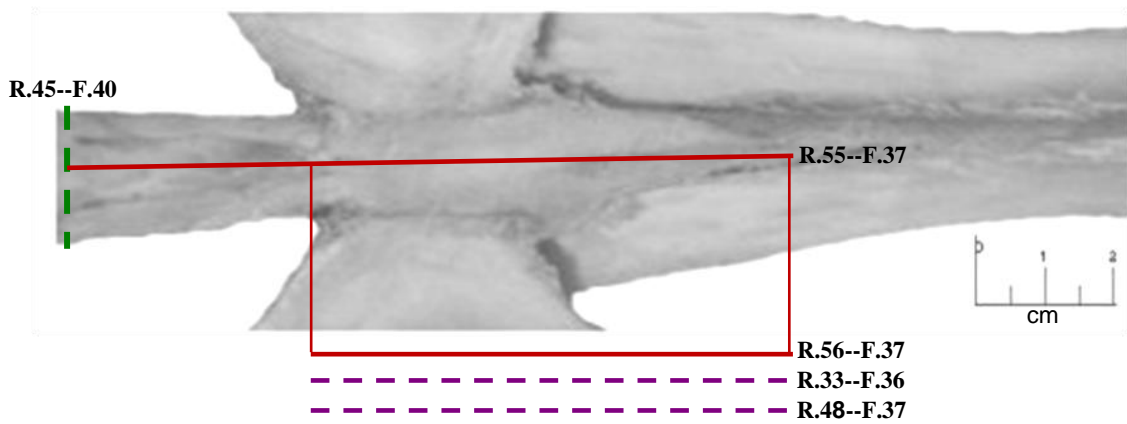


Figura. 39 Hueso vómer del avestruz donde se marca la presencia de alometría negativa y alometría positiva.

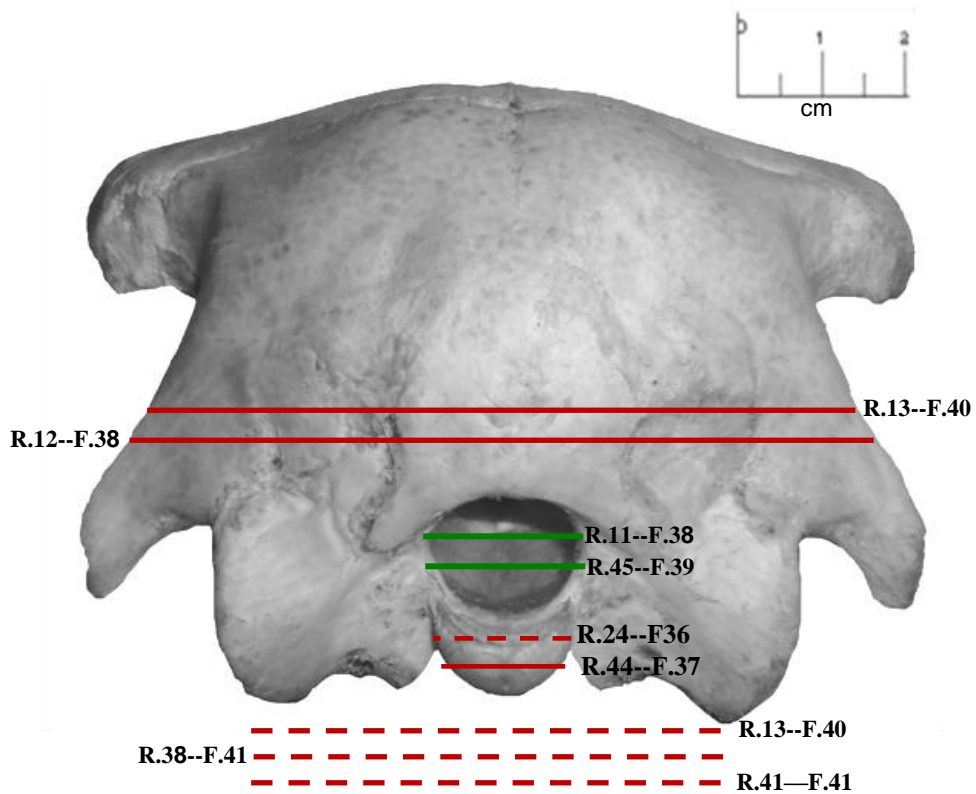


Figura. 40 Vista nuczal del cráneo de avestruz donde se marca las regiones donde se presenta alometría negativa y relación inversa.

Tipo de Alometría	Isometría	Alometría Negativa	Alometría Positiva	Relación inversa	Variable X	Variable Y
Color	■	■	■	■	—	- - - -

Clave de colores.  
 X: Variable de referencia  
 Y: Variable que se compara y presenta alometría

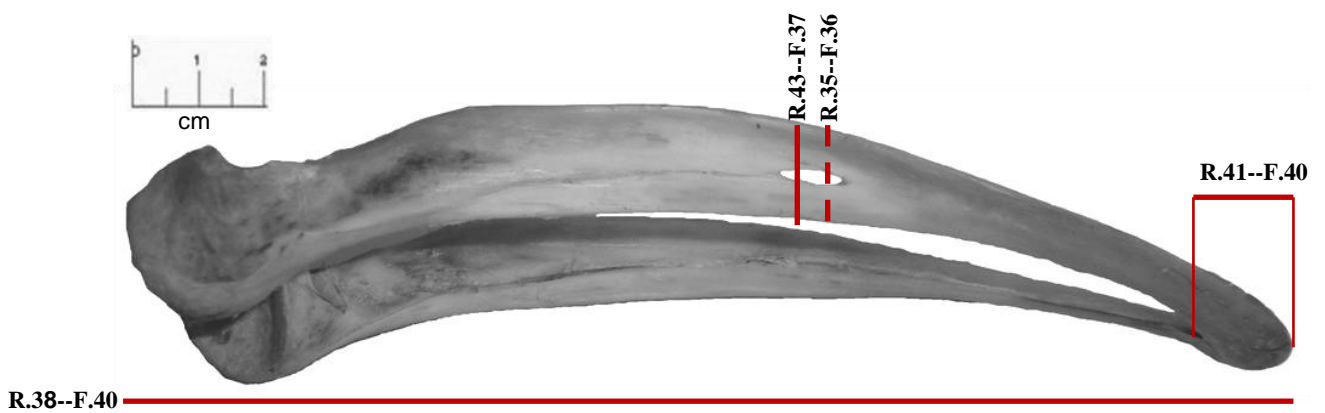


Figura. 41 Vista lateral de la mandíbula del avestruz donde se marcan las zonas donde se presenta alometría negativa (nótese que las medidas son solo las variables que corresponden con otras variables donde se presenta este tipo de alometría).



## **7.- Discusión.**

Como se mencionó anteriormente, no existen estudios de la alometría del cráneo del avestruz, ni de ningún otra ave, por tanto, en el presente trabajo se describe el comportamiento alométrico de cada relación, así como, lo que significa cada una dentro de la variación del cráneo adulto de avestruz ya que de esta manera se puede establecer la estructura y la función de cada elemento, con base en los datos obtenidos a partir de las mediciones morfométricas.

Como menciona Vasallo (2000) la existencia de relaciones alométricas entre dos o más dimensiones corporales produce cambios en las proporciones de los organismos ya que la expresión de estos cambios se asocia a cambios del tamaño corporal.

### **Isometría.**

Primeramente, se analizará la isometría, ya que de las cincuenta y nueve relaciones alométricas del cráneo, treinta y uno de ellas presentaron Isometría; de la cuales, veintiséis se encontraron en el paladar. La variable palatina que mostró más relaciones isométricas, fue el paraesfenoides con siete: Longitud total del cráneo contra longitud total del paraesfenoides (relación 6, tabla 1); altura de la caja craneana contra grosor máximo del paraesfenoides (relación 10, tabla 2); máxima anchura de la caja craneana contra longitud total del paraesfenoides (relación 14, tabla 3); largo de la maxila contra longitud total del paraesfenoides (relación 17, tabla 3); anchura del cráneo en la región del borde dorsal del hueso lacrimal contra longitud total del paraesfenoides (relación 30, tabla 5); anchura del cráneo en la región del borde dorsal del hueso lacrimal contra grosor máximo del paraesfenoides (relación 31, tabla 6) y largo total de la mandíbula contra longitud total del paraesfenoides (relación 39, Tabla 7).

Las relaciones isométricas del paraesfenoides con respecto al cráneo se analizan a continuación:

La longitud del paraesfenoides, presenta una relación isométrica respecto a la longitud total del cráneo (relación 6), lo que indica que ambos elementos crecen al mismo ritmo dentro de la variación del cráneo; el comportamiento entre estos dos elementos se explica puesto que el paraesfenoides es un elemento muy importante dentro del paladar y por ende dentro del cráneo, debido al gran número de relaciones que tiene con varios elementos del

paladar así como por ser el elemento que en gran medida da soporte al paladar además de formar el eje transversal del mismo, por esta razón el paraesfenoides debe de crecer de igual manera que el resto del cráneo en su longitud.

La longitud del paraesfenoides también presenta relaciones isométricas con la longitud de la maxila (relación 17) y la mandíbula (relación 39) indicando que el paraesfenoides crece al mismo ritmo que estas dos estructuras; es normal si se considera al paraesfenoides como el eje transversal ventral de la maxila y se encuentra asociado con varios elementos del paladar, por tanto, es comprensible que la variación que se presente entre ellos sea igual. En el caso de la mandíbula, ocurre el mismo fenómeno con respecto al paraesfenoides, lo cual, señala una tendencia de este elemento de mantener su forma constante en cuanto al pico del organismo.

El paraesfenoides, presenta isometría en su grosor con respecto a la caja craneana (relación 10) y en su longitud, con respecto al grosor de la misma (relación 14). Estas relaciones demuestran que ambas estructuras presentan una correspondencia muy estrecha, quizá debido a la función que cada una tiene en el cráneo; la caja craneana es la encargada de dar soporte y protección al cerebro, mientras, el paraesfenoides es el soporte y eje transversal del paladar y de la maxila. Estas estructuras son de gran importancia en la anatomía de la cabeza, por tanto, es normal que su crecimiento ocurra al mismo ritmo dentro de la variación del cráneo y la forma entre ellas no presente cambios.

Las relaciones isométricas restantes del paraesfenoides se dan entre la longitud (relación 30) y el grosor (relación 31) de este elemento, con respecto a la anchura del borde dorsal del hueso lacrimal; mientras, el paraesfenoides crece a lo ancho y a lo largo, el crecimiento de la anchura del lacrimal ocurre al mismo ritmo, lo que indica: una constancia de la forma del paraesfenoides, y la anchura del cráneo. Esto se afirma al presentar este elemento un comportamiento isométrico similar con respecto a la anchura de la caja craneana (relación, 14).

El vómer es el segundo elemento palatino con más isometría, con seis relaciones que son:

Menor anchura del cráneo de la región inter-orbital contra longitud total del vómer (relación 28 tabla 5); menor anchura del cráneo de la región inter-orbital contra longitud máxima del vómer (relación 29 tabla 5); anchura del cráneo en la región del borde dorsal del hueso lacrimal contra longitud total del vómer (relación 32 tabla 6); longitud total del paraesfenoides contra longitud total del vómer (relación 47 tabla 8); grosor máximo del paraesfenoides contra grosor máximo del vómer (relación 50 tabla 9) y longitud total del vómer contra longitud máxima del vómer (relación 54 tabla 9).

El vómer presenta una relación isométrica con la menor anchura del cráneo de la región inter-orbital, tanto en su longitud total (relación 28) como en su longitud máxima (relación 29). Esto indica que la menor anchura del cráneo en la región inter-orbital se encuentra muy relacionada con todo el largo del vómer (longitud total) y el largo del vómer, a partir de donde se originan sus pestañas (longitud máxima). El largo del vómer y la anchura de la región inter-orbital crecen proporcionalmente: mientras el cráneo se ensancha en dicha región; el vómer crece al mismo ritmo en sus dos longitudes, esto dentro de la variación del cráneo, en consecuencia, la forma entre ellos no presenta cambios.

El largo del vómer presenta isometría con respecto a la anchura del cráneo en la región dorsal del hueso lacrimal (32) lo que indica que mientras el vómer crece en su longitud el borde dorsal del hueso lacrimal se ensancha en la misma proporción, esto es interesante si consideramos que el vómer en su longitud también presenta isometría con respecto a la anchura de la región inter-orbital (relación 28) lo que señala que este elemento del paladar tiene la tendencia de mantener su forma constante con respecto a la anchura del cráneo.

El vómer y el paraesfenoides tienen una relación muy estrecha, ya que ambos presentan isometría entre sus longitudes (relación 47); mientras, el paraesfenoides se alarga; el vómer lo hace también al mismo ritmo, igual ocurre entre los grosores de estos elementos (relación 50) puesto que el grueso de ellos crece en la misma proporción. Este fenómeno se puede deber a que el vómer recubre casi por completo al paraesfenoides, tanto a lo largo como a lo grueso. Por tanto: la forma entre ellos no presenta cambios.

El vómer presenta isometría entre su longitud total y su longitud máxima (relación 54) lo que indica que es un hueso de crecimiento y forma constante,

esto es congruente, sí se considera que se trata en sí del mismo elemento, por tanto, la forma del vómer, en relación consigo mismo no cambia.

El pterigoides, es el tercer elemento del paladar que más isometría presentó, con cinco relaciones isométricas, esto se debe a la gran importancia que tiene en el paladar como lo mencionan Webb, 1957 y Sander, 2005 quienes afirman que este elemento es esencial en la cinésis craneal ya que forma el complejo Pterigoideo-Palatino, que interviene de forma importante en la cinésis craneal; las relaciones que presentó el pterigoides se mencionan a continuación:

Longitud total del cráneo contra grosor máximo del pterigoides (relación 8, tabla 2); largo de la maxila contra longitud total del pterigoides (relación 18, tabla 3); largo de la maxila contra grosor máximo del pterigoides (relación 19 tabla 4); largo total de la mandíbula contra grosor máximo del pterigoides (relación 40, tabla 7) y longitud total del paraesfenoides contra longitud total del pterigoides (relación 46, tabla 8).

El comportamiento alométrico del pterigoides se explica a continuación:

El grosor máximo del pterigoides presenta una relación isométrica con respecto a la longitud total del cráneo (relación 8) esto puede explicarse porque ambas magnitudes crecen al mismo ritmo; lo que indica que no existe un cambio de forma entre estas variables, mientras, el cráneo aumenta en su longitud, también lo hace el pterigoides en su anchura.

Un resultado muy relevante, es que el pterigoides presenta isometría en su longitud total y su grosor máximo con respecto al largo de la maxila, (relaciones 18 y 19) esto demuestra que el crecimiento entre estas variables es igual y por tanto, mientras la maxila se alarga; el pterigoides crece, en el mismo ritmo en su longitud y anchura. Lo que indica, como señala Sander (2005) que el pterigoides juega un papel muy importante en la apertura de la boca del organismo.

La siguiente relación isométrica que presenta el pterigoides se da entre el largo total de la mandíbula y el grosor máximo del pterigoides (relación 40), es decir, la anchura del pterigoides crece al mismo ritmo, conforme la mandíbula lo hace en su longitud; al analizarla, si se compara con las relaciones 18 y 19 se puede dilucidar que el pterigoides se encuentra relacionado con el pico de los organismos y dicha relación tiene que ver con la cinésis descrita por Sander (2005).

La última relación que presenta el pterigoides se da con el paraesfenoides (relación 46), en ella se puede observar que las longitudes de ambos elementos crecen al mismo ritmo; al ser el paraesfenoides el eje principal del paladar, al cual lo divide bilateralmente, le da soporte y tiene una relación con varios elementos de toda esta estructura; mientras el pterigoides, como ya se mencionó, juega un papel muy importante en la cinésis craneal, aparte de estar relacionado con varios elementos del paladar y por tanto; se afirma que entre estos elementos la forma se mantiene constante. Por esta causa se considera que estos huesos son muy importantes dentro del paladar de las aves.

Dentro del paladar se encontraron dos elementos que presentaron cuatro relaciones isométricas cada uno; estos elementos fueron el palatino y el maxilopalatino, su comportamiento isométrico se analiza a continuación.

Las relaciones isométricas que presentó el palatino son:

Largo de la maxila contra longitud total del palatino (relación 20, tabla 4); anchura del cráneo en la región del borde dorsal del hueso lacrimal contra longitud total del palatino (relación 34, tabla 6); longitud total del paraesfenoides contra longitud total del palatino (relación 49, tabla 9) y grosor máximo del basiesfenoides contra longitud total del palatino (relación 51, tabla 9).

La primera relación isométrica del palatino se da entre su longitud y el largo de la maxila (relación 20), ambas crecen a un mismo ritmo dentro de la variación del cráneo. Esto se explica porque el palatino es un elemento que da sostén al paladar junto con el paraesfenoides además que como se menciono anteriormente; el paladar a su vez, sostiene a la maxila de ahí la importancia de que los elementos, de esta relación, tengan el mismo ritmo de crecimiento y no exista un cambio de forma entre ellos.

La segunda relación isométrica del palatino, se da entre la longitud total de éste y la anchura del borde dorsal del hueso lacrimal (relación 34), en la cual, existe un ritmo de crecimiento igual entre ellas, dentro la variación del cráneo y se observa que el paraesfenoides también presenta una relación en su longitud con dicha anchura (relación 30), esto podría indicar que hay una relación importante de la anchura del borde dorsal del hueso lacrimal, con el paladar y con los elementos que le dan soporte, ya que existe un patrón de constancia entre estos elementos y la anchura en esta región del cráneo.

La tercera relación del palatino que presenta isometría se da con el otro elemento que da soporte al paladar: el paraesfenoides y ésta ocurre entre las longitudes de ambos elementos (relación 49), ambos crecen al mismo ritmo, y la forma se mantiene constante entre ellos esto se explica porque ambos dan soporte al paladar y de existir una variación entre ellos, éste podría presentar cambios en su estructura.

La cuarta y última relación isométrica del palatino se da entre éste y la anchura del basiesfenoides (relación 51), al ser isométrica, indica que ambas variables crecen al mismo ritmo; es decir, el basiesfenoides se ensancha mientras el palatino se alarga. Se puede considerar que toda la región ventral del cráneo mantiene su forma constante si partimos de que el basiesfenoides es la base de la caja craneana y el palatino es un elemento importante en el soporte del paladar, región del cráneo que presenta mayor cantidad de relaciones isométricas.

El maxilopalatino al igual que el palatino presentó cuatro relaciones isométricas y estas son:

Largo de la sínfisis mandibular contra grosor proximal del maxilopalatino (relación 42, tabla 7); grosor máximo del pterigoides contra grosor distal del maxilopalatino (relación 53, tabla 9); grosor máximo del vómer contra grosor distal del maxilopalatino (relación 57, tabla 10); grosor distal del maxilopalatino contra grosor proximal del maxilopalatino (relación 59, tabla 10).

Las relaciones del maxilopalatino se analizan a continuación:

La primera relación isométrica que presenta el maxilopalatino, indica que este elemento se ensancha en su porción proximal, al mismo ritmo que la mandíbula se alarga a la altura de la sínfisis mandibular (relación 42), por lo cual, no hay cambio de forma entre ambas magnitudes dentro de la variación del cráneo de avestruz.

La segunda relación que presenta el maxilopalatino se da entre el grosor distal de éste con el grosor máximo del pterigoides (relación 53), esta relación señala que el maxilopalatino se ensancha en su porción distal al mismo ritmo que el pterigoides también se ensancha, por lo que se puede decir que no hay un cambio de forma entre ambas magnitudes dentro de la variación del cráneo adulto.

La tercera relación del maxilopalatino se encuentra con el grosor máximo del vómer (relación 57); la presencia de esta relación indica que el maxilopalatino, así como, el grosor del vómer aumentan al mismo ritmo, por tanto, la forma entre estos elementos se mantiene constante durante la variación del cráneo adulto.

La cuarta y última relación que presenta el maxilopalatino se da entre el grosor distal del maxilopalatino y el grosor proximal del mismo (relación 59), la cual, al ser una relación isométrica indica que ambos grosores crecen al mismo ritmo, es decir, el maxilopalatino se ensancha de un modo continuo, esto es de esperarse ya que se trata de la misma estructura; y la variación que presente, en estas magnitudes, debe ser la misma y por lo tanto, su forma debe mantenerse constante.

De las cinco relaciones restantes que presentaron algún patrón isométrico, dos corresponden a la mandíbula. Las relaciones isométricas que presentó la mandíbula son:

Longitud total del cráneo contra largo total de la mandíbula (relación 5, tabla 1); largo de la maxila contra largo total de la mandíbula (relación 15, tabla 3).

La primera relación que se presenta la mandíbula se da entre el largo total de ésta contra la longitud total del cráneo (relación 5), al ser una relación isométrica nos indica que ambas magnitudes crecen al mismo ritmo; es decir, la longitud del cráneo y la mandíbula es igual y por tanto no hay cambio de forma entre ellas. Es natural que ambas magnitudes alcancen su tamaño relativo al mismo tiempo, ya que constituyen la forma del cráneo, un cambio entre éstas alteraría el patrón básico del mismo.

La segunda relación de la mandíbula se da entre el largo total de la misma y el largo de la maxila (relación 15); al ser isométrica, indica que ambos largos crecen al mismo ritmo: conforme se alarga la mandíbula, se alarga la maxila hasta formar el pico. Es consecuente que suceda este fenómeno pues de lo contrario la apertura y cerrado de la boca: la cinésis craneal, la alimentación, y al mismo tiempo, varias estructuras se verían afectadas por dichos cambios.

Las siguientes variables, presentaron isometría una sola vez y se analizan a continuación:

Longitud total del cráneo contra grosor máximo del basiesfenoides (relación 7, tabla 2).

Esta relación al ser isométrica indica que ambas variables crecen al mismo ritmo; como el basiesfenoides es la base del cráneo, esta relación indica que se ensancha al mismo tiempo que la longitud del cráneo aumenta, por tanto, no hay un cambio en la forma entre estas dos variables, si lo hubiera se modificaría el plan estructural básico del cráneo.

Longitud total del cráneo contra anchura del cráneo en la región del borde dorsal del hueso lacrimonasal (relación 3, tabla 1).

En este caso, el borde dorsal del hueso lacrimonasal se ensancha y el cráneo aumenta en su longitud al mismo ritmo. Al cotejar esta relación con las relaciones isométricas que presentarán las longitudes del paraesfenoides, vómer y palatino (relaciones 30, 32 y 34), se observa que el ancho del cráneo, en esta región, tiene la tendencia de mantener constante su forma y no presentar variación en ella con respecto a la longitud de varias porciones del cráneo.

La última relación del cráneo de avestruz que presenta isometría se muestra entre las siguientes variables:

Largo de la maxila contra Distancia entre los exoccipitales (correlación 16, tabla 3)

Esta relación significa que la distancia entre los exoccipitales crece al mismo ritmo que el largo de la maxila; la distancia entre los exoccipitales aumenta, mientras, la maxila se alarga al mismo ritmo que éstos dentro de la variación del cráneo adulto. Debido a la función que cada elemento tiene dentro del cráneo, puesto que los exoccipitales forman el borde lateral del foramen magnum y la maxila, como se ha mencionado anteriormente, se encarga de la alimentación del organismo. Por tanto es comprensible que el crecimiento entre estas estructuras se dé del mismo modo.

### **Alometría negativa.**

La alometría negativa mostró diecisiete relaciones en el cráneo de avestruz, fue el segundo tipo de alometría en presentar más relaciones alométricas; la mayor parte de las relaciones de este tipo se encontraron en el paladar, ya que de diecisiete, nueve se situaron en esta estructura, que a su vez, es la que exhibe más isometría. Con base en lo anterior, se evidencia que el paladar tiene una tendencia a mantener su forma constante; pero también a presentar una



disminución en las magnitudes de sus elementos dentro de la variación del cráneo.

A continuación se analizan las estructuras que presentan alometría negativa dentro del paladar:

Primeramente, se examinará el paraesfenoides, al ser el elemento que divide transversalmente al paladar, es de gran importancia en el sostén del mismo. Presenta tres relaciones alométrico negativas:

Menor anchura del cráneo en la región interorbital contra la longitud total del paraesfenoides (relación 26, tabla 5); menor anchura del cráneo de la región inter-orbital contra grosor máximo del paraesfenoides (relación 27, tabla 5) y altura de la mandíbula al nivel de la fenestra mandibular contra longitud total del paraesfenoides (relación 43, tabla 8).

Las relaciones alométrico negativas, encontradas en el paraesfenoides, indican que este elemento tiende a crecer a un ritmo menor en su longitud (relación 26) y en su grosor (relación 27), dentro de la variación del cráneo con respecto al ancho del cráneo en la región inter-orbital.

La región inter-orbital forma parte del techo del cráneo, se observó con respecto a esta porción, que el paraesfenoides vuelve lento su crecimiento; contrario a lo que ocurre con la anchura de la caja craneana (relación 14) con la cual, la longitud del paraesfenoides presenta isometría y por tanto, ambas estructuras crecen de igual manera; algo similar sucede con la anchura del borde dorsal del hueso lacrimal (relaciones 30 y 31) sólo que en este caso, el paraesfenoides presenta un crecimiento isométrico tanto en su longitud como en su grosor. Si consideramos que todas estas estructuras se encuentran en el techo del cráneo se puede afirmar que la forma del paraesfenoides con respecto a éste es constante en un sentido pero no en el otro.

La última relación alométrico negativa que presenta el paraesfenoides, muestra que la longitud total de éste crece a un ritmo menor dentro de la variación del cráneo, con respecto a la altura de la mandíbula, al nivel de la fenestra mandibular (relación 43). Esta relación es notable ya que el paraesfenoides presenta una relación isométrica en su longitud total con la longitud total de la mandíbula (relación 39) por tanto, hay un patrón de constancia y de variabilidad entre la mandíbula y el paraesfenoides; al igual que en las relaciones del

paraesfenoides alométrico negativas, mencionadas anteriormente, este fenómeno se da en un sentido pero no en el otro.

Los elementos restantes del paladar que presentaron alometría negativa tuvieron dos relaciones de este tipo cada uno y se analizan a continuación:

El segundo elemento del paladar que se analizará es el palatino, por ser un elemento de gran importancia en el sostén del paladar. Las relaciones que presenta el palatino son las siguientes:

Longitud total del vómer contra longitud total del palatino (relación 55, tabla 10) y longitud máxima del vómer contra longitud total del palatino (relación 56, tabla 10).

La primera relación alométrica negativa del palatino se presenta entre su longitud total y la longitud total del vómer (relación 55) lo cual indica que el palatino crece a un ritmo menor que el vómer dentro de la variación del cráneo. Es posible que se deba al tamaño mayor del palatino en comparación con el del vómer, al ser un elemento más grande, es natural que el primero crezca a un ritmo menor; este fenómeno también puede deberse a la relación que presenta el palatino con diferentes elementos del paladar: el premaxilar, el maxilopaltino y el pterigoides.

La segunda relación alométrica negativa del palatino se da con la longitud máxima del vómer (relación 56), esto significa que al igual que en la relación anterior, el palatino crece a un ritmo menor que el vómer a partir de donde se originan las pestañas de este último; por lo tanto, las longitudes de estos elementos están estrechamente relacionadas con alometría negativa.

El siguiente elemento con alometría negativa es el maxilopalatino:

Diámetro del cóndilo occipital contra grosor proximal del maxilopalatino (relación 44, tabla 8) y anchura máxima del maxilopalatino contra grosor proximal del maxilopalatino (relación 58, tabla 10).

La primera relación del maxilopalatino se da entre su grosor proximal y el diámetro del cóndilo occipital (relación 44), ésta indica que el maxilopalatino se engrosó a un ritmo más lento en su porción proximal que el diámetro del cóndilo occipital, dentro de la variación del cráneo adulto.

La segunda relación del maxilopalatino se da entre su grosor proximal y su anchura (relación 58), al ser alométrica negativa, señala que el grosor proximal del maxilopalatino crece a un ritmo menor que la anchura de este elemento; el

maxilopalatino en su grosor proximal se extiende lateralmente y casi hasta la mitad del palatino, el tamaño de esta porción del maxilopalatino aunado a relación con el palatino puede ser lo que provoque un crecimiento con ritmo “lento” con respecto a su anchura.

El siguiente elemento del paladar en presentar alometría negativa fue el pterigoides y las relaciones de este elemento son las siguientes:

Largo de la maxila a partir de la abertura nasal contra grosor máximo del pterigoides (relación 36, tabla 6) y longitud total del pterigoides contra grosor máximo del pterigoides (relación 52, tabla 9).

La primera relación de alometría negativa del pterigoides se produce entre el grosor máximo de este y el largo de la maxila a partir de la abertura nasal (relación 36), esta relación indica que el grosor del pterigoides crece a un ritmo menor que la maxila a partir de la abertura nasal dentro de la variación del cráneo adulto, esto es relevante, ya que si se revisa la correlación 19 se constata que el largo de la maxila y el grosor del pterigoides crecen al mismo ritmo, pero con la relación 36 hay un momento en que el grueso del pterigoides sufre un proceso de reducción en su ritmo de crecimiento, lo cual se explica con base en que el grosor de este elemento y el elemento mismo tiene un relevancia en la cinésis craneal y el que su crecimiento disminuya, puede también deberse a la asociación del pterigoides con los otros elementos involucrados en dicha cinésis como lo son el cuadrado y el palatino.

La segunda relación alométrica negativa del pterigoides se encuentra entre el grosor máximo del pterigoides y la longitud total del mismo (relación 52), esta relación indica que el grosor del pterigoides crece a un ritmo menor que su longitud dentro de la variación del cráneo; es posible que el comportamiento del grosor de este elemento se deba al papel que tiene el pterigoides en la cinésis craneal, así como, la articulación que concierne a dicho elemento con la porción occipital del palatino, el cual debe producir una reducción en el ritmo de crecimiento en el grosor del pterigoides; es notable que el pterigoides se vuelve más angosto conforme se alarga rostralmente, hasta llegar a unirse al vómer por medio de un ligamento.

El resto de la alometría negativa se presentó en los huesos del techo del cráneo, maxila y región occipital. De estos la región que presentó mayor cantidad de relaciones alométricas negativas fue la región occipital con cuatro

relaciones de las cuales tres se presentaron en los exoccipitales y se mencionan a continuación:

Máxima anchura de la caja craneana contra distancia entre los exoccipitales (relación 13, tabla 3); largo total de la mandíbula contra distancia entre los exoccipitales (relación 38, tabla 7) y largo de la sínfisis mandibular contra distancia entre los exoccipitales (relación, 41 tabla 7).

La primera relación negativa que presentan los exoccipitales se da entre la distancia de los mismos y la anchura de la caja craneana (relación 13), al ser una relación alométrica negativa significa que la distancia entre los occipitales laterales disminuye con respecto a la anchura del cráneo dentro de la variación del mismo. Esto es natural si consideramos que los exoccipitales forman parte del borde de la cápsula ótica mientras que la caja cerebral tiene como función encerrar y proteger el cerebro; por tanto el tamaño de la caja cerebral tiene que ser mayor que la distancia de los exoccipitales.

La segunda relación alométrica negativa que presentan los exoccipitales se encuentra contra el largo total de la mandíbula lo cual significa que la distancia de los exoccipitales se da a un ritmo menor que el crecimiento del largo de la mandíbula (relación 38), lo cual se debería a que los exoccipitales solo forman parte del borde de la cápsula ótica mientras que la mandíbula tiene un rol muy importante dentro del cráneo, ya que junto con la caja craneana forma al cráneo en todo su conjunto, además de que participa en la apertura y cerrado de la boca del organismo y por ende su alimentación de ahí que su crecimiento deba ser más rápido que el de la distancia de los exoccipitales.

La última relación alométrica negativa que presentan los exoccipitales se da con el largo de la sínfisis mandibular y por tanto la distancia entre estos crece a un ritmo menor que el largo de la sínfisis mandibular. Es particular que los exoccipitales presenten una relación de isometría con el largo de la maxila (relación 16) y alometría negativa con respecto al largo de la mandíbula y la sínfisis de esta dado que ambas estructuras intervienen en la apertura y cerrado de la boca del organismo por lo que podemos decir que la forma de los exoccipitales y la maxila es constante mientras que la forma de estos es menor con respecto a la mandíbula.

La última relación alométrica negativa que se que se presenta en la región occipital es:

Anchura de la caja a la altura del proceso postorbital contra diámetro del cóndilo occipital (relación 24, tabla 4)

En esta relación el diámetro del cóndilo occipital crece a un menor ritmo que la anchura de la caja craneana; pues el cóndilo occipital se articula con el axis, por lo que su tamaño está determinado por la relación que presenta con esta vertebra.

La maxila presentó dos relaciones alométricas negativas y se mencionan a continuación:

Longitud total del cráneo contra largo de la maxila (relación 1, tabla 1) y máxima anchura de la caja craneana contra largo de la maxila (relación 12, tabla 2).

La maxila presenta la tendencia de tener un crecimiento menor con respecto al largo (relación 1) y a la anchura (relación 12) del cráneo, dentro de la variación del mismo; lo que indica que ambos se encuentran estrechamente relacionados con alometría negativa; esto es de esperarse, mientras, la maxila se alarga, el cráneo debe crecer más rápido en su longitud y en su anchura para dar cabida a todas sus estructuras y órganos: el cerebro, los ojos, los oídos, entre otros.

La mandíbula solo presentó una relación alométrica negativa:

Largo de la maxila a partir de la abertura nasal contra altura de la mandíbula a nivel de la fenestra mandibular (relación 35 tabla 6).

Esta relación indica que la mandíbula, en el punto en donde se encuentra la fenestra mandibular, sufre un proceso de ralentización en el crecimiento de su altura, con respecto, al crecimiento que se da en la maxila a partir de la abertura nasal. Dicho fenómeno tal vez ocurra a causa de que el hueso dentario se divide en dos procesos óseos: esto da lugar a la formación de la fenestra mandibular; mientras, la maxila solo se extiende a partir de la abertura nasal, hasta formar la punta del pico y no sufre de ningún proceso de división en sus elementos.

La última relación alométrica negativa se da en el techo del cráneo entre dos de sus anchuras:

Menor anchura del cráneo de la región inter-orbital contra anchura del cráneo de la región del borde dorsal del hueso lacrimal (relación 25 tabla 5).

Esta relación señala que la anchura en la región del borde dorsal del hueso lacrimal presenta un ritmo de crecimiento más lento a la Menor anchura del

cráneo de la región inter-orbital; se atribuye a que dicha variable está formada por varios huesos: proceso nasal del premaxilar, hueso lacrimal y huesos nasales, lo cual, le da mayor complejidad; en cambio, la anchura de la región interorbital está formada sólo por el mesetmoides y el extremo occipital de los huesos nasales.

### **Relación inversa**

Este tipo de relación alométrica presento ocho relaciones. La estructura que mostró mayor cantidad de relaciones inversas fue el paladar con cuatro:

Altura de la maxila rostralmente a la abertura nasal contra grosor máximo del paraesfenoides (relación 21, tabla 4); altura de la maxila rostralmente a la abertura nasal contra longitud total del pterigoides (relación 23, tabla 4); largo de la maxila a partir de la abertura nasal contra grosor anterior del palatino (relación 37 tabla 7) y grosor máximo del foramen magnum contra grosor máximo del vómer (relación 45 tabla 8).

Al presentar el paladar estas relaciones indica que existe una tendencia de sus elementos a reducirse, en relación, al aumento de las dimensiones de la maxila, tanto el paraesfenoides en su grosor (relación 21) como el pterigoides en su longitud (relación 23) se reducen respectivamente, en relación al aumento de la altura de la maxila rostralmente a la abertura nasal; de la misma manera, el palatino también se reduce con respecto al aumento de la maxila, pero en esta relación se da con la longitud de la maxila a la altura de la apertura nasal (relación 37). Este fenómeno puede deberse a que el paladar del avestruz termine su crecimiento antes que la altura de la maxila.

El último elemento del paladar en presentar relación inversa es el vómer, el cual se reduce en su grosor con respecto al aumento de tamaño del grosor del foramen magnum (relación 45), dentro de la variación del cráneo; esto ocurre debido a la importancia que tiene el foramen mágnum al ser el conducto por donde la médula espinal se comunica con el cerebro; debido a su relación con estos órganos tan importantes, su crecimiento deber ser mucho mayor que el del vómer que solo participa en la estructura del paladar.

La siguiente estructura en presentar un fenómeno de relación inversa fue La altura de la maxila rostralmente a la abertura nasal, la cual presentó dos relaciones:

Longitud total del cráneo contra altura de la maxila rostralmente a la abertura nasal (relación 2, tabla 1) y altura de la caja craneana contra altura de la maxila rostralmente a la abertura nasal (relación, 9 tabla 2).

Estas relaciones señalan que la altura de la maxila rostralmente a la abertura nasal tiene la tendencia de reducirse, mientras el resto del cráneo aumenta su tamaño, en su longitud y en su altura; esto se atribuye al proceso de aplanado dorsoventral que sufren los elementos del paladar incluyendo al premaxilar y al maxilar (Webb, 1957); en tanto que el cráneo debe aumentar sus dimensiones de acuerdo a como se desarrollen los órganos a los que alberga como lo son: los ojos, los oídos y por supuesto, el cerebro. Que la altura de la maxila rostralmente a la abertura nasal se reduzca señala que esta termina su crecimiento antes que el crecimiento del cráneo en su longitud y su altura, este tipo de comportamiento también se observa en el paladar en las relaciones 21, 23 y 37.

La siguiente relación inversa la presento el basiesfenoides:

Altura de la maxila rostralmente a la abertura nasal contra grosor máximo del basiesfenoides (relación 22, tabla 4).

Esta relación indica que el grosor del basiesfenoides se reduce mientras la altura de la maxila rostralmente a la abertura nasal aumenta su dimensión. Si consideramos al basiesfenoides como la base del cráneo y vemos las relaciones 21, 23 y 37 se afirma que la región ventral del cráneo se reduce mientras la maxila aumenta en la región de la abertura nasal, tanto a lo largo como a lo alto; el basiesfenoides, igual que ocurre en el paladar, termina su crecimiento antes que la maxila.

La última relación inversa fue: Altura de la narina contra grosor máximo del foramen magnum (relación 11, tabla 2).

Esta relación indica que el foramen magnum se reduce en su grosor mientras la altura de la narina incrementa su tamaño dentro de la variación del cráneo adulto.

### **Alometría positiva.**

Este tipo de alometría presentó solo tres relaciones; dos de las cuales se encuentran en el paladar:

Anchura del cráneo en la región del borde dorsal del hueso lacrimal contra longitud máxima del vómer (relación 33, tabla 6) y longitud total del paraesfenoides contra longitud máxima del vómer (relación 48, tabla 8). La primera relación alométrica positiva que mostró el paladar se presenta entre la longitud máxima del vómer que crece a un mayor ritmo que el ancho del cráneo en la región del borde dorsal del hueso lacrimal (relación 33) dentro de la variación del cráneo adulto. Al analizar esta relación y la relación número 32, donde la longitud del vómer crece en su longitud total isométricamente con respecto a esta anchura, se afirma que ambas magnitudes están muy relacionadas alométricamente; ya que el vómer crece al mismo ritmo que esta anchura o más rápido.

La segunda relación alométrica positiva que presenta el paladar se da entre la longitud máxima del vómer que crece a un mayor ritmo que la longitud total del paraesfenoides dentro de la variación del cráneo adulto (relación 48); esto es lógico si consideramos que la longitud máxima se midió a partir de donde el vómer se divide y forma sus pestañas. Sin embargo, la relación número 47 indica que tanto la longitud total del vómer y la del paraesfenoides crecen al mismo ritmo, al ser una relación del tipo isométrica. Que el crecimiento sea isométrico entre las longitudes totales de estos dos elementos puede considerarse como normal, pues se encuentran extremadamente asociados (el vómer está unido a la superficie ventral del paraesfenoides), al ser el vómer un elemento más pequeño puede que ocasione un crecimiento mayor en su longitud máxima con el fin de alcanzar, en extensión, al paraesfenoides hacia la porción rostral del cráneo y cubrirlo en gran parte.

La última relación alométrica positiva que presenta el cráneo se da entre Longitud total del cráneo contra puente internasal (relación 4, tabla 1). Esta nos indica que el puente internasal crece a un mayor ritmo que el cráneo en su longitud total. Como dicho puente es cartilaginoso y forma el tabique nasal, este tiene como función separar ambas fosas nasales, extenderse occipitalmente hasta unirse con el septum interorbital, el cual tiene como función separar a los ojos; es normal que el puente internasal crezca más rápido que resto del cráneo.



## 8.- Conclusiones

- Se estableció la relación alométrica estática del cráneo de avestruz, el cual mostró que su forma tiende a mantenerse constante; de las cincuenta y nueve relaciones que presentaron algún tipo de alometría treinta y uno de ellas tuvieron isometría.
- El Paladar presentó cuarenta y uno relaciones alométricas, fue la región del cráneo con más alometría: se dividió en: veintiséis relaciones isométricas, nueve alométrico negativas, cuatro del tipo de relación inversa y dos alométrico positivas, de esta manera, se observa que el paladar tiene la tendencia de mantener su forma constante, pese a presentar todos los tipos de alometría porque sus elementos muestran una mayor cantidad de isometría. Por lo que no presenta un cambio de forma.
- La región occipital presentó seis relaciones alométricas: de las cuales cuatro son relaciones del tipo alométrico negativas, una isométrica y una del tipo de relación inversa; de esta manera, se observa que la región occipital tiende a crecer a un menor ritmo con respecto al resto del cráneo y la mandíbula, mientras su forma se mantiene constante con respecto al largo de la maxila. Por lo que presenta un cambio de forma.
- La maxila mostró cuatro relaciones alométricas: dos relaciones alométrico negativas y dos del tipo de relación inversa, lo que indica que este elemento tiene la tendencia a reducir su tamaño en comparación al resto del cráneo. Por lo que presenta un cambio de forma.
- La mandíbula presentó tres relaciones alométricas: dos isométricas y una alométrica negativa, lo cual indica que esta estructura tiene la tendencia de mantener su forma en relación al cráneo y a la maxila pese a presentar pocas correlaciones. Por lo que no presenta un cambio de forma.
- El techo del cráneo presentó dos relaciones alométricas: una isométrica y una alométrica negativa, lo que indica que esta estructura tiene la tendencia de ensancharse mientras el cráneo se alarga, pero reduce su ritmo de crecimiento

en relación al ancho del cráneo en la región inter-orbital. Por lo que no presenta un cambio de forma.

- El basiesfenoides, considerado como la base del cráneo, presentó 2 relaciones alométricas: una isométrica y una del tipo de relación inversa. Se estima que tiende a mantener su forma constante o reducirla con respecto al cráneo. Por lo que no presenta un cambio de forma
- El puente internasal presentó sólo una relación alométrica y fue del tipo positiva, por consiguiente, este elemento creció a un mayor ritmo que el cráneo en su longitud total, esto es natural si se considera como la función principal del puente internasal el de separar las fosas nasales y también a los ojos, antes de que el cráneo alcance su tamaño máximo. Por lo que presenta un cambio de forma.
- De acuerdo a lo anterior, podemos afirmar que el cráneo de avestruz mantiene una forma casi constante, con variación en la región occipital, maxila y puente internasal.
- Las medidas morfométricas establecidas para el cráneo de avestruz se pueden utilizar tanto para estudios posteriores, como para su interpolación, en otras especies de aves paleognatas, para establecer su patrón alométrico.
- Se realizó una actualización a la descripción del cráneo de avestruz, si bien existen descripciones del cráneo de este organismo, la más actual es de 1957 realizada por Webb, y pese a no encontrar diferencias con respecto a la efectuada por este investigador; el presente trabajo brinda una actualización en el conocimiento del cráneo de este organismo y es de gran importancia, porque en él se detallan elementos no descritos por Webb, como lo son: el cuadradoyugal y el hioides.
- El compendio fotográfico muestra la estructura de los elementos óseos con mayor objetividad, pues los dibujos esquemáticos del cráneo de avestruz, que describen su anatomía, están sujetos a la subjetividad del dibujante.

## 9.- Recomendaciones

- Se recomienda realizar un estudio de la alometría ontogenética del cráneo de avestruz; es decir, analizar diferentes estadios del crecimiento del cráneo de este organismo, con el fin de comprobar si existe un tipo de variación con respecto al modelo alométrico estático que se desarrolló en el presente estudio.
  
- Se recomienda realizar el estudio alométrico en el cráneo del resto de los paleognatos, con el fin de establecer si existe una relación alométrica entre ellos, y si dicha relación tiene alguna relevancia dentro del árbol filético de los paleognatos.

## 10.- Bibliografía

Beletsky, L. (2006) Birds of the World, The Johns Hopkins University Press, USA, 15pp. Brooks, M. and Birkhead, T. (1991) The Cambridge Encyclopedia of Ornithology, Syndicat of the University of Cambridge, Spain, 76-83 pp.

Brooks, M. and Birkhead, T. (1991) The Cambridge Encyclopedia of Ornithology, Syndicat of the University of Cambridge, Spain, 76-83 pp.

Deeming, D. (2001) El avestruz, biología, producción y sanidad, Editorial Ecribia, España, 13-47 pp.

Deeming, D. C., Sibly R. M., and Mogale I. L. (1996) Estimation of the weight and body condition of ostriches (*Struthio camelus*) from body measurements, *Veterinary Record*, 139, 210-213, England.

Frankino, W.A., D.J. Emlen, A.W. Shingleton. (2009), Experimental approaches to studying the evolution of morphological allometries: The shape of things to come in "Experimental Evolution". (T. Garland and M.R. Rose, Eds) *University of California Press, Berkeley*.

Gayon, J. (2000) History of the concept of allometry, *American Zoologist*, Vol. 40: 748-758.

Gersenowies, R. J. R. (2007) Alometría, Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Estudios Superiores Iztacala, México, 57- 92 pp.

Hildebrand, M. (1982) Anatomía y embriología de los vertebrados, Limusa, México, 164-196 pp.

Kardong, K. (1999) Vertebrados, Anatomía comparada, función, evolución, Mcgraw-Hill, España, 217-270 pp.

Perrins, C. (2006) La Gran Enciclopedia de las Aves, Editorial Libsa, España, 26-29 pp.

Pirlot, P. (1976) Morfología comparada de los cordados, Omega. España, 126-130 pp.

Proctor, N. S. (1993) Manual of Ornithology : Avian structure and function, Yale University Press, USA, 23 pp.

Romer, A. (1973) Anatomía Comparada (Vertebrados), 4ta edición, Nueva Editorial Interamericana, México, 165-185 pp.

Sander W. S., Gussekloo and Bout R., G. (2005) Cranial kinesis in palaeognathous birds, The Journal of Experimental Biology 207, 2745-2753, Holanda.

Sisson, S. y Grossman, J. (2001), Anatomía de los animales domésticos, vol. II, 5ª ed, Ed. Masson, España, 1960-1973 pp.

Van der Meij, M. A. A. and Bout, R. G (2004) Scaling of jaw muscle size and maximal bite force in finches, The Journal of Experimental Biology 207, 2745-2753, Holanda.

Vassallo A., I. (2000) Alometría e isometría en varias especies de roedores caviomorfos, con comentarios sobre la estructura del aparato masticatorio del orden rodentia, Mastozoología Neotropical / J. Neotrop. Mammal.; 7(1):37-46, Argentina.

Webb, M., (1957) The ontogeny of the cranial bones, cranial peripheral and cranial parasympathetic nerves together with a study of the visceral muscles of struthio, Acta zoologica, 38, 81-203.

# 11.- Anexo

A) Descripción del cráneo

B) Matriz de datos

### **A) Descripción del cráneo de avestruz (*Struthio camelus*).**

La descripción del cráneo se realizó con uno de los cráneos. La presente descripción se realizó tomando como referencia la hecha por Webb en 1957.

Se describen los elementos a partir del elemento más rostral al más occipital en cada uno de los elementos óseos

#### **Paladar.**

Primeramente se describirá el paladar ya que este es una estructura esencial para distinguir a los Dromeognatos de los Neognatos. (Webb, 1957). Los huesos que constituyen el paladar son: Los maxilares, palatinos y pterigoides que no están pareados en el adulto, solo en las crías. Todos estos huesos excluyendo al vómer son relativamente constantes en forma y tamaño y se ajustan al plan básico reconocido para el avestruz donde la barra palato-pterigo-cuadrada es la más recta de cualquier ave y corre paralela la paraesfenoides (Webb, 1957) (Figura 42).

**Premaxilar:** El elemento más rostral del paladar es el premaxilar que es el hueso que forma lo que es la punta del pico y se encuentran redondeado en su extremo más rostral y a su vez forma los márgenes rostralaterales del paladar (Webb, 1957) a estos márgenes los constituyen los procesos palatinos de los premaxilares (proceso palatino del premaxilar). Los proceso palatinos del premaxilar son amplios y se estrechan tan pronto entran en contacto con el maxilar extendiéndose lateralmente al maxilar y llegan tan lejos hasta encontrarse con el extremo rostral del yugal (Figura 42). El proceso medio impar del premaxilar, el proceso nasal, en su región dorsal se extiende occipitalmente hasta encontrarse con los nasales (Webb, 1957).

**Maxilar:** Este hueso se encuentra en una posición occipital al premaxilar y es un hueso plano que abarca la mayor parte del paladar y se extiende occipitalmente hasta encontrarse con el yugal y la región media del palatino al que se encuentra unido por una sutura. Al maxilar lo conforman cinco diferentes procesos:

a) El proceso anterolateral del maxilar se encuentra unido, medio ventralmente, al proceso palatino del premaxilar; formando con este el borde lateral de la maxila (Figura 42).

b) El proceso zigomático del maxilar: se extiende occipitalmente hasta encontrarse con el extremo rostral del yugal, este proceso tiene la peculiaridad de dividirse occipitalmente en una porción dorsal y ventral y cada una de ellas disminuye hasta el extremo rostral del yugal, se podría decir que esto forma una especie de envoltura en dicho extremo del yugal (Figura 42).

c) El proceso exterior del maxilar: es el “proceso” del maxilar que se encuentra unido lateralmente al palatino está ensanchado rostralmente pero se estrecha con forme se extiende occipitolateralmente al palatino (Figura 42).

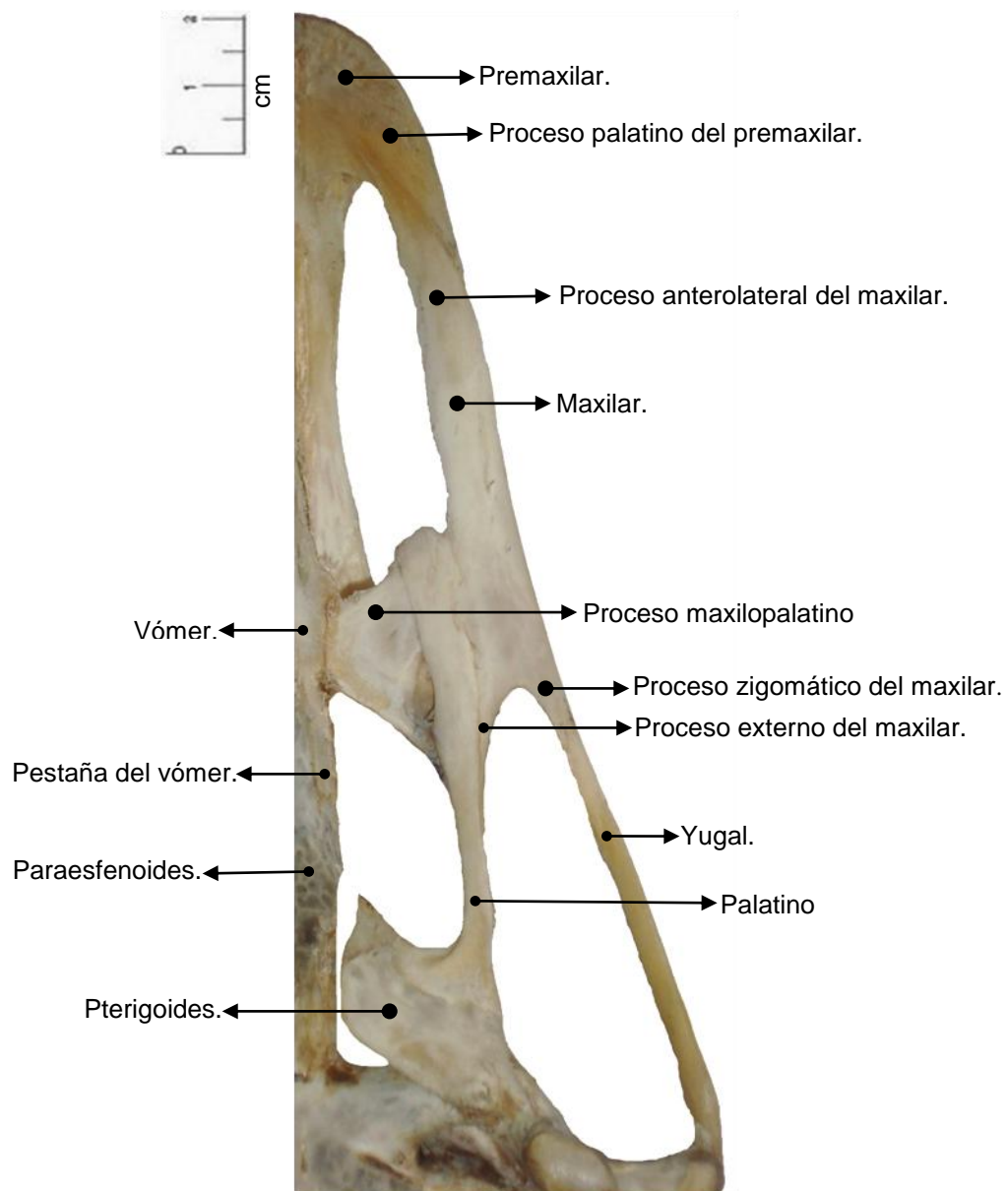


Figura. 42 Vista palatina del cráneo de avestruz.



d) **Proceso maxilopalatino:** El maxilopalatino es una proyección transversal del maxilar está corre dorsal al palatino hasta unirse con el vómer; está fusionado lateralmente con el proceso interno del maxilar (Figura 42).

e) **El proceso interno del maxilar:** es de considerable importancia debido a su relación con el palatino (Webb, 1957). Es una placa ósea semicircular, que se encuentra fusionada con el palatino y forma una artrosis con el vómer. Este proceso varia en tamaño y forma: corto y romo o alargado y delgado (Webb, 1957) (Figura 42).

**Palatino:** Es una barra ósea, su extremo rostral es ancho pero conforme se extiende occipitalmente se adelgaza, en todos los organismos se observa que se encuentra entre el maxilopaltino y el proceso interno del maxilar así como del proceso externo del maxilar, el extremo occipital del palatino se encuentra con el pterigoides en su región rostro-medial-lateral es característico de la unión con el pterigoides que el palatino se ensanche abarcando casi todo el margen del pterigoides ensanchándose desde la base del mismo hasta la pestaña del pterigoides (Figura 42).

**Pterigoides:** Como los otros huesos que constituyen al paladar se encuentra dorsoventralmente aplanado (Webb, 1957).

La porción medial rostral es “estrecha” y se encuentra lateral al paraesfenoides en la última porción de este último. Está porción medial rostral puede decirse que se “superpone” al paraesfenoides y por tanto se le conoce como pestaña del pterigoides esta se une al vómer por un fuerte ligamento tal y como lo describe Webb (1957) (Figura 42).

Occipitolateralmente está articulado con el basiesfenoides específicamente con el proceso basipterigoideo. Con el hueso cuadrado la unión se lleva a cabo con el proceso orbitocuadrado del hueso cuadrado está unión es en la región posterolateral del pterigoides que se une con la región occipito-proximal-medial del orbitocuadrado (Webb, 1957).

**Vómer:** Tal como lo describe Webb (1957), al igual que el premaxilar este hueso es un elemento impar este se extiende ventralmente al paraesfenoides abarcándolo casi por completo ya que se extiende del extremo rostral del paraesfenoides hasta la porción media del mismo (Figura 43), en su porción posterior y a la altura del proceso interno del maxilar se divide formando sus características pestañas en forma de “V”; que envuelven mediolateralmente al

paraesfenoides como ya se describió en el apartado del pterigoides estas pestañas se unen al pterigoides por un fuerte ligamento (Figura 43). Webb (1957) menciona que esta hendidura en forma de "V" quizás en si misma sea indicativa de la naturaleza pareada del vómer durante el desarrollo.

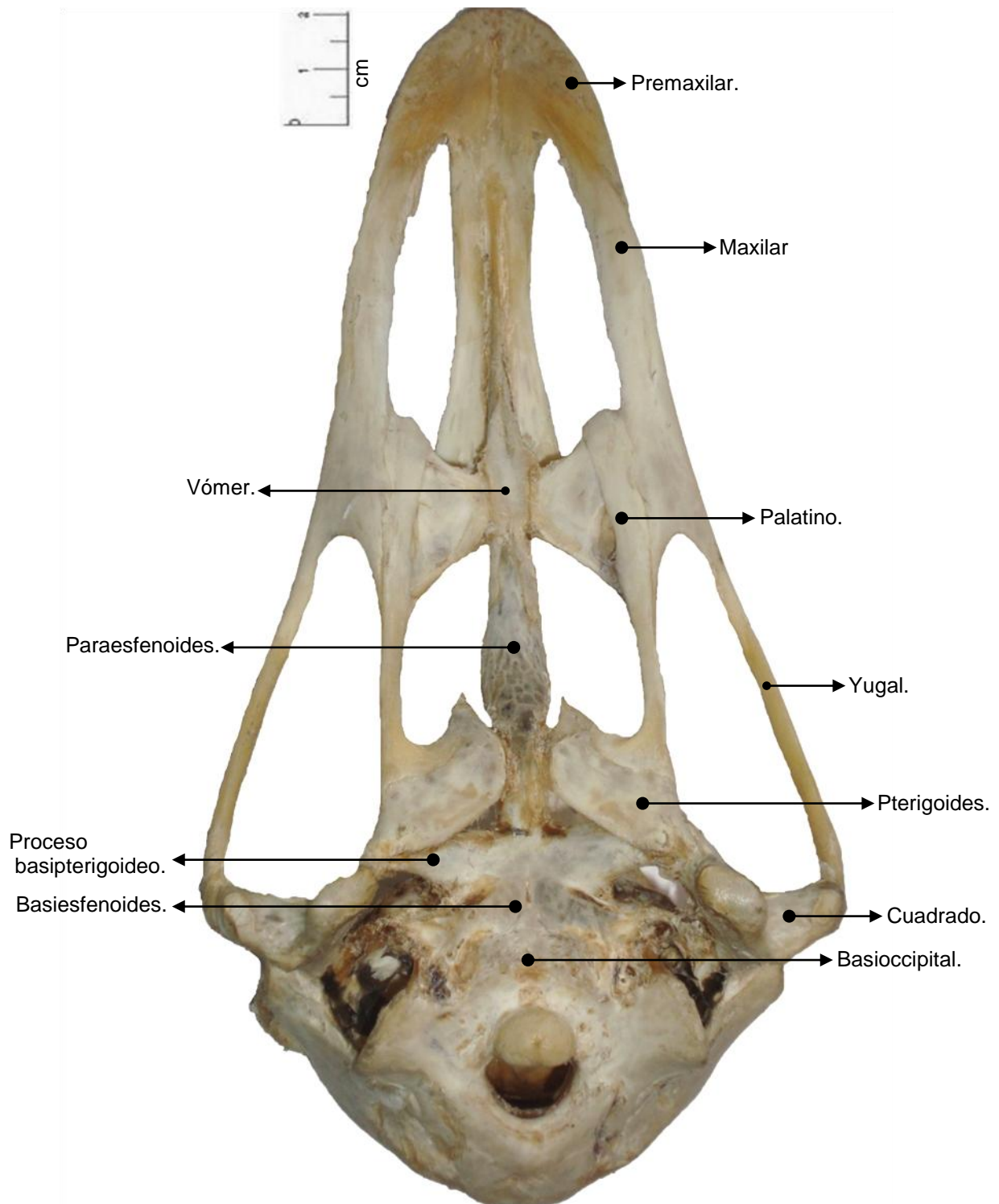


Figura. 43 Vista ventral del cráneo de avestruz.

**Paraesfenoides:** En el paladar se observa ventralmente el paraesfenoides en posición medial; en el extremo más rostral es angosto y termina en punta, el paraesfenoides se prolonga occipitalmente y se vuelve más ancho pero se vuelve angosto de nueva cuenta en su extremo occipital, una vez que se articula con el basiesfenoides (Figura 43).

A ambos lados del paraesfenoides, se encuentran los maxilopalatinos así como los procesos internos de los maxilares. En su región occipital se encuentran a cada lado y ventrolateralmente las pestañas de los pterigoides (Figura 43). Dorsal al paraesfenoides, se encuentra el tabique (Figura 45) y ventralmente el vómer (la relación del vómer con el paraesfenoides ya se explico al describir al vómer).

En el extremo occipitodorsal del paraesfenoides, surge un proceso que se prolonga verticalmente, este proceso se une lateralmente con el epiterigoides y forma el borde anterior del foramen del nervio óptico y entra en contacto con el margen posterolateral del orbitoesfenoides (Figura 45).

#### **Huesos del techo del cráneo**

Solo existe un elemento medio impar: el proceso nasal del premaxilar (Webb, 1957); éste se extiende occipitalmente hasta encontrarse con los nasales a los que se une mediolateralmente, el proceso nasal del premaxilar en su extremo más occipital se vuelve angosto hasta encontrarse con el extremo rostral del mesetmoides y forma el borde anterior de la fontanela temporal anterior (Webb, 1957) (Figura 44).

**Nasales:** Los nasales son característicamente trirradiados (Webb, 1957) se unen al proceso nasal del premaxilar anterolateralmente y al lagrimal medio lateralmente formando el borde anterior del lagrimal. La sutura entre estos dos huesos tiene forma de una “S” poco pronunciada y expandida. Los nasales se unen medio-lateralmente al lagrimal.

Los nasales se extienden occipitalmente rodeando casi por completo al mesetmoides y poseen suturas laterales del mismo. Los extremos más occipitales de los nasales terminan en punta y se encuentran con los extremos rostrales de los frontales (Figura 44).

**Frontales:** Son los huesos más grandes del cráneo y cubren por completo la región orbito dorsal y la región rostral de la bóveda craneal (Webb, 1957). Rostrales y sobre el techo de la bóveda craneana los frontales se unen a los

extremos occipitales de los nasales y la porción terminal del mesetmoides formando una sutura en forma de “M” (Figura 44).

El borde orbital de cada frontal se extiende rostralmente y como lo describe Webb (1957) llegan a entrar en contacto con el lacrimal, lateralmente el frontal tiene un reborde que se prolonga ventralmente y se une al orbitoesfenoides y al pleuroesfenoides; formando la porción dorsal y parte occipital de la órbita (Figura 45).

Hacia la región occipital los frontales se ensanchan formando el proceso post-orbital. La porción más occipital de los frontales está unida con los huesos parietales por medio de la sutura coronal (Figura 44).

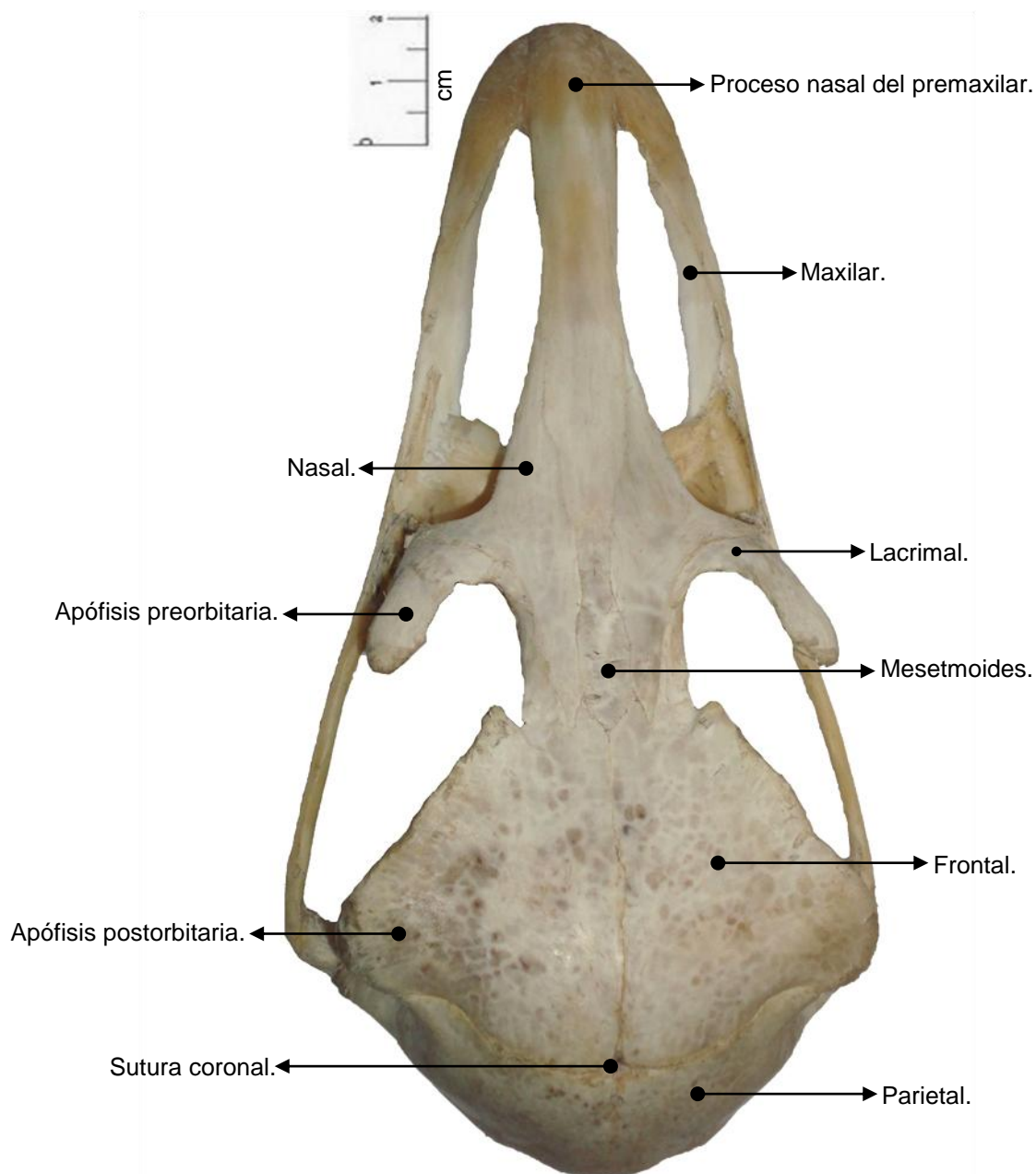


Figura. 44 Vista dorsal de cráneo de avestruz.

**Mesetmoides:** Este hueso está compuesto por dos partes. La primera parte es una placa horizontal que se extiende rostralmente a los huesos nasales y occipitalmente a los huesos frontales (Figura 44). La segunda parte se encuentra situada verticalmente y es una placa ósea que participa en la formación del septum interorbital.

**Parietales:** La cubierta occipital de la bóveda craneal la componen los huesos parietales y como ya se menciona en el apartado anterior se encuentran unidos en su porción rostral a los frontales por la sutura coronal (Figura 44); mediolateralmente estos huesos se prolongan hasta encontrarse con el pleuroesfenoides formando así la fosa temporal; latero-occipitalmente se encuentra unido al escamoso se puede observar que lateralmente las suturas siempre persisten entre los parietales el escamoso y el pleuroesfenoides (Webb, 1957) (Figura 45). La región más occipital se encuentra en una sinostosis con los supraoccipitales por medio de la sutura lambdoidea (Figura 44).

**Escamoso:** Lateralmente la mayor parte de la bóveda cerebral está encerrada por el escamoso (Figura 45). Es un hueso moderadamente pequeño que lateralmente se une al pleuroesfenoides; en su superficie media forma una articulación con el proceso ótico del cuadrado (Webb, 1957) (Figura 47). Su porción occipital se encuentra articulada con el supraoccipital así como a una pequeña porción del exoccipital (Figura 46).

#### **Huesos circumorbitales.**

**Lacrimonal:** El lacrimonal se encuentra situado en la región facial y en parte cubre la pared rostral de la órbita (Webb, 1957) en su porción dorsal se encuentra unido con el frontal y rostromedialmente con el nasal formando una sutura en forma de una "S" expandida; la apófisis preorbitaria se proyecta lateralmente de la porción dorsal del lacrimonal (Figura 44). Occipitovernalmente se proyecta un proceso del mismo lacrimonal este proceso desciende hasta encontrarse con el extremo anterolateral del yugal (Figura 45).

**Septum interorbital:** Es el hueso que forma la pared interna de la cápsula óptica su borde rostro lateral se encuentra libre pero se extiende hasta unirse dorsalmente al paraesfenoides, su región dorsal en una pequeña porción se encuentra unida al frontal formando el margen superior interno de la cápsula

ótica; finalmente su borde occipitolateral se une al proceso vertical del paraesfenoides y con él forma el borde del septum óptico (Figura 45).

**Epiterigoides:** Es un hueso que se encuentra en la cara interna de la órbita, ventral al foramen del nervio óptico en su extremo rostro lateral se encuentra en contacto con el proceso basipterigoideo y en su región medio lateral con el pleuroesfenoides su porción occipital se dirige hacia el proceso óptico del cuadrado pero no llega a alcanzarlo por una pequeña separación que existe entre ambos (Figura 45).

**Yugal:** Es el límite ventral de la órbita y constituye la mayor porción de la arcada temporal inferior. Rostralmente el yugal se encuentra firmemente unido al proceso zigomático del maxilar, en el primer cuarto de su longitud se encuentra articulado con un proceso del lacrimal, en su porción occipital el yugal se une al cuadradoyugal (Figura 45).

**Cuadradoyugal:** Es un hueso pequeño que se articula rostralmente con el yugal y occipitalmente con la faceta externa del cuadrado (Figura 45).

#### **Ossa substitentia.**

La Ossa substitentia es el nombre que le da Webb, 1957 a un grupo de huesos que le dan sostén al cráneo de ahí el origen de su nombre, los elementos y regiones que componen a esta serie ósea son: El tabique, el pleuroesfenoides, la región occipital, la región ótica y el basiesfenoides.

**Tabique:** El tabique se encuentra medial en el cráneo y su posición no es ni totalmente etmoidal ni esfenoidal, se encuentra entre estas dos regiones y por consiguiente puede considerarse como una combinación del mesetmoides y el septum interorbital (Webb, 1957) la porción más rostral del tabique está formada por el septum nasal que se apoya con la región dorsal del paraesfenoides y con la región ventral del proceso nasal del premaxilar la porción media del tabique está formado por el mesetmoides vertical que se origina del mismo mesetmoides en su región más occipital el tabique se apoya con los frontales que se extienden occipitalmente para unirse con la porción rostral del septum interorbital (Figura 45).

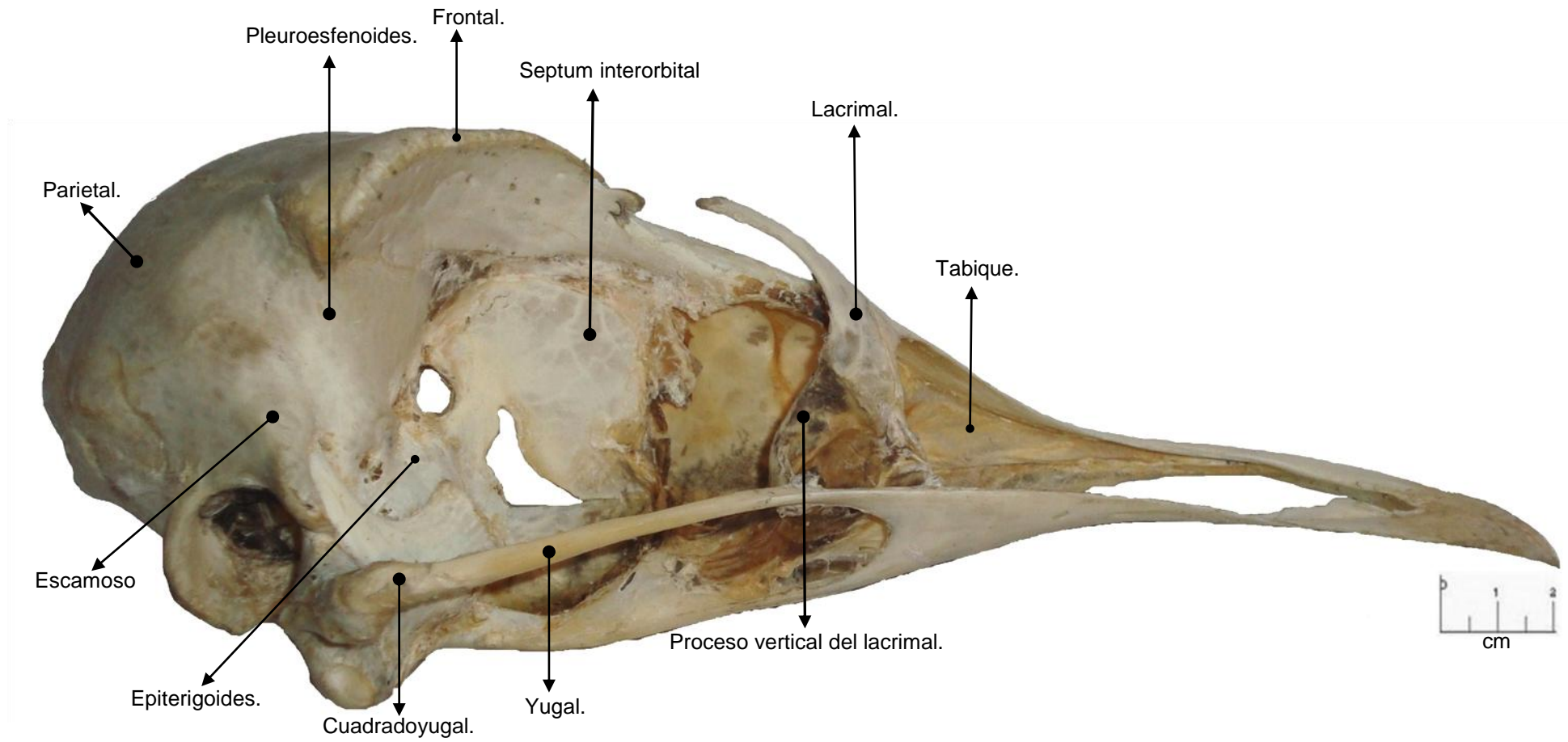


Figura. 45 Cráneo del avestruz en vista lateral.

**Pleuroesfenoides:** Es medialmente cóncavo y lateralmente convexo (Webb, 1957) este hueso forma la porción occipitolateral de la capsula óptica y se encuentra rodeado por varios huesos, dorsalmente se une al frontal y lateralmente al parietal; con el escamoso se une occipitalmente y al igual como describe Webb, 1957 se pierde la sutura y se encuentra ventralmente unido con el epiterigoides (Figura 45).

**Región occipital:** Está región se puede considerar como la porción nugal del cráneo y se encuentra formada por una serie de huesos que se detallarán a continuación: Occipital al parietal se encuentra el supraoccipital que forma el borde dorsal del foramen magnum que se encuentra bordeado lateralmente por un par de exoccipitales y ventralmente por un basioccipital donde se encuentra el cóndilo occipital. Cada uno de los exoccipitales aporta una pequeña porción para formar el cóndilo occipital así como el borde caudolateral de la cápsula óptica (Figura 46).

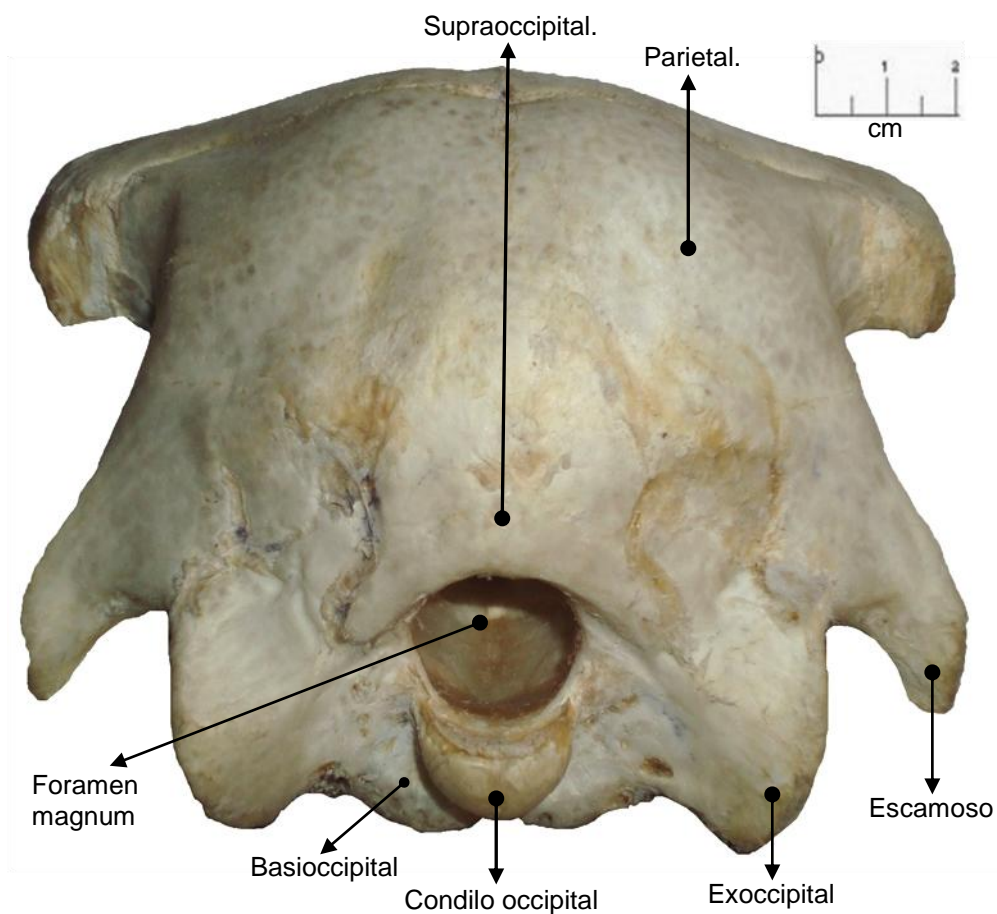


Figura. 46 Región occipital en vista nugal.



**Región ótica:** Está compuesta por la cápsula ótica, que en su región caudal está bordeada por el ala del exoccipital y dorsolateralmente por el margen ventrolateral del escamoso (Figura 47). Dentro de ella, se encuentran dos huesos perióticos: el preótico y el opistótico. El primero, forma el borde rostral de la cápsula ótica y se origina en el margen ventral del foramen preótico (Webb, 1957); además, forma el margen rostródorsal de la fenestra ovalis, occipital a la fenestra ovalis, el preótico forma una superficie articular para el proceso ótico del cuadrado (Figura 47). El segundo hueso, el opistótico forma el margen ventral de la fenestra ovalis.

Cabe mencionar, que dentro de la bóveda craneana se encuentra el periótico, el cual es un hueso que también conforma parte de la región ótica (Figura 48).

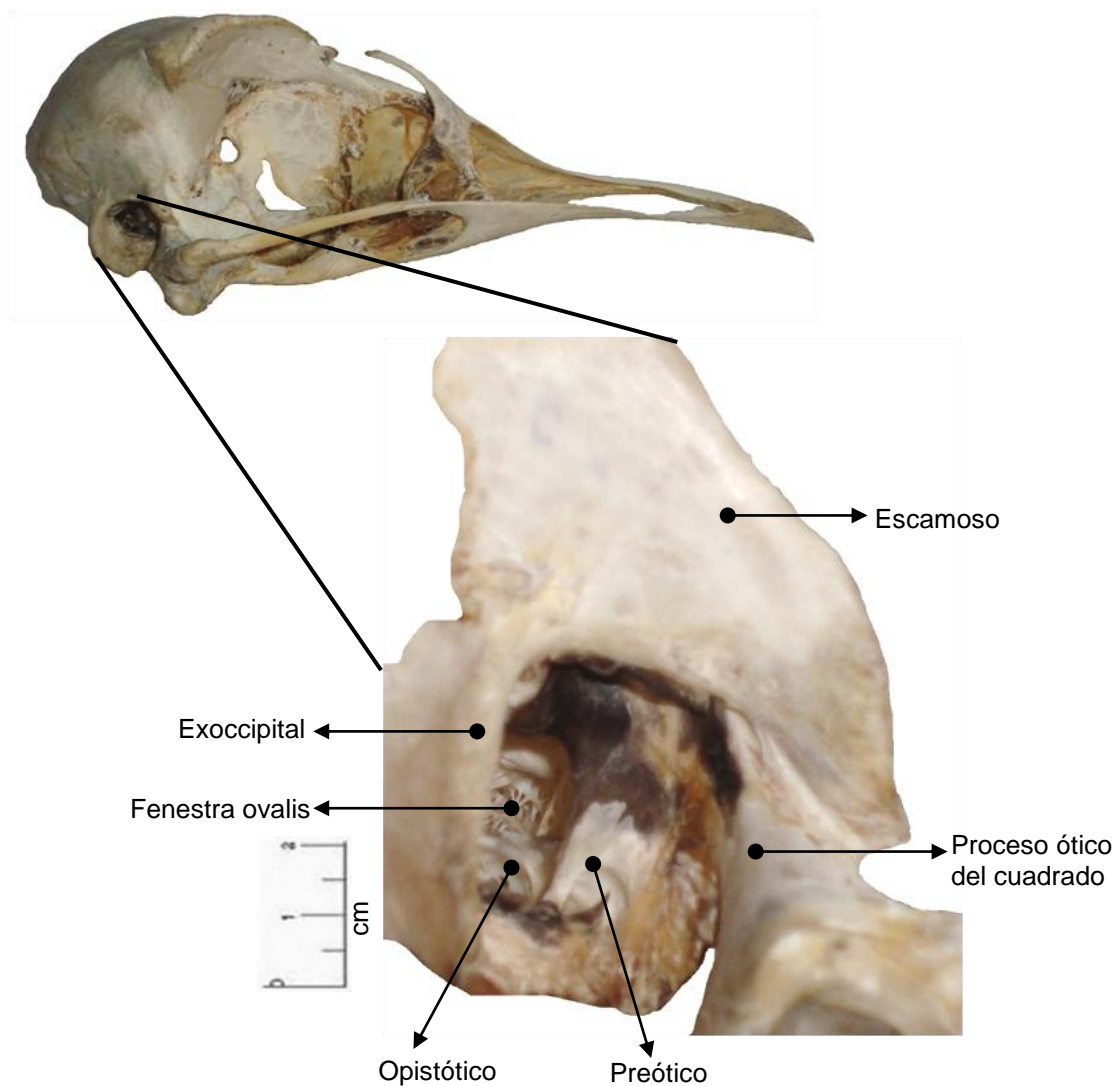


Figura. 47 Cápsula auditiva en vista lateral.

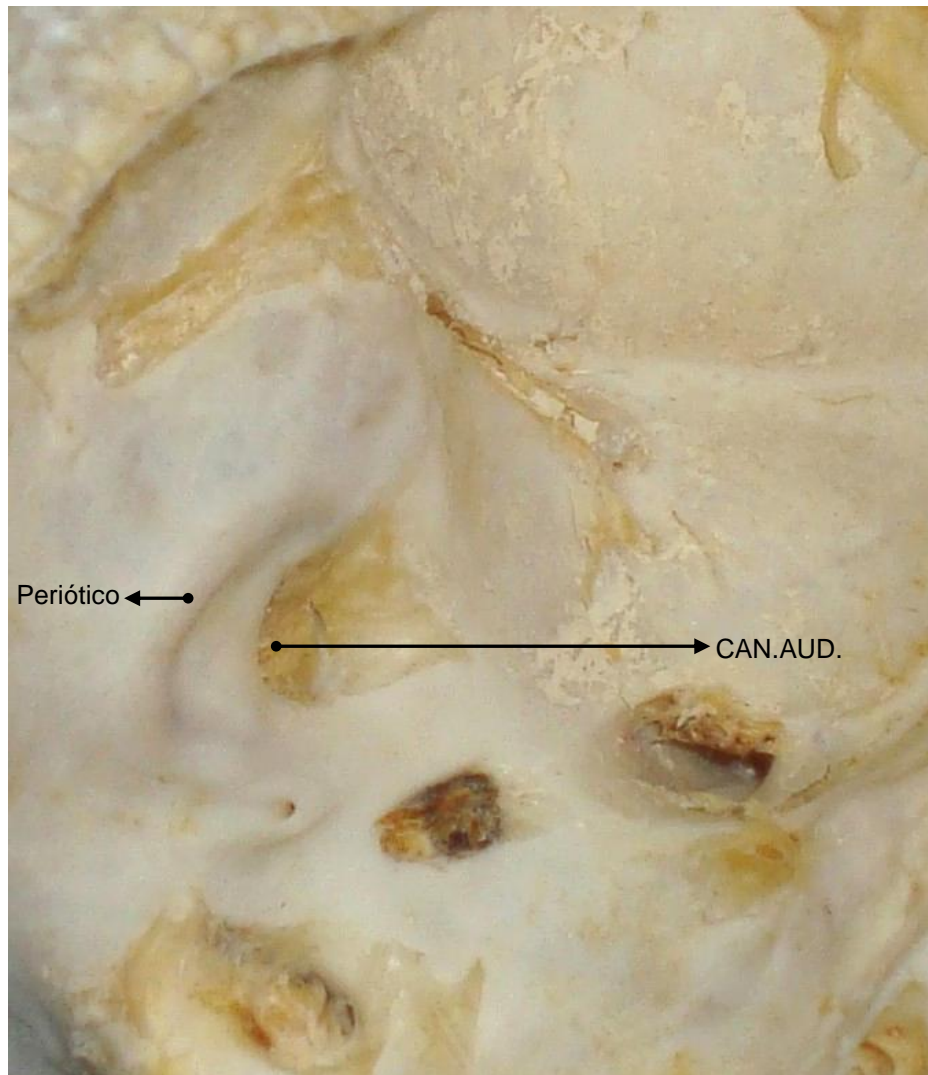


Figura. 48 Cara interna de la bóveda craneal que muestra el oído interno.

**Basiesfenoides:** El basiesfenoides es el hueso que forma la base de la caja craneana y en su porción más rostral se encuentra fusionado al extremo occipital del paraesfenoides; en su porción rostro-lateral se proyecta un elemento óseo a cada lado que forman el proceso basipterigoides los extremos de este proceso están cubiertos ventralmente por el pterigoides diagonalmente y entre el pterigoides y dicho proceso hay una pequeña separación. En su porción media a ambos lados del basiesfenoides se encuentran dos forámenes de forma oval. En su región occipital el basiesfenoides se vuelve angosto y se une al basioccipital y en dicha unión se forman dos “crestas” (Figura 43).

**Cuadrado:** Este hueso tiene una estructura trirradiada (Webb, 1957). El elemento más pronunciado es el proceso orbitocuadrado que se proyecta rostromedialmente del cuerpo del hueso (Webb, 1957) (Figura 49). Ventralmente hay dos facetas para la articulación con el hueso articular de la mandíbula. La faceta articular externa se encuentra unida al extremo occipital del cuadradoyugal y está dirigida transversalmente, no encontrándose al mismo nivel que la faceta articular interna que se coloca en sentido medial y se divide en dos regiones distintas una región ventral horizontal y una región lateral vertical (Webb, 1957) (Figura 50).

El proceso ótico es un cóndilo que se proyecta del proceso orbitocuadrado de forma transversal. El proceso ótico es corto y termina en un cóndilo alargado que es característico en aves dromeognatos (Webb, 1957) (Figura 47). Dicho cóndilo se extiende de forma transversal formando un acoplamiento con el escamoso dicho acoplamiento se da en un ahuecamiento que se forma entre el escamoso y el pleuroesfenoides (Figura 49).

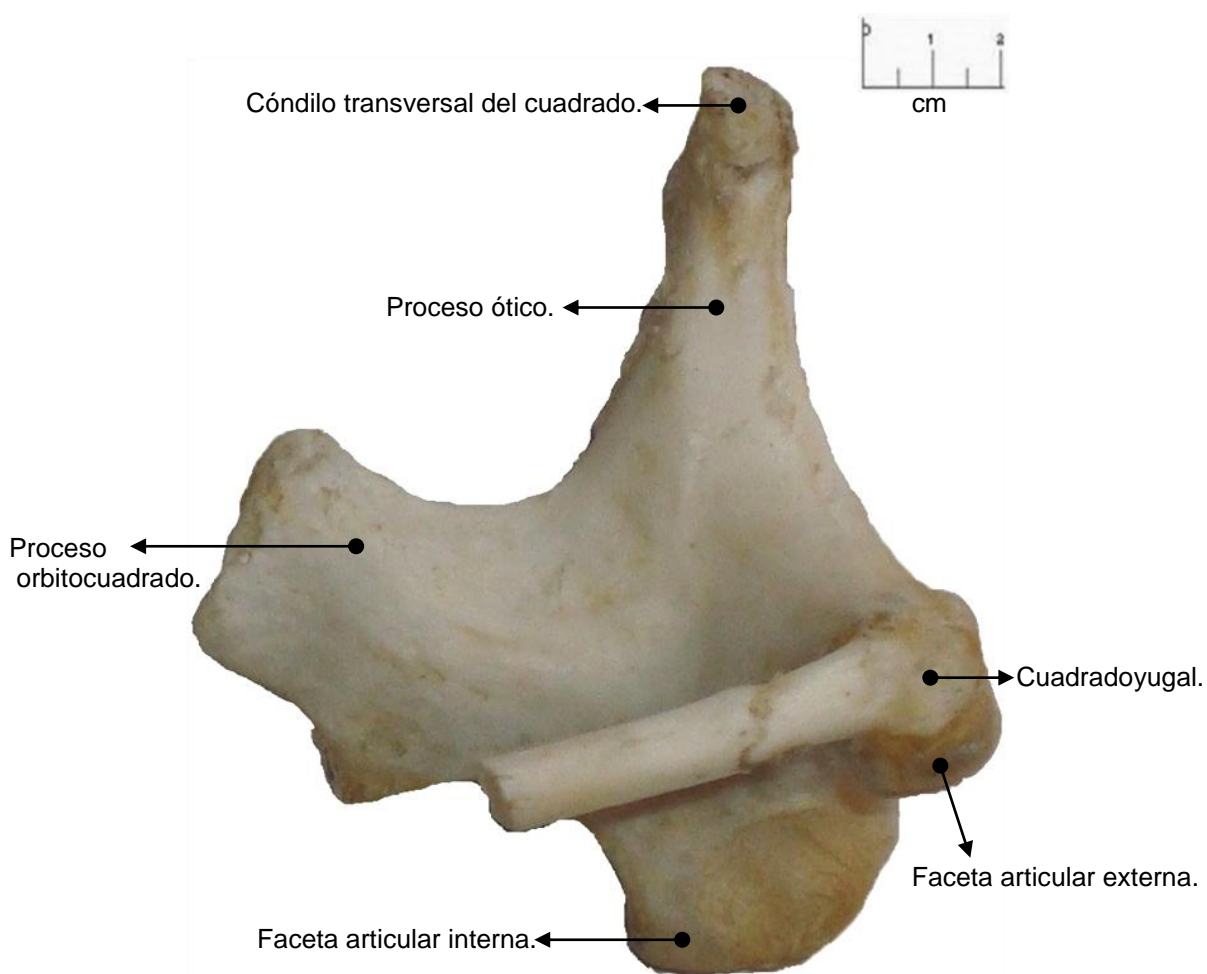


Figura. 49 Hueso cuadrado en vista lateral.

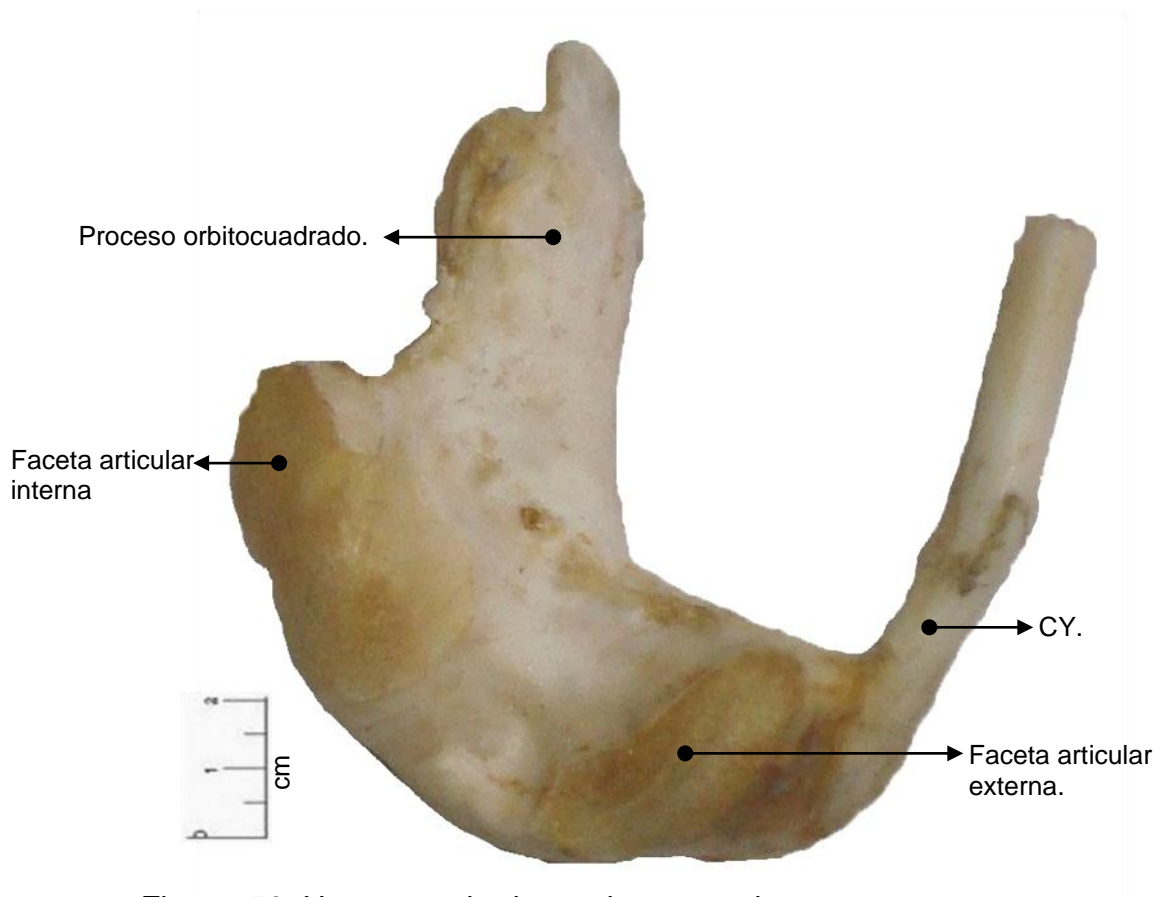


Figura. 50 Hueso cuadrado en vista ventral.

### **Mandíbula.**

Se conforma por 5 huesos y como describe; la mandíbula, al igual que el cráneo se describirá del elemento más rostral al más occipital.

**Dentario:** La porción más rostral de la mandíbula está compuesta por el dentario que se encuentra muy fusionado con su contraparte con la cual forma una sínfisis mandibular; el dentario se extiende caudalmente y hacia la porción media de la mandíbula se forma una pequeña depresión que da lugar a la fenestra mandibular a la altura de ésta el dentario se divide en dos procesos que envuelven al suprangular: Uno latero dorsal que se extiende sobre el suprangular y termina en la región medial de este ultimo y uno lateroventral que se une al extremo anterior del angular (Figura 51).

**Esplénial:** Es un hueso delgado que se encuentra unido lateralmente a la cara interior del dentario y se extiende caudalmente hasta que llega a encontrarse con el angular (Figura 52).

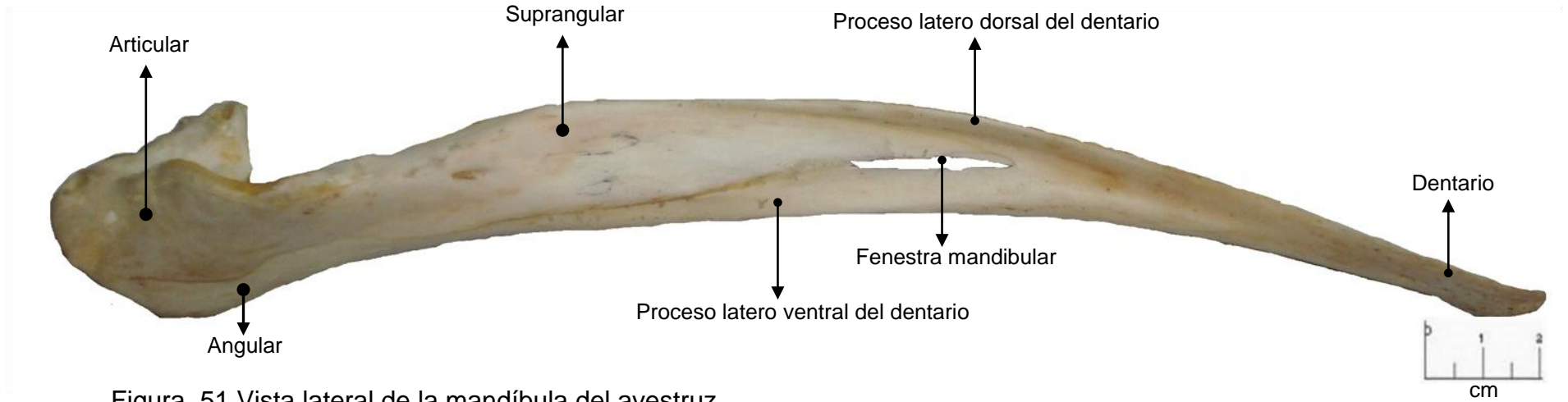


Figura. 51 Vista lateral de la mandíbula del avestruz.



Figura. 52 Vista lateral de la cara interna de la mandíbula del avestruz.

**Suprangular:** Este hueso es el que forma la porción medial de la mandíbula, como ya se mencionó con anterioridad, su extremo rostral forma junto con el dentario la fenestra mandibular (Figura 51). Occipitovernalmente a este hueso se encuentra unido el angular y en su extremo más occipital se une al hueso articular (Figura 53).

**Angular:** El angular, se encuentra en la porción occipital de la mandíbula su extremo rostral es estrecho y se encuentra unido con el proceso laterovernal del dentario; el angular se prolonga occipitalmente y en su región medial se encuentra unida dorsalmente al suprangular (Figura 51). La porción occipital del angular se ensancha para envolver ventralmente una pequeña parte del proceso externo del articular (Figura 53).

**Articular:** Este hueso se origina del cartílago de Meckel (Webb, 1957), se encuentra unido laterodorsalmente con el suprangular y laterovernalmente con el angular (Figura 53).

El articular es el hueso que une a la mandíbula con el cráneo por medio de una articulación con el hueso cuadrado

El articular se compone de tres procesos que le dan a este hueso una forma triangular, los procesos que lo constituyen son: Proceso externo, proceso interno, y proceso retroarticular (Webb, 1957) (Figura 54).

El proceso externo: como su nombre lo indica forma la cara externa del articular y se encuentra unido ventralmente al angular (Figura 53).

El proceso interno: Forma la cara interna del articular y su característica más notable es que su superficie es cóncava y también posee sobre su margen superior un foramen al que Webb (1957) denomina foramen neumático (Figura 54).

El proceso retroarticular: Es el proceso caudal del articular y a su vez es el más corto (Figura 54).

Característico del articular es que entre los tres procesos que lo forman existe una excavación que posee dos facetas articulares: una interna y una externa, que sirven para la articulación con el hueso cuadrado (Figura 54).

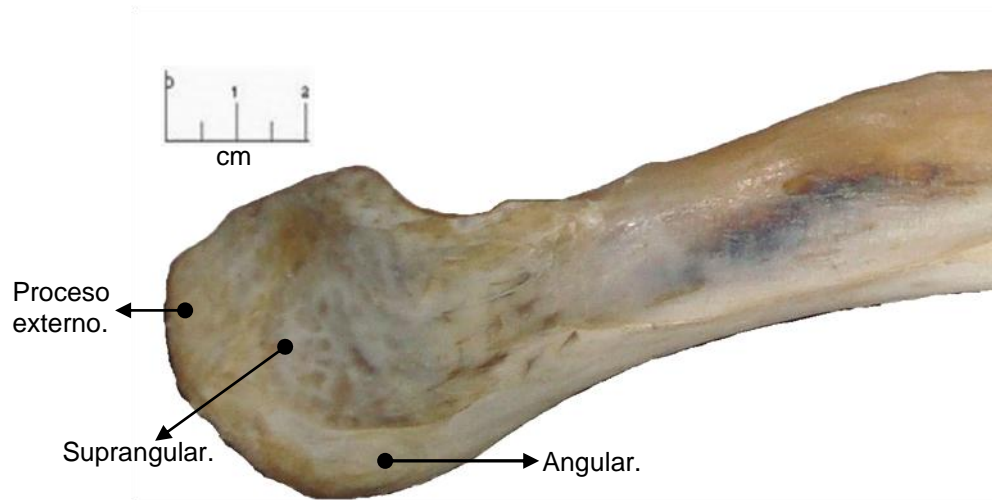


Figura. 53 Hueso articular en vista lateral.

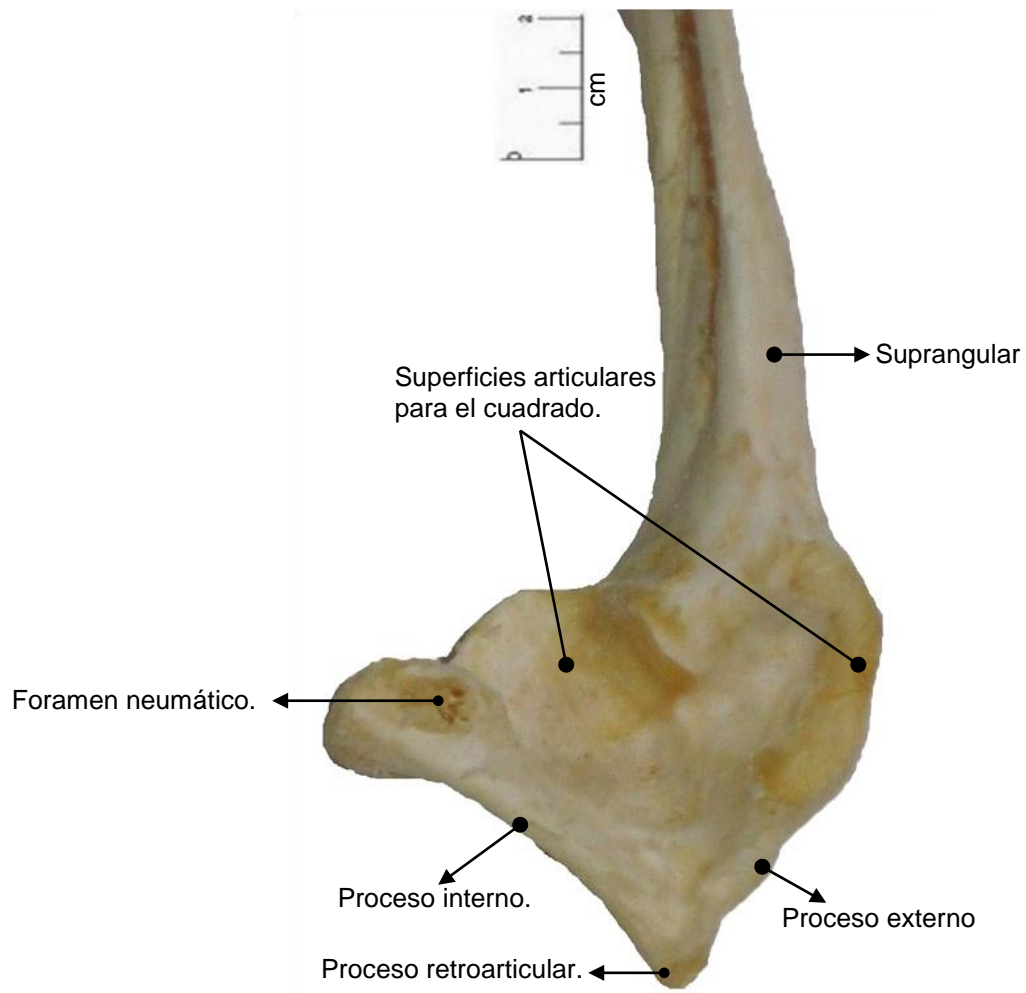


Figura. 54 Hueso articular en vista ventral.

**Hioides.**

La descripción del Hioides se realizará tomando como base el trabajo de Sisson y Grossman (2001). El hioides es el hueso que le da soporte a la lengua y se describe a continuación:

El elemento más rostral del hioides es el hueso paraglosal que se prolonga caudalmente; en los extremos anterolaterales de este hueso se encuentran los cuernos del paraglosal, pero están muy reducidos en comparación a los descritos por Sisson y Grossman en la gallina (2001) (Figura 55).

El hueso basibranquial se une en su porción rostral a la porción medial del paraglosal y se extiende a ambos lados para llevar a cabo la unión con el hueso ceratobranquial, la porción occipital del basibranquial se extiende caudalmente hasta unirse con el urohial que es un elemento cartilaginoso (Figura 55).

El ceratobranquial se extiende caudalmente hasta unir su extremo occipital al hueso epibranquial (Figura 55).



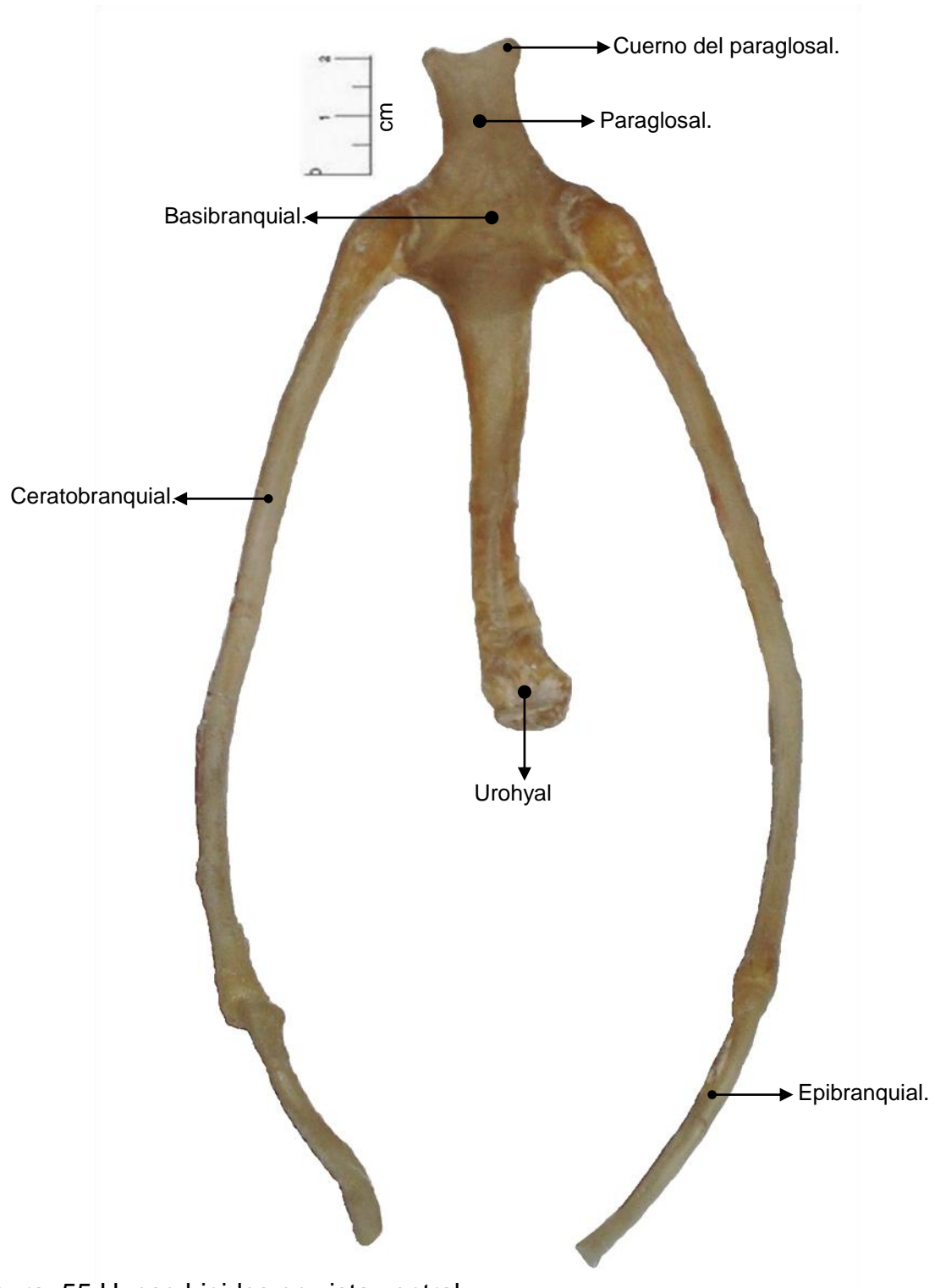


Figura. 55 Hueso hioides en vista ventral.



Tabla 12. Se muestra la matriz de datos así como las relaciones que fueron estadísticamente significativas.

	Var13	Var14	Var15	Var16	Var17	Var18	Var19	Var20	Var21	Var22	Var23	Var24
Var1	.2229	.2574	.3581	.2872	.0053	.3322	.4702	.3709	-.2326	.6208	.3050	.4933
	p=.345	p=.273	p=.121	p=.220	p=.982	p=.152	p=.036	p=.107	p=.324	p=.003	p=.191	p=.027
Var2	.2110	.0839	.3073	.1788	.1852	.2805	-.0388	.5359	.2541	.3145	-.0206	.1485
	p=.372	p=.725	p=.187	p=.451	p=.434	p=.231	p=.871	p=.015	p=.280	p=.177	p=.931	p=.532
Var3	-.0877	.1888	-.0995	-.2606	-.3532	-.3799	.0024	.0442	-.3516	-.2128	.0888	-.1281
	p=.713	p=.425	p=.677	p=.267	p=.127	p=.098	p=.992	p=.853	p=.128	p=.368	p=.710	p=.590
Var4	.4086	.3026	.6218	.3628	-.1152	.0919	.4173	-.0816	.2427	.0523	.3816	.2085
	p=.074	p=.195	p=.003	p=.116	p=.629	p=.700	p=.067	p=.732	p=.302	p=.827	p=.097	p=.378
Var5	.3896	.4692	.5085	.1893	-.1340	.0371	.5682	-.2102	-.1069	.3384	.4536	.4818
	p=.089	p=.037	p=.022	p=.424	p=.573	p=.876	p=.009	p=.374	p=.654	p=.144	p=.045	p=.031
Var6	-.2145	-.1100	-.0271	-.1195	.1371	.0168	-.4208	-.5621	-.1939	-.1738	-.4881	-.2377
	p=.364	p=.644	p=.910	p=.616	p=.564	p=.944	p=.065	p=.010	p=.413	p=.464	p=.029	p=.313
Var7	.0925	.0879	.3996	.5409	.0467	.2439	-.0689	.2322	-.2097	.0611	-.3139	-.1507
	p=.698	p=.712	p=.081	p=.014	p=.845	p=.300	p=.773	p=.325	p=.375	p=.798	p=.178	p=.526
Var8	.2774	.2515	-.0697	-.1922	-.1591	-.3674	.5604	.2310	-.4340	-.0087	.1028	.1000
	p=.236	p=.285	p=.770	p=.417	p=.503	p=.111	p=.010	p=.327	p=.056	p=.971	p=.666	p=.675
Var9	.3584	.4094	.1310	.2324	-.2723	-.0629	.7095	.5645	.0126	.3607	.4248	.0793
	p=.121	p=.073	p=.582	p=.324	p=.245	p=.792	p=.000	p=.010	p=.958	p=.118	p=.062	p=.740
Var10	.1412	-.0103	.0153	.3575	.2531	.1349	.1446	.4183	.1552	.3850	-.0020	.2233
	p=.553	p=.966	p=.949	p=.122	p=.282	p=.571	p=.543	p=.066	p=.513	p=.094	p=.993	p=.344
Var11	.0647	.5469	.3150	-.1307	.1911	-.1949	.1154	-.1575	-.1011	.0286	.1553	.4508
	p=.786	p=.013	p=.176	p=.583	p=.420	p=.410	p=.628	p=.507	p=.671	p=.905	p=.513	p=.046
Var12	.3364	.2975	.4622	.2552	-.1739	.3038	.4577	.2641	-.2586	.4158	.3486	.5166
	p=.147	p=.203	p=.040	p=.277	p=.463	p=.193	p=.042	p=.261	p=.271	p=.068	p=.132	p=.020



Tabla 14. Se muestra la matriz de datos así como las relaciones que fueron estadísticamente significativas.

	Var15	Var16	Var17	Var18	Var19	Var20	Var21	Var22	Var23	Var24	Var25	Var26	Var27	Var28	Var29	Var30
Var1	.5539	-.0016	.0818	.4151	.3313	.4035	-.4953	.7292	.4598	.5703	.2204	.2178	.2337	.1677	-.0512	-.0911
	p=.062	p=.996	p=.800	p=.180	p=.293	p=.193	p=.102	p=.007	p=.133	p=.053	p=.491	p=.496	p=.465	p=.602	p=.874	p=.778
Var2	.3038	.0769	.2441	.1549	-.0302	.6465	-.2879	.3750	-.0899	.3500	-.2089	-.1219	.4117	-.0355	.2589	-.2504
	p=.337	p=.812	p=.445	p=.631	p=.926	p=.023	p=.364	p=.230	p=.781	p=.265	p=.515	p=.706	p=.184	p=.913	p=.416	p=.432
Var3	-.2808	-.1528	-.5648	-.5953	.0691	.2219	-.4603	.1352	.1718	.1103	.2004	.3226	.5160	.2427	-.0940	.0573
	p=.377	p=.635	p=.056	p=.041	p=.831	p=.488	p=.132	p=.675	p=.593	p=.733	p=.532	p=.306	p=.086	p=.447	p=.771	p=.860
Var4	.7165	.5589	-.0090	.2390	.6300	.0057	.3126	-.1675	.1826	.0581	.5144	.2936	-.0149	.2353	.1404	.1226
	p=.009	p=.059	p=.978	p=.454	p=.028	p=.986	p=.323	p=.603	p=.570	p=.858	p=.087	p=.354	p=.963	p=.462	p=.663	p=.704
Var5	.5450	.0979	-.1674	.2362	.6361	-.1949	-.0980	.2012	.4824	.2397	.5627	.4068	-.0678	.3187	-.0421	.2228
	p=.067	p=.762	p=.603	p=.460	p=.026	p=.544	p=.762	p=.531	p=.112	p=.453	p=.057	p=.189	p=.834	p=.313	p=.897	p=.486
Var6	-.4222	-.0474	-.4860	-.2533	-.4161	-.5790	.1131	-.7192	-.4791	-.3955	-.2777	-.2688	-.4255	-.0641	-.1179	.0100
	p=.172	p=.884	p=.109	p=.427	p=.178	p=.049	p=.726	p=.008	p=.115	p=.203	p=.382	p=.398	p=.168	p=.843	p=.715	p=.975
Var7	.4186	.7187	-.3906	.1659	-.0608	.3608	-.1140	.0073	-.2150	-.2026	-.0085	-.0437	.0094	-.0739	.3031	.1597
	p=.176	p=.008	p=.209	p=.606	p=.851	p=.249	p=.724	p=.982	p=.502	p=.528	p=.979	p=.893	p=.977	p=.820	p=.338	p=.620
Var8	-.1870	-.1202	.3212	-.3963	.6100	.5811	-.0586	.4721	.3228	.2684	.6775	.8710	.5199	.5011	-.4499	.3171
	p=.560	p=.710	p=.309	p=.202	p=.035	p=.048	p=.857	p=.121	p=.306	p=.399	p=.015	p=.000	p=.083	p=.097	p=.142	p=.315
Var9	.2812	.2319	.4055	-.1509	.7602	.6870	.1512	.5621	.4786	.3487	.7973	.8233	.5248	.3831	-.3316	.2381
	p=.376	p=.468	p=.191	p=.640	p=.004	p=.014	p=.639	p=.057	p=.115	p=.267	p=.002	p=.001	p=.080	p=.219	p=.292	p=.456
Var10	-.0137	.2427	.1871	.1512	.1534	.5627	-.1281	.2863	-.1185	-.0643	.1573	.3399	.1645	.3853	-.0878	.3045
	p=.966	p=.447	p=.560	p=.639	p=.634	p=.057	p=.692	p=.367	p=.714	p=.843	p=.625	p=.280	p=.609	p=.216	p=.786	p=.336
Var11	.0067	-.3090	.0477	-.4327	.1934	.0468	-.2279	.0031	.3818	.5626	.1200	.0786	.2601	-.3689	.0562	-.4970
	p=.984	p=.328	p=.883	p=.160	p=.547	p=.885	p=.476	p=.992	p=.221	p=.057	p=.710	p=.808	p=.414	p=.238	p=.862	p=.100
Var12	.6115	.1381	-.0815	.5278	.2759	.3677	-.3681	.5732	.3956	.5399	.1703	.0701	.0719	.3242	.0528	-.0794
	p=.035	p=.669	p=.801	p=.078	p=.385	p=.240	p=.239	p=.051	p=.203	p=.070	p=.597	p=.829	p=.824	p=.304	p=.870	p=.806

Tabla 15. Se muestra la matriz de datos así como las relaciones que fueron estadísticamente significativas.

	Var15	Var16	Var17	Var18	Var19	Var20	Var21	Var22	Var23	Var24	Var25	Var26	Var27	Var28	Var29
Var13	.6092	.4008	.1541	.1652	.5551	.2864	.0000	-.1355	.0557	.3947	.4087	.3671	.1774	.2301	-.1693
	p=.035	p=.197	p=.633	p=.608	p=.061	p=.367	p=1.00	p=.675	p=.864	p=.204	p=.187	p=.240	p=.581	p=.472	p=.599
Var14	.1049	.1516	-.3812	-.3888	.2887	.1505	-.2611	-.2490	.2807	.2433	.2447	.1816	.3349	-.0073	.2619
	p=.746	p=.638	p=.221	p=.212	p=.363	p=.641	p=.412	p=.435	p=.377	p=.446	p=.443	p=.572	p=.287	p=.982	p=.411
Var15		.4423	-.0829	.4594	.3702	.0790	-.0798	.2532	.2409	.3124	.1934	-.0373	.0123	-.1498	.3308
		p=.150	p=.798	p=.133	p=.236	p=.807	p=.805	p=.427	p=.451	p=.323	p=.547	p=.908	p=.970	p=.642	p=.294
Var16			-.3073	.1731	.1358	.2898	.4263	-.1625	-.1780	-.4950	.2791	.1329	-.0195	.1681	.1727
			p=.331	p=.590	p=.674	p=.361	p=.167	p=.614	p=.580	p=.102	p=.380	p=.681	p=.952	p=.602	p=.591
Var17				.0667	.4275	.1521	.4224	.2147	.1625	.2741	.3031	.3630	-.0155	.0915	-.3212
				p=.837	p=.166	p=.637	p=.171	p=.503	p=.614	p=.389	p=.338	p=.246	p=.962	p=.777	p=.309
Var18					-.0267	-.3721	.0304	.1732	.3426	.0360	-.0611	-.2854	-.6542	.0537	-.0329
					p=.934	p=.234	p=.925	p=.590	p=.276	p=.912	p=.850	p=.369	p=.021	p=.868	p=.919
Var19						.3392	.2632	.2798	.5359	.4056	.9128	.8397	.2254	.5495	-.2317
						p=.281	p=.409	p=.378	p=.073	p=.191	p=.000	p=.001	p=.481	p=.064	p=.469
Var20							-.0153	.4505	-.0591	.1416	.3286	.4777	.7262	.3685	.1201
							p=.962	p=.142	p=.855	p=.661	p=.297	p=.116	p=.007	p=.239	p=.710
Var21								-.2217	-.1323	-.4766	.4081	.2881	-.3126	.2579	-.2107
								p=.489	p=.682	p=.117	p=.188	p=.364	p=.322	p=.418	p=.511
Var22									.5313	.3110	.2669	.2753	.3689	.1702	.0169
									p=.075	p=.325	p=.402	p=.386	p=.238	p=.597	p=.958
Var23										.4748	.5522	.3876	-.0082	.2320	-.2698
										p=.119	p=.063	p=.213	p=.980	p=.468	p=.396
Var24											.1706	.1618	.1853	-.0023	-.1460
											p=.596	p=.615	p=.564	p=.994	p=.651

Tabla 16. Se muestra la matriz de datos así como las relaciones que fueron estadísticamente significativas.

	Var15	Var16	Var17	Var18	Var19	Var20	Var21	Var22	Var23	Var24	Var25	Var26	Var27	Var28	Var29	Var30
Var25												.9265 p=.000	.1752 p=.586	.6515 p=.022	-.4383 p=.154	.4352 p=.157
Var26													.3758 p=.229	.6786 p=.015	-.5128 p=.088	.4281 p=.165
Var27														.0458 p=.888	.1407 p=.663	.0112 p=.972
Var28															-.3753 p=.229	.5359 p=.073
Var29																.0714 p=.826

Tabla 17. Se muestra la matriz de datos así como las relaciones que fueron estadísticamente significativas.

	Var28	Var29	Var30	Var31	Var32	Var33
Var1	.4184	.3542	.0691	.2332	.1550	-.3221
	p=.075	p=.137	p=.779	p=.337	p=.526	p=.179
Var2	.1784	.0345	-.4153	.1763	.1397	.1321
	p=.465	p=.889	p=.077	p=.470	p=.569	p=.590
Var3	-.0074	-.2898	-.1540	-.0581	.0010	.2545
	p=.976	p=.229	p=.529	p=.813	p=.997	p=.293
Var4	.2875	-.1812	-.0684	.0776	.0746	.1691
	p=.233	p=.458	p=.781	p=.752	p=.761	p=.489
Var5	.4965	.1265	.2116	-.1147	.1089	-.1469
	p=.031	p=.606	p=.384	p=.640	p=.657	p=.548
Var6	-.1459	-.0639	-.0112	-.2117	-.2854	.0006
	p=.551	p=.795	p=.964	p=.384	p=.236	p=.998
Var7	-.1025	.3717	.0400	-.0754	-.3193	-.3385
	p=.676	p=.117	p=.871	p=.759	p=.183	p=.156
Var8	.3194	-.0612	.2231	.1057	.2546	.1029
	p=.183	p=.803	p=.359	p=.667	p=.293	p=.675
Var9	.5584	-.1517	.0763	.1513	.3324	.0851
	p=.013	p=.535	p=.756	p=.537	p=.164	p=.729
Var10	.3800	.1548	.2625	-.1676	.0998	-.2632
	p=.109	p=.527	p=.278	p=.493	p=.684	p=.276
Var11	-.1484	.0237	-.4983	.1531	.0892	.0953
	p=.544	p=.923	p=.030	p=.531	p=.716	p=.698
Var12	.4481	.2907	.0308	.2823	-.0277	-.2677
	p=.054	p=.227	p=.900	p=.242	p=.910	p=.268
Var13	.3076	-.1112	.0569	.1470	.3780	.4605
	p=.200	p=.650	p=.817	p=.548	p=.111	p=.047
Var14	.4028	.3130	-.1811	.0021	.1487	-.1092
	p=.087	p=.192	p=.458	p=.993	p=.544	p=.656
Var15	-.0398	.1833	-.0986	.2764	-.0366	.0587
	p=.872	p=.453	p=.688	p=.252	p=.882	p=.811



Tabla 18. Se muestra la matriz de datos así como las relaciones que fueron estadísticamente significativas.

	Var28	Var29	Var30	Var31	Var32	Var33
Var16	.3369	.2596	.0540	-.0957	-.2619	-.6085
	p=.158	p=.283	p=.826	p=.697	p=.279	p=.006
Var17	-.1712	-.0429	-.1422	.1744	-.0158	.0977
	p=.483	p=.861	p=.562	p=.475	p=.949	p=.691
Var18	.0586	.0278	-.0959	-.0537	-.4364	-.3584
	p=.812	p=.910	p=.696	p=.827	p=.062	p=.132
Var19	.6182	.0305	.2487	.2354	.3595	.0209
	p=.005	p=.901	p=.304	p=.332	p=.131	p=.932
Var20	.3952	.1211	.1771	.1788	.3656	.0786
	p=.094	p=.622	p=.468	p=.464	p=.124	p=.749
Var21	.2217	-.2650	-.1711	.1057	-.0785	.0264
	p=.362	p=.273	p=.484	p=.667	p=.749	p=.914
Var22	.5079	.2360	.3022	.0871	.2250	-.2968
	p=.026	p=.331	p=.209	p=.723	p=.354	p=.217
Var23	.3827	-.2460	.0693	.0189	.1321	-.1630
	p=.106	p=.310	p=.778	p=.939	p=.590	p=.505
Var24	.1547	-.0006	-.1073	.4157	.4720	.2342
	p=.527	p=.998	p=.662	p=.077	p=.041	p=.334
Var28		-.0677	.3644	-.0736	.1248	-.1436
		p=.783	p=.125	p=.765	p=.611	p=.558
Var29			.1694	-.0554	-.0872	-.3293
			p=.488	p=.822	p=.723	p=.169
Var30				-.2413	.1620	-.0487
				p=.320	p=.507	p=.843
Var31					.3159	.3522
					p=.188	p=.139
Var32						.6903
						p=.001

Tabla 19. Se muestra la matriz de datos así como las relaciones que fueron estadísticamente significativas.

	Var25	Var26	Var27	Var28	Var29	Var30	Var31	Var32	Var33
Var25		.9403 p=.000	.1752 p=.606	.6559 p=.028	-.4471 p=.168	.4432 p=.172	.3250 p=.330	.1763 p=.604	.1067 p=.755
Var26			.3799 p=.249	.6756 p=.023	-.5011 p=.116	.4152 p=.204	.2788 p=.406	.3633 p=.272	.2450 p=.468
Var27				.0459 p=.893	.1426 p=.676	.0112 p=.974	.2607 p=.439	.6788 p=.022	.4351 p=.181
Var28					-.3674 p=.266	.5307 p=.093	.0037 p=.991	-.1239 p=.717	-.0418 p=.903
Var29						.0968 p=.777	-.1842 p=.588	-.1353 p=.692	-.0546 p=.873
Var30							-.2733 p=.416	-.3912 p=.234	-.4138 p=.206
Var31								.5825 p=.060	.6566 p=.028
Var32									.9022 p=.000