

00382
4
24



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE CIENCIAS

**ESTUDIO MORFOLOGICO COMPARADO DEL
OIDO MEDIO Y SU CONTENIDO EN MAMIFEROS EN
CAUTIVERIO.**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
DOCTOR EN CIENCIAS (BIOLOGIA)
P R E S E N T A :

MARIA ELENA CUSPINERA MERCADILLO

MEXICO, D.F.,

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1988



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

CONTENIDO

I.-INTRODUCCION.	1
II.- OBJETIVOS.	3
III.- ANTECEDENTES	4
III.1- Evolución y Filogenia del Oído Medio	4
III.2- Morfofisiología del oído medio	16
A.- Anatomía	16
B.- Histología	32
C.- Embriología	35
D.- Fisiología	41
E.- Vía acústica	54
IV.- HIPOTESIS	62
V.- METODOLOGIA	62
V.1- Parte morfológica	
A.- Clasificación de los ejemplares	62
B.- Técnicas de disección.	73
C.- Clave desarrollada para identificar las características morfológicas del oído medio en mamíferos	75
V.2- Parte Estadística	
A.- Propósitos generales	77
B.- Ordenes y frecuencias de especies.	78
C.- Variables tomadas en cuenta y medicio- nes efectuadas	79
D.- Técnicas de medición	84
VI.- RESULTADOS	88
VI.1- De las características morfológicas por	

ordenes	88
Clave de identificación de las caracte- rísticas morfológicas del oído medio en mamíferos.	88
Características referentes a la cavi- dad timpánica.	89
Características referentes a la membra- na timpánica	94
Características referentes al marti- llo	97
Características referentes al yunque.	104
Características referentes al estribo	107
Características referentes a la bula timpánica	110
Características referentes a la unión de los huesecillos	112
Características referentes a la histolo- gía del oído medio	114
VI.2.- Morfoestructuras	118
A) Descripción y resultados generales	118
Estadísticas básicas de las 31 variables.	118
Características de la población y de las variables	120
Mediciones con promedios diferentes	122
La variabilidad de las variables	125
Comparación entre los órdenes	127
B) Cavidad timpánica	134
Cavidad y cabeza	135

Diferencias y semejanzas entre los órdenes	138
Cavidad, cabeza y largo del espécimen	140
Cavidad, cabeza, y largo, según órdenes	142
Correlaciones de cavidad, cabeza y largo en cada orden	144
C) Entrada y salida	154
Membrana timpánica (entrada)	154
Ventana vestibular (salida)	162
Comparación de la entrada y salida	166
D) Peso de los huesecillos	171
Pesos en cada orden	171
Pesos relativos	174
Correlación de martillo/yunque	176
Correlación del yunque/estribo	179
Correlación del martillo/estribo	181
Correlación de la cavidad timpánica y peso total de los huesecillos	182
Otras correlaciones	182
E) Tamaño de los huesecillos	184
Correlaciones	186
Estribo	186
Yunque	187
Martillo	187
Membrana timpánica-martillo	188
Cavidad timpánica-martillo	188
Relaciones específicas	188
VII.- Discusión y Conclusiones	192

VIII.- Literatura consultada	235
IX.- Anexos estadísticos B, C y D.	241
X.- Indices especializados.	240

Nota: (Se les anota un apóstrofe a las páginas intercaladas que no están dentro del mismo texto. Si van varias juntas se les agrega un guión y un número posterior).

I INTRODUCCION

Las estructuras de los seres vivos han evolucionado fisiológica y morfológicamente a través del tiempo, a medida que los organismos han ocupado diferentes tipos de hábitats (Van Bergeick, 1967). Desde la vida marina a la terrestre, encontramos muy variadas adaptaciones en los componentes anatómicos que han hecho que se mejore su relación con el medio ambiente en que se han desarrollado (Webster, 1966).

El oído es un órgano que se considera, como todos los sentidos, muy importante para la sobrevivencia de los animales, independientemente del nicho ecológico que ocupen (Webster, 1966). Este ha ido evolucionando en los vertebrados, desde los peces hasta llegar a ser más complejo en los mamíferos y constituirse de tres partes: el oído externo, el medio y el interno. La primera parte, se encarga de captar y dirigir las ondas sonoras al oído medio, éste, a su vez, transmite mecánicamente, amplifica y transforma las ondas sonoras en ondas de presión, y hace que lleguen al oído interno, en donde se efectúa la transducción de ellas, y se producen los estímulos nerviosos, que se registran en el cerebro.

Esta tesis se realizó con el propósito de estudiar las características morfológicas del oído medio, las relaciones, similitudes y diferencias que existen entre ellas, y además por medio de cálculos estadísticos, las correlaciones que hay entre sus características morfométricas, en 47 especies diferentes de nueve órdenes de mamíferos.

Para que se tomen en consideración las estructuras del oído medio de los mamíferos en la taxonomía, desarrollamos una clave de caracterización de la morfología de ellas, y por medio de sus pesos y medidas, hicimos un análisis estadístico para conocer el comportamiento de estas características o variables morfométricas, en una población tan grande y heterogénea, como la que estudiamos. También para investigar si existen, o no, relaciones entre las variables, o entre sus magnitudes en los diferentes órdenes, que nos den mejores parámetros morfométricos, que sean utilizados como apoyo, en las clasificaciones taxonómicas. Pues se sabe que existen muy pocos elementos anatómicos del oído medio, que son tomados en cuenta, a nivel de orden en la taxonomía de los mamíferos.

A efecto de ayudar a comprender mejor la disposición morfológica del oído medio en los mamíferos, en este trabajo recopilamos información relativa a su anatomía,

ontogenia, filogenia, fisiología y vía acústica que lo componen, por un lado, y por otro lo relacionamos con nuestras observaciones y cálculos morfométricos. Nos parece que esto es muy importante, sobre todo que incluimos en este estudio, algunas especies que están en vías de extinción, y que aún no se conoce bien la morfología de su oído medio, y con esto aportaremos las bases para un mejor conocimiento de la relación morfológica que existe entre los diferentes grupos de mamíferos.

Hasta ahora no se han hecho reportes detallados de las estructuras contenidas en el oído medio de muchos mamíferos de vida silvestre, y tampoco se ha reportado en la literatura la relación que puedan tener entre ellos, por sus estructuras del oído medio, ni se han hecho unificaciones de los valores del intervalo de audición con las mismas unidades de medida, que puedan dar idea de si existe alguna relación entre el tipo de estructuras que tienen en sus oídos medios, el grado de especialización y capacidad de audición.

II OBJETIVOS

1.- Aportar a la taxonomía actual de mamíferos, una metodología morfométrica estadística de las características de las estructuras del oído medio, que no han sido consideradas, hasta ahora por ella.

2.- Describir la morfología de las estructuras del oído medio, y que aún no se conocen bien en varios órdenes de mamíferos, sobre todo aquellos que están en vías de extinción.

3.- Medir y pesar las estructuras del oído medio para detectar a los grupos de órdenes que las tienen similares y aquellas en que sus variables (o características tratadas estadísticamente) son específicas.

III ANTECEDENTES

III.1 Evolución y filogenia del oído medio.

Tumarkin en 1955 dijo que la función primitiva de audición es la localización de objetos en movimiento que no están en contacto con el animal.

En los peces, la audición se empieza a desarrollar de los receptores que captan ondas sonoras y las transmiten a áreas especiales del cerebro; de los receptores que se encuentran en la línea lateral, algunos se especializan y forman el oído en dichos animales, y por lo tanto a ambos sistemas se les llama acústico lateral (Weichert y Fresch, 1981). Este sistema de la línea lateral evolucionó antes que el oído y su función básica es la percepción de ondas en el agua. Posteriormente a esto, se desarrolló el aparato de Weber que es un sistema de transmisión de sonidos del oído

externo a interno en peces primitivos, consta de una serie de 4 huesecillos análogos a los del oído medio de los mamíferos y que son el tripus (martillo), intercalar (yunque), escafión (estribo) y calustro. Estos huesecillos proveen un filtro, igualan la frecuencia de audición en que capta el sonido vibratorio en el agua y se localizan solamente en 4 especies de peces en la actualidad, agrupados bajo el nombre de ostariofisios o peces cirpiniformes (carpas, bagres, etc.) (Van Bergeick, 1967).

Del primer arco branquial o visceral denominado arco mandibular, derivan las mandíbulas de los gnatostomos. El segundo arco, el hioideo, sostiene las mandíbulas en los peces, y contribuye a formar el oído medio de los anfibios. Las mandíbulas tienen elementos que no están firmemente unidos al neurocráneo en los peces, sino están suspendidos como el hueso hiomandibular del hioideo, derivado del segundo arco branquial, que está cerca del hueso articular o hueso suspensorio y del cuadrado y ambos dan lugar a la cadena de los huesecillos de los mamíferos primitivos, y que en ese entonces tenían una función diferente. La figura 1, muestra los huesecillos de un pez, que dieron origen al oído medio de los mamíferos (tomada y modificada de Van de Water y col, 1980).

El oído de los vertebrados desde los anfibios hasta los mamíferos tiene doble función, la audición y el

HUESOS DE LOS PECES OSEOS QUE DIERON ORIGEN A LOS
HUESECILLOS DEL OIDO MEDIO DE LOS MAMIFEROS
A TRAVES DE LA EVOLUCION.



FIG. 1.

- AR - Articular (martillo)
- AN - Angular (timpanico)
- H - Hiomandibular (estribo)
- C - Cuadrado (yunque)
- O - Orbital

equilibrio. La función del equilibrio se desarrolló primero y sus receptores se localizaban en la cabeza cerca de la superficie del cuerpo en los peces; posteriormente en los anfibios, estos receptores se hundieron en la piel dando lugar a la foseta ótica, la que posteriormente será el laberinto del oído interno. La función auditiva se desarrolla posteriormente a esto (Bodemer, 1972).

Los anfibios, especialmente los anuros tienen estribos cortos, pesados y responden a bajas frecuencias no más de 3,000 a 5,000 Hz, los urodelos y cecilias no tienen oído medio ni cavidad sólo tienen el estribo. Dentro de los reptiles, las serpientes, carecen por completo de tímpano, oído medio y tuba auditiva. La extracolumela de los reptiles, está unida por su extremo exterior al hueso cuadrado y la transmisión de las ondas sonoras se efectúa por las mandíbulas, extracolumela, plectrum y ventana vestibular (Orr, 1978).

En los quelonios acuáticos, la membrana timpánica es fina y delicada, mientras que en las especies terrestres es gruesa y cubierta por piel (Alvarez, 1979).

La transformación de los huesos que integran la mandíbula de los reptiles, fue un paso decisivo en la evolución de la cadena de huesecillos alojados en la cavidad timpánica, que fueron precedidos por el angular

que se encuentra en peces y reptiles, y que dió origen al hueso timpánico en los mamíferos, el articular, que originó al martillo; el cuadrado que al evolucionar formó al yunque, como se observa en la figura 2, en el esquema de los huesos de un reptil; y la columela de los anfibios, que se derivó del hiomandibular de los peces y del cual se formó el estribo de los mamíferos (Orr, 1978).

Los reptiles que precedieron a los mamíferos, poseyeron un oído medio similar al de los reptiles actuales, con una membrana timpánica detrás del hueso cuadrado, en contacto con la columela. En la figura 3, se presenta un diagrama de la evolución del hueso hiomandibular que originó a la columela en los anuros y tetrápodos desde los ripidistianos, y que por una de sus líneas descendientes, originó al estribo en los mamíferos (tomada y modificada de Van de Water y col, 1980. Se anexa tabla de abreviaturas).

Cuando la transmisión del sonido se hace por el aire se necesita una membrana delgada o timpánica para oír. Los peces ripidistianos tienen una burbuja de aire en la aleta superior de la bolsa faríngea secundaria. Esta bolsa faríngea también llamada espiracular se convirtió en oído medio, y su cuello produjo la tuba auditiva ó trompa de Eustaquio. La placa de la bolsa secundaria forma la cavidad timpánica. En este paso evolutivo primero hubo la unión del hueso timpánico a la

VISTA LATERAL DE LOS HUESOS DE UN REPTIL

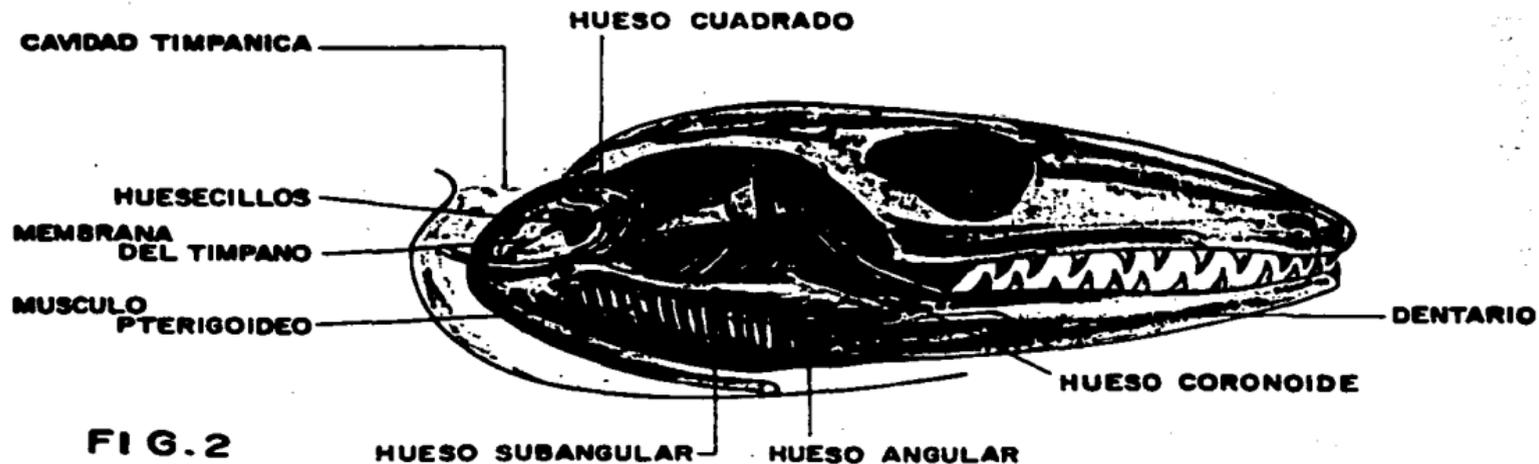


FIG. 2

MORFOLOGIA DEL OIDO EXTERNO Y MEDIO EN LA FILOGENIA DE LOS TETRAPODOS.

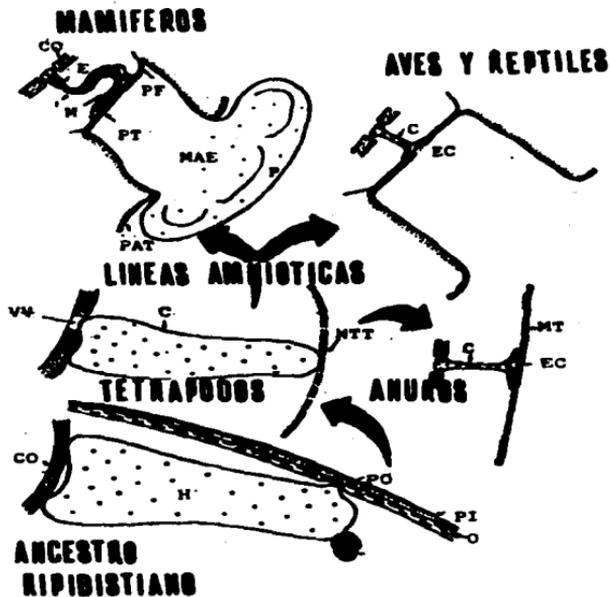


FIG. 3

(tomada y modificada de Van de Water y col, 1980).

CLAVE DE
ABREVIATURAS DE LA FIGURA 3

CO CAPSULA OTICA
E ESTRIBO
M MARTILLO
PT PORCION TENSA DE LA MEMBRANA TIMPANICA
PF PORCION FLACIDA DE LA MEMBRANA TIMPANICA
MAE MEATO AUDITIVO EXTERNO
P PINA U OREJA
PAT PIEL ADYACENTE AL TIMPANO
C COLUMELA
EC EXTRACOLUMELA
MT MEMBRANA TIMPANICA
MTT MEMBRANA TIMPANICA DE TETRAPODOS
VV VENTANA VESTIBULAR
H HUESO HIOMANDIBULAR
OP OPERCULO
OPP PROCESO OPERCULAR

región ótica y posteriormente la expansión del aparato transmisor del sonido (Reysenbach, 1957).

Las modificaciones de la estructura de la mandíbula en cinodontes y sus ancestros, incluyen alargamientos de los elementos dentarios, reducción y pérdida de los elementos postdentarios y de los huesos cuadrados. Estos componentes de la mandíbula empezaron a percibir la vibración del sonido de transmisión aérea, un poco antes de la formación de la articulación escamosa dentaria (Van Berjeick, 1967).

Además de la reconstrucción que se presenta en todos estos elementos, hubo cambios en la musculatura de la mandíbula dentro del hueso dentario, que cambió su función mecánica, hasta tener poca o ninguna relación con la recepción sonora (Van de Water y col, 1980).

Es importante el estudio de los elementos que componen el oído medio de los mamíferos actuales, ya que a pesar de persistir un patrón estructural constante en la evolución del oído medio, se producen algunas variantes dignas de ser tomadas en cuenta, en los tres huesecillos, en los dos músculos del oído y en la membrana timpánica (Fleischer, 1978).

En el caso de los odontocetos se marcan más variantes en el oído medio, por ejemplo, el que tengan un equivalente óseo de la membrana timpánica, llamada cono

timpánico y que la cavidad esté llena de aire a pesar de la vida acuática del animal.

La radiación adaptativa de los mamíferos a diferentes nichos ecológicos, hace que sus estructuras, entre ellas el oído medio, tenga modificaciones que hacen mejorar su capacidad auditiva. Y la complejidad del aparato conductor de sonido está en equilibrio con la interacción del medio ambiente. Por ejemplo: los primitivos monotremas y placentarios, evolucionaron por líneas diferentes, y a su vez el oído de los monotremas no es el modelo típico de los mamíferos actuales, en comparación con el de los placentarios, que si lo es (Tonndorf, 1950, Fleischer, 1978).

El patrón original del oído medio, común a los marsupiales y placentarios, es más primitivo en su disposición. La membrana timpánica está unida al hueso timpánico, que forma un anillo con un segmento faltante, es decir adopta la forma de un anillo incompleto (Hinchcliffe y Pye, 1969).

El tejido conectivo de los insectívoros y marsupiales (ornitorrinco), sostiene al hueso timpánico en su lugar; el martillo tiene una forma poco común, el principal componente de este huesecillo es la parte transversa y el manubrio está unido a la membrana. El martillo y el hueso timpánico están conectados al hueso gonial, que es un elemento óseo que los fusiona. Por esta razón el martillo parece estar más o menos inmóvil.

La articulación pequeña del martillo y yunque, en su porción superior tiene un brazo largo conectado a la cabeza del estribo y un brazo corto unido al hueso periótico y éste a su vez al cráneo. La unión del yunque a su periótico es amplia y se encuentra entre el cráneo y el oído medio (Trautmann y Fiebigger, 1950). El estribo está situado dentro de la ventana vestibular del periótico, exactamente como la columela de los reptiles; el martillo tiene el músculo tensor del tímpano, el yunque tiene el músculo posterior y el músculo estapedial está unido a la cabeza del estribo. Además se encuentra presente una porción flácida de la membrana (Boltz y Liam, 1972).

Los componentes del oído medio, como los conocemos actualmente, ya están presentes desde los mamíferos primitivos, y estos les sirven para transmitir y amplificar la recepción de ondas sonoras, como se observa en la figura 4, que es un modelo del oído de mamíferos. El sistema del oído medio efectúa un incremento de la presión recibida por la membrana timpánica de las ondas sonoras sobre la base del estribo. Si comparamos áreas de la membrana timpánica y de la base del estribo, la amplificación es necesaria para equilibrar la impedancia que produce el aire al pasar al líquido que está en el oído interno. Los dos músculos, el tensor del tímpano y el estapedial, controlan la vibración de la cadena de huesecillos. Además la cavidad del oído medio no esta

MODELO DEL OIDO EN MAMIFEROS

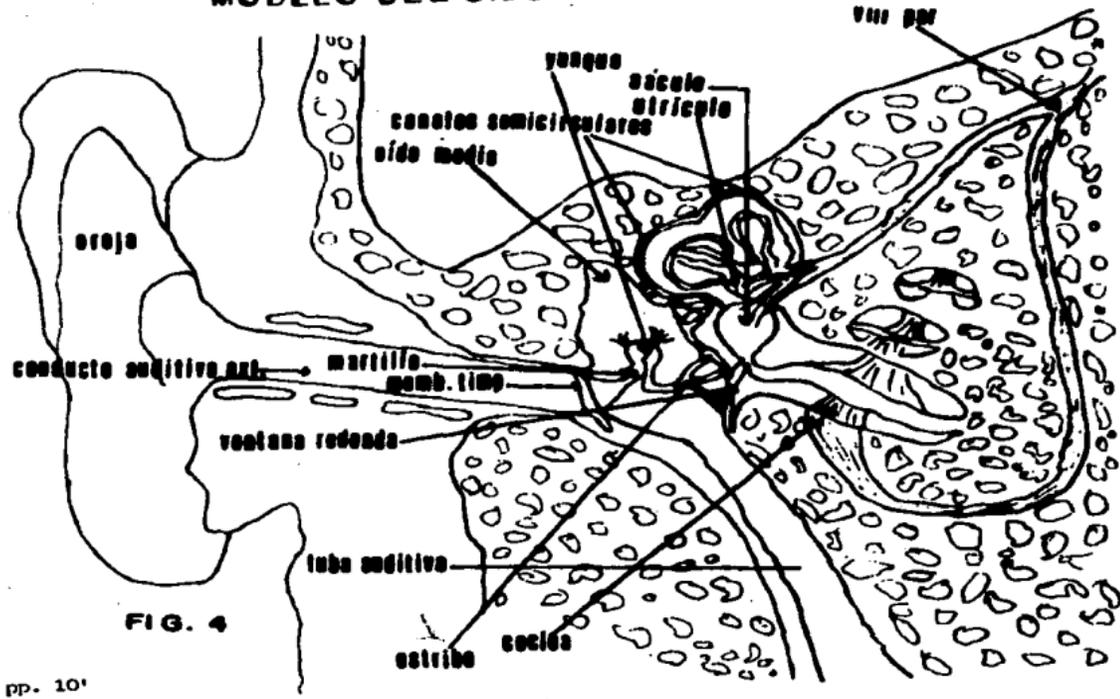


FIG. 4

rodeada por una pared rígida, sino por una gran extensión de tejido conectivo que sirve en un momento dado como caja de resonancia y ésto ayuda a tener una mejor amplificación del sonido (Van de Water y col, 1980).

Los movimientos dentro de la cabeza como masticar, tragar, etc. causan pequeñas deformaciones de la cavidad del oído medio. Pero éstas perturbaciones suceden a bajas frecuencias, que son poco informativas para los animales, y en las altas, que generalmente traen más información acústica importante para los animales, el oído no es afectado (Hallpike, 1930).

La irrigación sanguínea del oído, en particular la arteria estapedial, evoluciona en mamíferos de talla grande, ya que la principal distribución sanguínea del oído la hace dicha arteria, y como corre a través de los pilares del estribo, si aumenta de grosor, por el tamaño del animal, la abertura por donde pasa se hace insuficiente y tiene que desviar su curso. (Hinchcliffe y Pye, 1969).

Por otro lado, la audición se afectaría con la pulsación de la arteria, especialmente en oídos sensibles a bajas frecuencias. En algunos casos se observa que la arteria se rodea de un canal óseo, y que logra reducir el ruido de las pulsaciones (Hinchcliffe y Pye, 1969).

El oído se puede comparar con un micrófono en un cuarto, y como tal, funciona independientemente de la

cabeza. Este puede localizar el punto de donde proviene un sonido con mas precisión por la rápida percepción de ondas por uno de los dos oídos (Pye, 1968).

Debido a que el oído medio es un dispositivo mecánico, es sensible a perturbaciones mecánicas, especialmente a vibraciones del temporal. Muchas de estas vibraciones en los oídos de los mamíferos se presentan en el movimiento de masticación y en los animales astados, el pelear con los cuernos, lo produce también. Y aun a pesar de estas vibraciones, el animal se puede concentrar en un ruido determinado. Lo que hace que se torne bastante eficiente para la captación de ruidos que ponen en peligro su vida (Tonndorff, 1950).

En la mayor parte de los mamíferos, la cavidad del oído tiene paredes óseas que lo rodean, y el órgano auditivo está integrado al cráneo, sus huesos están unidos entre si y son rígidos e inabviles. Este arreglo tan simple es adecuado para que las vibraciones del cráneo que en ocasiones se presentan, no interfieran mucho en la captación de estímulos auditivos. En el caso de los roedores y algunos lagomorfos, por la constante masticación que tienen, sus oídos están parcialmente aislados del cráneo, debido a que el hueso timpánico o periótico está expandido. Este hueso aísla al oído del cráneo porque está unido a él solo por un puente de cartilago, y produce una acción aislante, especialmente para sonidos de altas frecuencias (Becher, 1974).

En los murciélagos la vocalización puede ser causa de vibraciones del cráneo, que interfieran con la recepción auditiva, por la capacidad de ecolocación que tienen estos animales. De tal manera que necesitan que el órgano auditivo este aislado del cráneo, y solucionan esta situación al tener una cóclea voluminosa y una cavidad timpánica pequeña. Esto produce mayor eficiencia en la ecolocalización (Tonndorf, 1950).

Los animales que utilizan ecolocación bajo el agua, tienen la bula del oído aislada del cráneo, como los cetáceos, en ellos, las ondas sonoras se transmiten por el cráneo a la mandíbula y de ahí al cono timpánico rodeado por trabéculas y aire, por lo tanto la bula auditiva actúa como una caja de sonido unida como péndulo al hueso periótico por dos pequeños pedículos. Y para lograr la estabilización de sus componentes, aumentan su masa, y en ocasiones llegan a pesar varios Kg (Kellogg, 1928). El hueso periótico se considera inmovil debido a su masa tan grande. La frecuencia auditiva natural se incrementa si la dureza de sus conexiones aumenta y decrece si el centro de la masa está lejos de lo que llamamos el sitio de suspensión (Mac Farland y col, 1978).

Los delfines tienen en la cavidad timpánica un sistema tridimensional de ligamentos que sostienen a los huesecillos en su lugar, esto los hace muy libres y por

el hecho de que el propio martillo sólo contacte con la membrana del tímpano en el ápice, se evitan interferencias producidas por las vibraciones de craneo, del cuerpo del animal y del agua, además que los otros huesecillos se reducen en tamaño, quedando como articulaciones pequeñas con el martillo, como se muestra en la figura 5 (tomado de Keen y Grobelaar, 1941). Existe en estos animales un sistema extenso de paredes suaves, lleno de cavidades con aire, excepto en la pared lateral, además, en ellos el meato acústico externo es vestigial y se encuentra obliterado (Van de Water y col, 1980).

No hay diferencias notorias entre los oídos de los misticetos y odontocetos como ejemplo, sin embargo, el hueso periótico en los misticetos es más rugoso, denso y compacto y de forma irregular, comparado con el de los odontocetos. En la mayoría de los delfines, hay íntimo contacto con los huesos tímpanico y periótico, pero sin estar fusionados (Reysenbach, 1957).

Los sirenios difieren radicalmente de los cetáceos. En ellos el craneo tiene una cavidad cóncava dentro del hueso periótico y está lleno de una sustancia seruminosa. Los cetáceos tienen una cavidad llena de aire. Los manatíes tienen una gran membrana tímpanica que es dura y rugosa por fuera del manubrio del martillo. El hueso tímpanico es aún de forma de U, como el oído

OIDO MEDIO DE CETACEOS

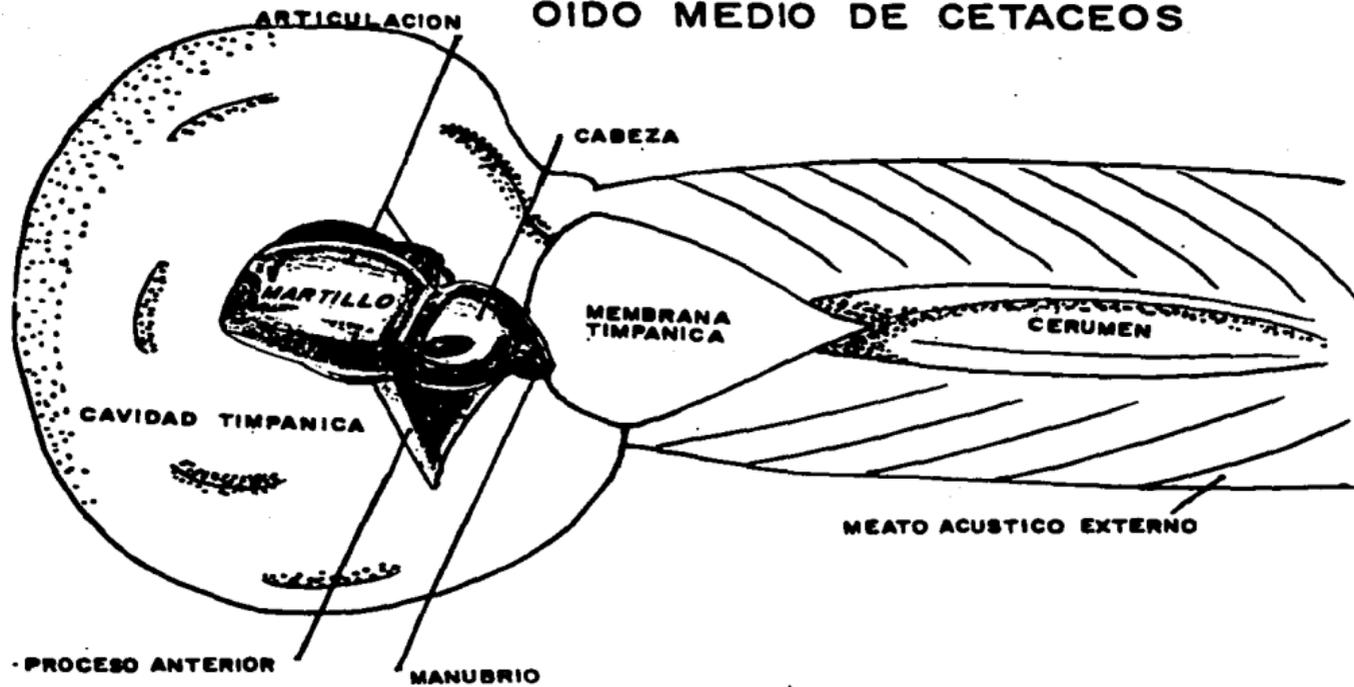


FIG. 5

(Lecavallo de Gessu y Gessu, 1911)

ancestral, pero ambas orillas de la U están fusionadas con el hueso periótico (Kellog, 1928).

Una peculiaridad que tienen los cetáceos, es que el anillo medial del tímpanico, está enrollado y alargado hacia arriba unido a una rugosidad masiva de material óseo denso. En todos ellos, este anillo permanece separado de su hueso periótico (Reysenbach, 1957).

En las focas, los oídos sólo están parcialmente aislados del cráneo, sin embargo, la porción coclear del periótico permanece ligeramente separada del hueso tímpanico (Kellog y col, 1953).

III.2 MORFOFISIOLOGIA DEL OIDO MEDIO

A ANATOMIA

El oído medio de los mamíferos consta de bula y cavidad timpánica llena de aire, separada del conducto auditivo por la membrana del tímpano, que contiene a los huesecillos del oído con sus ligamentos, tendones, músculos y nervios, que son considerados contenido de la cavidad timpánica, (Garfield, 1971). El oído medio está unido a la epifaringe mediante la tuba auditiva o trompa de Eustaquio. Hacia atrás se une con el conjunto de cavidades mas o menos desarrolladas del proceso mastoideo como se muestra en la figura 4 (Zollner, 1977).

La cavidad timpánica es una excavación en forma de fisura o tambor vertical, situada en el espesor de la base de la porción petrosa del hueso temporal, esta tapizada con la túnica mucosa que cubre sus seis paredes y que por detrás se continúa con la túnica mucosa de las celdillas del proceso mastoideo del hueso temporal, y por delante con la túnica mucosa de la tuba auditiva. Es una cavidad generalmente llena de aire de 2 a 4 cm de profundidad, situada por detrás de la membrana del tímpano (Allin, 1928).

Para comprender el patrón estructural en los mamíferos, utilizaremos la disposición que tiene en el humano. La cavidad timpánica incluye tres partes que

son: el mesotimpano (medial a la membrana del timpano); el receso epitimpánico (ático) arriba de la membrana y de la porción timpánica del canal (acuoducto o conducto) del nervio facial; el hipotimpano, y se localiza abajo en la orilla inferior del surco timpánico y del antro mastoideo (Garfield, 1971). Esta cavidad timpánica está llena de aire (Harrison, 1979) y cubierta por la membrana mucosa que se une firmemente al periostio que la rodea, el contorno de esta cavidad es altamente irregular; el orificio de la tuba auditiva o trompa de Eustaquio, marca el borde anterior como se muestra en la figura 6.

Las paredes de la cavidad timpánica según Sinelnikov en 1977, son las siguientes:

- 1 - La pared del techo timpánico o superior
- 2 - La pared yugular o inferior
- 3 - La pared mastoidea o posterior
- 4 - La pared carotidea o anterior
- 5 - La pared laberíntica o medial
- 6 - La pared membranosa o lateral, (vista de frente, como se aprecia en la figura 7).

El perímetro de la membrana timpánica se engruesa en esa zona y forma el borde, que en la mayor parte estira a la membrana timpánica, por lo que recibe el nombre de porción tensa, este borde está fijo mediante el anillo fibrocartilaginoso. Hay una pequeña extensión de la membrana por arriba en la incisura timpánica que es menos

VISTA LATERAL DE LA DISPOSICION DE LOS
ELEMENTOS DEL OIDO EN MAMIFEROS

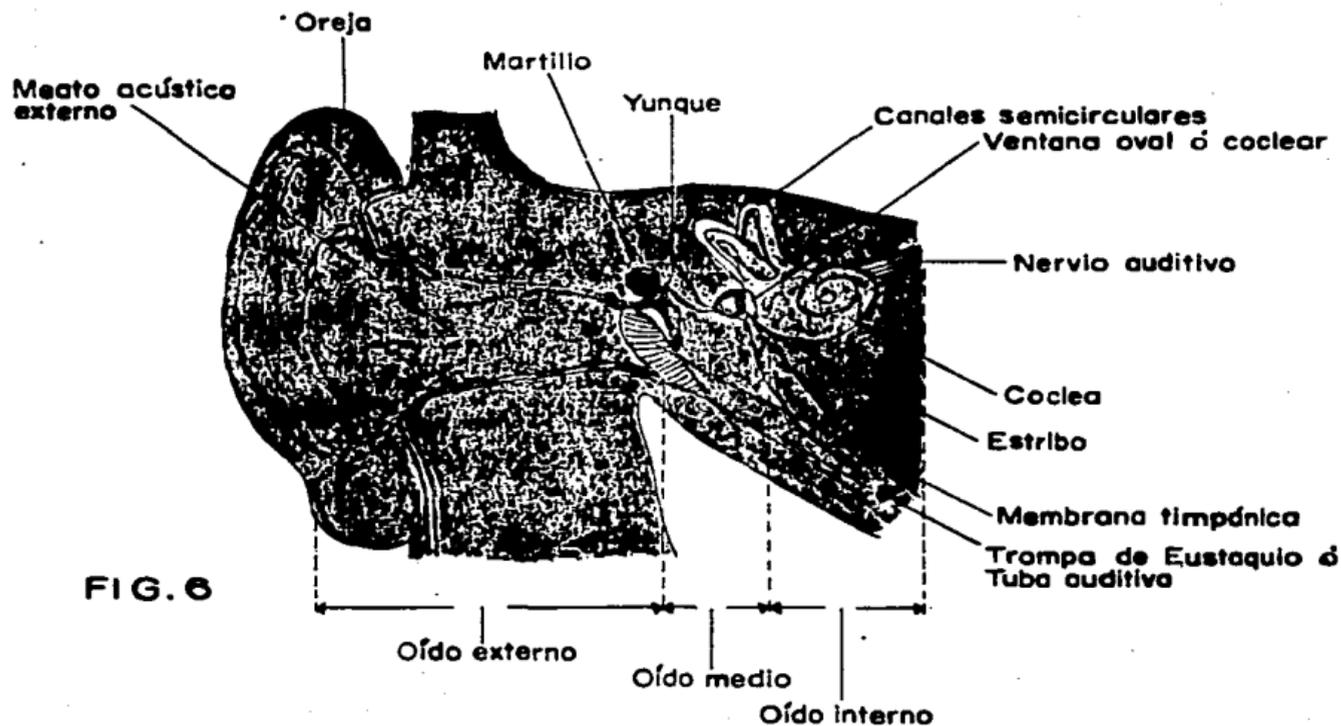


FIG. 6

LIGAMENTO
MALEAR ANTERIOR

LIGAMENTO SUPERIOR DEL MARTILLO

LIGAMENTO SUPERIOR DEL YUNQUE

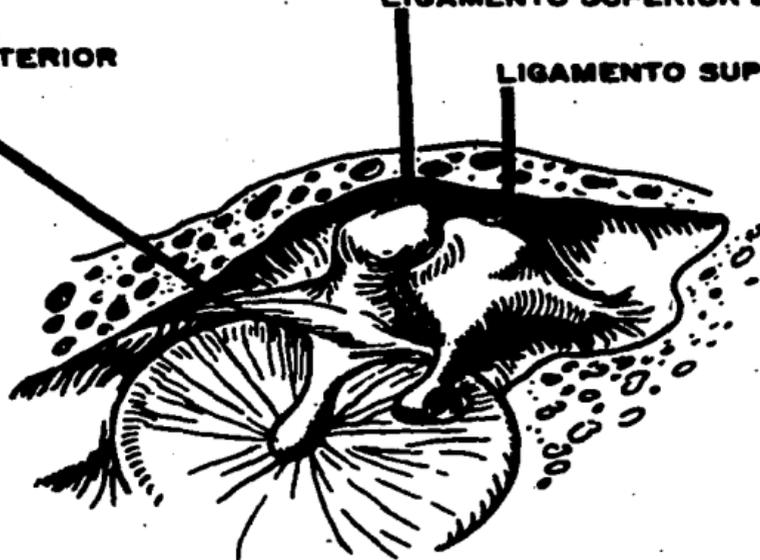


FIG. 7

PARED LATERAL DE LA CAVIDAD TIMPANICA

tensa - es la porción flácida - que está separada del resto de la membrana timpánica por los pliegues anterior y posterior de la membrana timpánica, ambos inician en la prominencia malear, por lo que se denominan pliegues maleares.

La túnica mucosa de la cavidad timpánica, tapiza la cavidad y cubre todas las formaciones que entran en su composición, y constituyen los pliegues y recesos.

Estos pliegues según Kobayashi en 1955 son los 4 siguientes:

- 1 -Pliegue malear anterior, va desde el manubrio a la espina timpánica mayor.
- 2 -Pliegue malear posterior está entre el manubrio y el borde la incisura timpánica.
- 3 -Pliegue del yunque, va de la pared posterior de de la cavidad al yunque.
- 4 -Pliegue del estribo, como se aprecia en la figura 8, y además el
- 5 -Pliegue mucoso de la membrana del timpano (Lara y col. 1972), como se observa en la fotografía 1 a 25X. Este ligamento va de la cuerda del timpano al manubrio del martillo.

La túnica mucosa de la cavidad timpánica al pasar de una formación a otra limita varios recesos:



1 y 3.- Pliegue mucoso de la membrana timpánica en humano a 25 y 16 X respectivamente.



2.- Vasos sanguíneos de la capa propia en la membrana del tímpano en humano a 320X.

4.- Corte histológico del martillo de rata decalcificado a 400X.



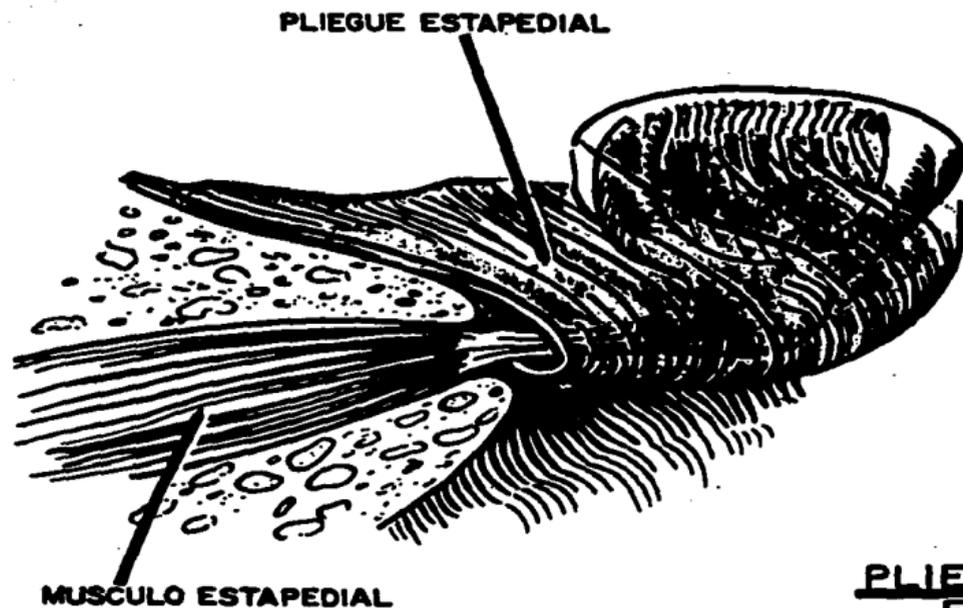


FIG. 8

PLIEGUE
ESTAPEDIAL

CLAVE DE ABREVIATURAS DE LAS FOTOGRAFÍAS

AT	anillo timpánico	Po	proceso orbicular
AO	agujero obturado	PP	pilar posterior del estribo
B	base del estribo	Si	sinartrosis
C	cuerda del tímpano	So	saliente ósea
Ca	cabeza del martillo	V	vasos sanguíneos
Ce	celdillas mastoideas	Y	yunque
CT	cavidad timpánica	◀	ángulo
Cu	cuello del martillo		
E	espátula (terminación del martillo)		
EO	espina ósea		
Fc	fibras circulares de la membrana		
Fo	formación ósea como hongo		
Fr	fibras radiales		
Ht	hueso timpánico		
La	ligamento anular del estribo		
Lo	lámina ósea del martillo		
Ls	ligamento superior del martillo		
M	martillo y manubrio		
Me	músculo del estribo		
Mf	membrana flácida		
Mt	membrana timpánica		
Mut	músculo tensor del tímpano		
Pa	proceso anterior		
Pac	pilares acanalados del estribo		
Pc	proceso corto		
Pco	pilares compactos del estribo		
Pia	pilar anterior del estribo		
Pl	pliegues		
Pla	proceso largo del yunque		
Plat	proceso lateral		
Plm	pliegue mucoso		
Pls	pliegue superior del martillo		
Pmp	Pliegue malear posterior		

- 1.- El receso superior de la membrana timpánica, está por dentro de la porción flácida de la membrana timpánica.
- 2.- El receso anterior, está por fuera entre la membrana timpánica y por dentro entre el pliegue anterior del martillo.
- 3.- El receso posterior, está entre la membrana timpánica y el pliegue anterior del martillo.

Los tres huesecillos del oído medio forman una cadena que no solamente transmite sino que amplifica las ondas sonoras recibidas por la membrana timpánica, hasta la ventana vestibular u oval (Alvarez del Villar, 1979), y conduce las vibraciones de este estímulo mecánico hasta el oído interno, primero llega al vestíbulo y de ahí a la ventana coclear o redonda y estas vibraciones excitan físicamente, por medio de cambios de presión de la endo y perilinfa a la membrana basilar y a las células sensoriales, que están contenidas en ella, es allí donde se efectúa la transducción de este estímulo mecánico a estímulo nervioso, que parte de estos receptores para llevarla hasta el sistema nervioso central (Alvarez, 1979).

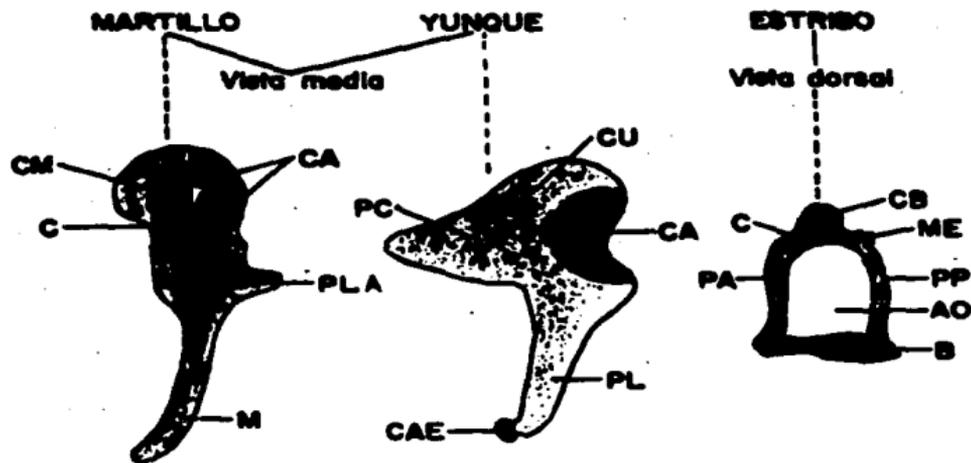
El martillo que está en íntimo contacto con la membrana del tímpano, por el manubrio, es un derivado del hueso articular de los reptiles, se compone de una cabeza, cuello, manubrio y dos procesos, el anterior y el

lateral (Aly y Shawty, 1967). La cabeza es bulbosa y sobrepasa arriba el nivel de la membrana del timpano, es decir, se aloja en el epitimpano; el cuello (figura 9), es un adelgazamiento cilíndrico que continúa hacia la cabeza del martillo y que generalmente está en relación con la cuerda del timpano. El manubrio está incluido en la membrana timpánica y generalmente es aplanado y termina en punta. De la base de este manubrio parten dos procesos: el proceso lateral que es muy evidente y está dirigido lateralmente o hacia afuera, y su extremidad colinda con la membrana timpánica. Y el proceso anterior que se inicia en el cuello, va hacia adelante y afuera y entra en la fisura petrotimpánica.

El martillo está fijo a la cavidad timpánica mediante ligamentos, y los que se han descrito con más detalle en el humano según Sinelnikov en 1977 son:

- 1 - El ligamento superior del martillo, va desde la cabeza del martillo al techo de la cavidad.
- 2 - El ligamento lateral del martillo, va del meato acústico externo al cuello.
- 3 - El ligamento anterior del martillo, va de la espina esferoidal al proceso anterior de este huesecillo.
- 4 - El ligamento posterior del yunque, va del proceso corto a la fosa del mismo yunque.
- 5 - El ligamento superior del yunque, va del cuerpo hacia el techo de la cavidad timpánica.

**PORCIONES QUE CONSTITUYEN A LOS
HUESECILLOS DEL OIDO**



CM - Cabeza del martillo
C - Cuello
PLA - Proceso lateral
M - Manubrio
CA - Caras articulares
CU - Cuerpo
PC - Proceso corto
PL - Proceso largo

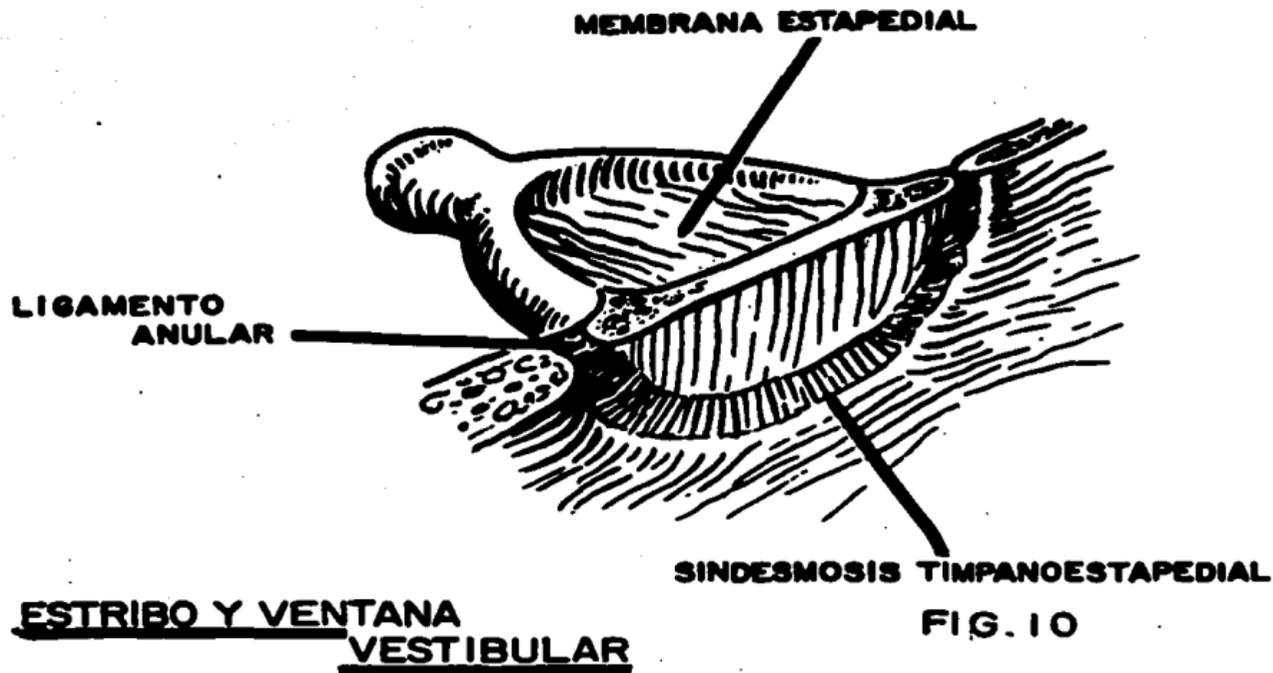
CAE - Cara articular del estribo
CB - Cabeza
ME - Musculo del estribo
B - Base
PP - Pilar posterior
PA - Pilar anterior
AO - Agujero obturado

FIG. 9

6 - El ligamento anular de la base del estribo es un anillo fibroso que fija la base a la ventana vestibular, como se observa en la figura 10.

En la base del manubrio o en algunos casos en el cuello, se inserta el tendón del músculo tensor del tímpano (músculo del martillo), que está inervado por el nervio del tensor del tímpano, rama del trigémino (Hildebrand, 1982).

Evolutivamente el yunque se forma del hueso cuadrado de los reptiles (Aly y Sawty, 1967), como se muestra de nuevo en la figura 2. El yunque tiene un cuerpo y dos procesos de diferente longitud, el cuerpo está marcado anteriormente por una superficie articular con la cabeza del martillo (articulación incudomalear), el proceso corto tiene dirección posterior y se une en su extremo, por un ligamento muy fuerte a la pared posterior del oído medio. El proceso largo se extiende hacia abajo y medialmente y varía en diferentes grupos de mamíferos, es libre en la cavidad del tímpano y se dirige hacia la cabeza del estribo, como se muestra de nuevo en la figura 9. (Zollner, 1977). La extremidad inferior del proceso largo tiene un esbozo llamado proceso lenticular que se articula con la cabeza del estribo. En el hombre y en muchos mamíferos, tiene una dirección paralela a la del manubrio del martillo (Aly y Sawty, 1967). El martillo y



el yunque oscilan alrededor de su eje que se dirige horizontalmente del proceso corto al cuello del martillo.

El estribo derivó de la columela de los reptiles y a su vez ésta derivó del hueso hiomandibular de los peces, es la única estructura que persiste en la cavidad del oído medio de los mamíferos, actúa como una palanca que conecta al oído interno con la membrana timpánica, está formado por la cabeza, el cuello, dos pilares y la base (ver de nuevo la figura 9). La cabeza tiene una superficie articular que recibe al proceso lenticular del yunque, el cuello es una área restringida de la cual divergen dos pilares o ramas, estos pilares pueden ser excavados longitudinalmente sobre la superficie obturadora, el pilar anterior es más corto y más recto, en el pilar posterior se inserta el tendón del músculo del estribo, la base o platina se inserta dentro de la ventana vestibular u oval y corresponde en forma a la de la ventana. Habitualmente el margen superior de la base es convexa y el margen inferior es lineal o algo cóncavo, los bordes anterior y posterior son redondeados (Sineinikov, 1977).

La tuba auditiva o trompa de Eustaquio, une la cavidad de la faringe con el oído medio, está cerrada normalmente y se abre en la deglución por el músculo tensor del velo del paladar, con esto se iguala la presión a los lados de la membrana del oído, y al tener

acceso el aire al oído medio a través de esta tuba, lo protege de cualquier daño o ruptura (Harrison, 1977).

La bula auditiva (Van der Klaauw, 1931) es una estructura que por sus características se utiliza para la clasificación de los mamíferos; se le considera dentro de los patrones basicraneales, que proporcionan una guía confiable para las relaciones filogenéticas principalmente entre los carnívoros (Hunt, 1973). La bula es una cápsula de hueso timpánico o simplemente timpánico y de endotimpánico, que encierra al oído medio.

En los mamíferos el tímpano dérmico es el primer elemento que precede a la bula, que se osifica en la ontogenia. Es homólogo en todos los mamíferos, tiene la función de apoyar la membrana timpánica. En los carnívoros este tímpano dérmico osificado es llamado únicamente anillo timpánico, se osifica como un solo elemento, y tiene un limbo anterior, que da forma de un bastón óseo corto. El timpánico y el gonial son los únicos huesos dérmicos de la bula de los carnívoros (Hunt 1973). La bula tiene tres porciones: a) cavidad timpánica, b) seno hipotimpánico y c) receso del seato acústico externo (Van de Water y col, 1980).

La bula conserva el patrón de la carótida interna en los fósiles, por lo tanto es una buena marca anatómica (Saini y Halifax, 1963). En monos y homínidos dicha carótida interna es la principal arteria que irriga el cerebro. La bula consta de 3 o 4 osificaciones separadas

durante la ontogenia, que persisten a través de la vida adulta, estas son: los huesos timpánico, endotimpánico rostral y endotimpánico caudal (Van der Klaauw, 1931). El hueso ó anillo timpánico no esta cerrado en su totalidad, se desarrolla independientemente del neurocráneo. Se considera como una característica primitiva si se le encuentra angosto, como en el caso de los insectívoros, ó mas evolucionado, si es más grueso o más ancho, como el caso de los anillos de los sirenios, y carnívoros (Van der Klaauw, 1931).

Se ha visto que el hueso endotimpánico se ensancha para dar más volumen a la cavidad del oído medio en los carnívoros, esto se da por hipertrofia del endotimpánico caudal o por invasión del hueso mastoideo, lo que incrementa la absorción del sonido en el aire, al disminuir la humedad, y aumentar la temperatura. De esta manera mejora la sensibilidad auditiva, especialmente a frecuencias altas, también asegura el enfriamiento por contracorriente y participa en el enfriamiento de la sangre arterial cerebral la carótida interna y la red de la carótida externa, que interrelaciona la circulación arterial cerebral y la sistémica lateral (Hunt, 1973). La bula timpánica de algunos roedores de vida nocturna está bien desarrollada y ocupa un tercio de la longitud de la escama temporal, y tiene gran sensibilidad a sonidos de bajas frecuencias. Si la bula tiene muchos septos, se llaman celdas u osteofitos; en quirópteros no

hay estas cavidades (Van Berjeick, 1967) estos septos se desarrollan de osificaciones secundarias de pliegues mucosos.

El antro mastoideo o timpánico y las celdillas o células aéreas mastoideas, constituyen la segunda parte de los compartimentos del oído medio que contienen aire. El antro y las células aéreas mastoideas forman los divertículos de la cavidad timpánica, formados a expensas de la porción mastoidea del temporal. Hacia atrás, desde el receso epitimánico, están constituidos por: 1) una abertura ósea estrecha denominada adito del antro mastoideo, 2) una cavidad que es una gran célula aérea de la mastoidea, por lo general más extensa que las situadas detrás de ella, denominada antro mastoideo; y 3) pequeños divertículos del antro, ó las células o celdillas mastoideas propiamente dichas (Zollner, 1977).

Los espacios aéreos del proceso mastoideo se dirigen al espesor del tejido esponjoso, situado entre ambas láminas óseas, presentan grandes variaciones individuales, algunas veces se extienden desde la porción mastoidea del temporal, la escamosa, y a veces se extienden al occipital y al proceso cigomático.

Dentro de los tipos de estructura mastoidea se pueden distinguir cuatro: a) neumatizada, con un completo desarrollo de la estructura celular, con grandes espacios aéreos que comunican entre sí y con el antro. b) diploica, posee una lámina interna, otra externa y un

diplos intermedio. c) esclerosa es aquella en que el proceso mastoideo está constituido por hueso compacto de extremada densidad. Y la d) mixta, que tiene características de los dos primeros tipos.

Basicamente en la cavidad timpánica se encuentra una pared rígida y una membrana que envuelven a un cierto volumen de aire. Aquí una estructura anatómica actúa entre el volumen de adentro y afuera e iguala las diferencias de presión estática. Esta es la tuba auditiva o trompa de Eustaquio. Como los huesecillos están unidos a la membrana, este hecho mantiene la elasticidad y proporciona una zona de apoyo (Van Berjeick, 1967).

La membrana timpánica es una estructura que recibe las vibraciones de las ondas sonoras que provienen del exterior, es flexible, translúcida, vascularizada y semipermeable, es aplanada infundibuliformemente. Su membrana propia, compuesta de fibras anulares y radiales medianamente rígidas, le da una forma especial, de manera que los dos tercios medios se comportan como una lámina semirígida, mientras que las porciones periféricas flexibles sirven de suspensión móvil. Esta oscila como una lámina rígida con una zona periférica flexible (Zollner, 1977). La porción rígida se divide para su estudio en cuatro cuadrantes: el postero-superior, donde se localiza el proceso largo del

yunque; el anterosuperior, en el lado opuesto a éste proceso del yunque; el posteroinferior, donde termina el anillo timpánico y abajo del proceso largo del yunque; y el anteroinferior abajo y opuesto al proceso largo del yunque, como se observa en la figura 11.

La membrana del tímpano recibe las vibraciones de las ondas sonoras, y entre más rígida es, mejor se efectúa la transmisión del sonido, como sucede en los murciélagos y cetáceos, que tienen mayor capacidad auditiva (Fleischer, 1978).

La mayor o menor capacidad que tiene para vibrar está dada por el número y disposición de ligamentos, músculos, y pliegues que tenga. El martillo está en contacto con ella, por medio del manubrio, de varias formas según el mamífero de que se trate, puede ser en forma de espina, espátula, grueso, corto, y tener procesos que hagan más firme su contacto con la membrana.

En los cetáceos el oído evoluciona a partir de un mamífero terrestre y existen vestigios de cartilago de la oreja en algunos ejemplares (Fleischer, 1978). Los oídos de los cetáceos tienen modificaciones a través del tiempo y hasta ahora, perciben mejor las ondas sonoras a través del cráneo, por la mandíbula se transmiten al cono timpánico equivalente a la membrana timpánica en otros mamíferos. Toda la cavidad de los cetáceos y sus

DIVISION DE LA MEMBRANA TIMPANICA EN CUADRANTES

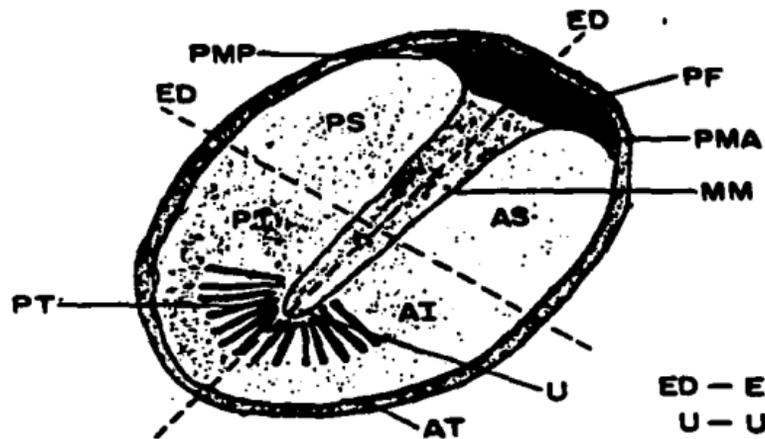


FIG. II

Cuadrantes:

PS — Posterosuperior
 AS — Anterosuperior
 PT — Porción tensa
 AI — Anteroinferior

ED — Ejes de división
 U — Umbo
 PT — Porción tensa
 AT — Anillo timpánico
 PF — Porción flácida
 PMA — Pliegue malear anterior
 PMP — Pliegue malear posterior
 MM — Manubrio del martillo

estructuras están aisladas del cráneo, rodeadas por trabéculas, que la aíslan del cráneo, como una caja pesada unida al hueso periótico por pequeños pedículos que transmiten las vibraciones. Este tipo de animales emiten sonidos con una frecuencia en un intervalo más alto de los 80kc, que utilizan en la ecolocación, que es la localización fina del sonido de percepción de muy pequeñas amplitudes de las vibraciones ultrasónicas. La amplificación (de 30 veces) acústica se efectúa en el cono tímpanico (Fleischer, 1978).

La membrana tímpanica yace casi vertical en la mayoría de los mamíferos. La porción flácida de la membrana (membrana de Shrapnell), separa el conducto auditivo del oído medio (Zollner, 1977). No forma parte de la membrana tímpanica y está entre el elemento esquelético que cierra el tímpanico y el arco terminal, en la foca ésta es baja y en el hombre es pequeña. La porción flácida de la membrana tímpanica no tiene tensión pero también interviene en la vibración y amplifica el área de recepción, junto con la membrana tímpanica (Fleischer, 1978). Esta membrana delgada puede retraerse profundamente hasta confundirse con una abertura (agujero de Rivini), en casos de existir una disminución persistente de la presión (Zollner, 1977).

El aire puede someterse a compresión, y la membrana tímpanica ofrece resistencia a este fenómeno. Si comparamos dos oídos con el mismo volumen en su

cavidad, pero uno con una membrana timpánica grande, y otra pequeña, este último tendrá una mayor resistencia (Tonndorff, 1950).

Algunas variedades de delfines han desarrollado una lámina ósea (equivalente a la membrana timpánica) de suficiente dureza, lo que les permite mejor captación de sonidos graves (Fleischer, 1978). Hanson en 1961, menciona que Helmholtz en 1868 dijo que muy pocas fibras circulares de la membrana timpánica son elásticas bajo tensión. En el caso de la membrana de ratas, se vió que era altamente elástica, pero es mas dura aun en murciélagos. La tensión de la membrana se da en parte, por la cantidad de sangre que haya dentro del tejido esponjoso que la expande.

Los mamíferos que viven en el desierto o semidesierto tienen muy grande su oído medio (Wilkie, 1929). En la rata canguro, el oído es muy sensible a bajas frecuencias y la porción que ocupa el aire en el oído medio, hace que éste sea menos sensible. Esto sucede también en el pequeño ratón del desierto, que tiene hasta la mitad de la base de la cabeza ocupada por el oído (Fleischer, 1978).

La intensidad del sonido procedente de una fuente de origen pequeña, tal como es captada por un animal, decrece en razón del cuadrado de la distancia de la fuente, independientemente de la frecuencia. La atenuación atmosférica del sonido aumenta con la

frecuencia. Las altas frecuencias no viajan muy lejos, debido a que se desvanecen rápidamente, por dicha atenuación. Por otra parte, las bajas frecuencias viajan con una pequeña cantidad de atenuación atmosférica, y por lo tanto viajan más rápido (Henson, 1961).

El sonido de alta frecuencia puede llevar mucha información a un sitio cercano a donde se produjo. Los animales del desierto tienen oídos sensibles a las frecuencias que pueden viajar a una gran distancia biológica sin ser atenuados, es decir que puedan comunicarse entre su misma especie en frecuencias bajas, esto lo pueden hacer porque la dureza de su membrana timpánica es muy reducida, y de esta manera captan mejor el tono a bajas frecuencias (Henson, 1961).

Muchos mamíferos tienen una cavidad muy voluminosa en relación a la membrana timpánica y su forma es más o menos esférica. Las paredes incompletas separan la cavidad del oído medio en varios subespacios. Este tipo de paredes protege de las vibraciones intensas; en un buen número de mamíferos las paredes son delgadas, la cavidad del oído está rodeada de una formación reticular ósea esponjosa. El primer esbozo de esta trabeculación ósea es la pared radial del borde de la membrana del tímpano, luego existen unos cuantos pilares que cruzan a la cavidad y cada especie tiene cierto grado particular de trabéculas; señalemos que en el topo talpa, y algunos animales pequeños como las ratas, ratones y murciélagos

también las presentan. El cerdo, el hipopótamo tienen este tipo de malla en el oído; los caballos, cabras, jirafas, elefantes, tienen una red menos marcada. Obviamente su red está en relación a un volumen reducido de la cavidad. Especialmente tienen malla los oídos medios con un volumen modificado por la forma esférica, y esta formación la constituye la bula timpánica (Pye Ade, 1968). El volumen reducido de la cavidad asociado con el tipo de hueso en el oído medio, aumenta la dureza del sistema. (Hinchcliffe y Pye, 1969).

B HISTOLOGIA

Las paredes óseas de la caja del timpano, lo mismo que las celdas neumáticas inmediatas, están recubiertas únicamente por un periostio delgado y un epitelio cúbico situado por encima de él, llamado mucoperiostio. Es tenue y transparente, de manera que normalmente se manifiesta el color amarillento del hueso (Zollner, 1977).

La membrana del timpano tiene numerosos vasos sanguíneos que forman, en los estratos cutáneos y mucosos, redes capilares que se anastomosan entre las fibras de la capa propia, como se muestra en la fotografía 2, en un corte que hicimos, de la membrana timpánica de un hombre, donde se aprecia la anastomosis de estos vasos sanguíneos a 320 X. Los espacios linfáticos de la capa propia comunican con las redes de vasos linfáticos de las capas cutáneas y mucosas y los nervios forman plexos en las tres capas. Esta membrana está constituida por una capa propia conjuntiva o lámina fibrosa con dos estratos, formados por fascículos de fibras colágenas y fibroblastos alojados entre las mismas. Las fibras del estrato externo están situadas radialmente, como se aprecia en la fotografía 3, en este acercamiento de la membrana timpánica del hombre, contrastada con tinción de Ruffini, a 10X. Y las del

interno, circularmente, las fibras elásticas finas se encuentran en la periferia y en el centro de la membrana timpánica. En su cara externa se adosa una capa cutánea, esta capa es una prolongación de la piel del conducto auditivo externo, no tiene papilas, pelos ni glándulas, (Trautmann y Fiegiger, 1950) y varía de grosor. En la cara interna, dirigida al oído medio, la mucosa está cubierta de epitelio plano uniestratificado. La cavidad timpánica está cubierta por mucosa con el mismo tipo de epitelio (Rose, 1974), no tiene glándulas, y esta cubierta por epitelio plano simple.

La tuba auditiva, que une la cavidad timpánica con la porción nasal de la faringe, tiene la luz muy manifiesta, la región que colinda con la cavidad timpánica está rodeada por la pared ósea, con periostio y por dentro está unida con una mucosa delgada con dos hileras de epitelio cilíndrico vibrátil, tiene depresiones a modo de criptas (Trautmann y Fiegiger, 1950). La pared ósea de la caja del tímpano es de estructura esponjosa en los artiodáctilos y carnívoros y es doble y con un hueso entre sus láminas. Más cerca de la faringe continúa con islotes de cartilago hialino. La luz de la tuba está tapizada por epitelio vibrátil cilíndrico multiseriado. Y en éste hay células mucosas calciformes. En la superficie del epitelio se abren los conductos de las glándulas mucosas. A través de la tuba auditiva se regula la presión del aire en la cavidad timpánica del oído medio (Afanasiev y Yurina, 1983).

Los huesecillos son de substancia ósea compacta, con células llamadas ostiocitos, como se muestra en la fotografía 4, de un corte histológico que hicimos de martillo de rata, con técnicas de decalcificación, y contrastado con tinción de PAS, que es afín a las glucoproteínas, que existen en la matriz ósea. Para que se aprecien sus células. La superficie externa e interna esta revestida por membrana conjuntivos, el periostio y endostio respectivamente (Junqueira y Carneiro, 1977).

C ENERIOLOGIA

En el desarrollo embriológico, el primer saco branquial o visceral de los vertebrados, se amplía y da lugar a la mandíbula, esta por una parte forma el arco mandibular en los gnatostomos y por otra en su porción superior llamada epibranchial, origina el palatoc cuadrado o mandíbula superior (Thomas, 1968).

El segundo arco visceral o arco hioideo constituido por el epibranchial que es la hiomandíbula, contribuye a formar el oído medio de los tetrápodos (Anson y Bast, 1959).

Desde el pez hasta el anfibio se observan cambios evolutivos, que son: el cuadrado de la mandíbula superior se articula con el escamoso sin ayuda de la hiomandíbula y las vibraciones acústicas se detectan por la conducción ósea a través de las mandíbulas y son llevadas al oído interno. En los anfibios se reduce la hiomandíbula y se forma el oscículo o huesecillo auditivo denominado columela (Hamilton y col, 1973).

En las aves y reptiles el cuadrado y articular se forman del primer arco, la columela del segundo y también de este último el aparato hioideo. Los reptiles mamíferianos tienen su hueso articular más pequeño y es desplazado hasta que pierde su posición en la mandíbula

inferior. Esto mismo sucede con el cuadrado y el articular, que son posteriormente los oscículos o huesecillos auditivos (Stephens, 1972).

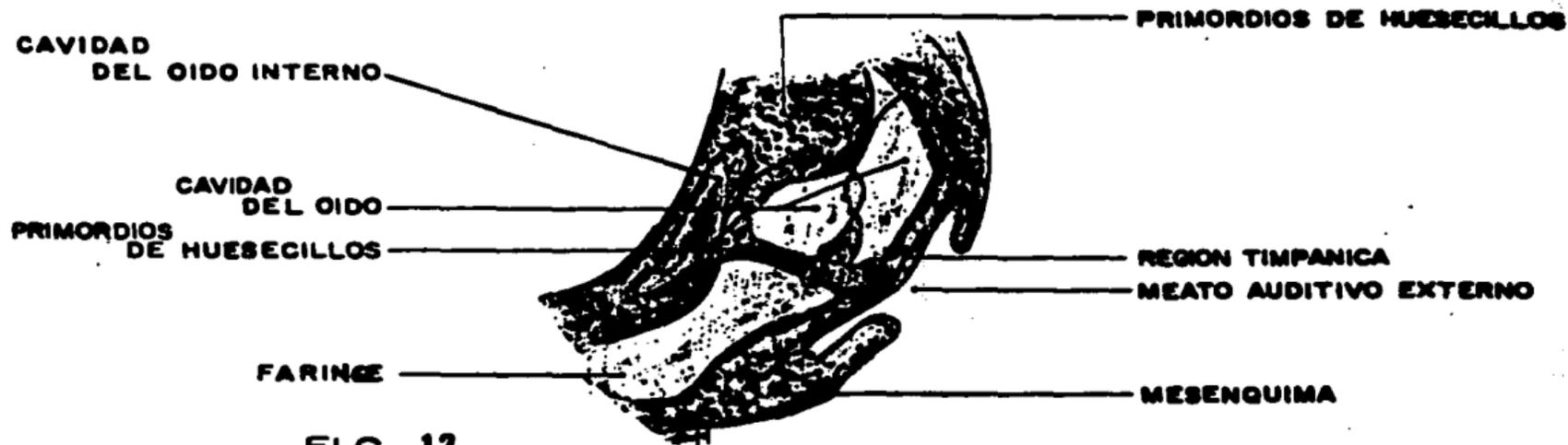
Del articular se origina el martillo, del cuadrado el yunque y de la columela el estribo de los mamíferos (Fitzgerald, 1980).

En los mamíferos el prearticular junto con el articular contribuye a formar el martillo; el hueso angular se mueve hacia arriba sobre el ángulo de la mandíbula, y contribuye a formar una estructura exclusiva de esta clase que es el *ímpula timpánica*, la que rodea al oído medio y contribuye a aislarlo dentro del hueso (Snell, 1976).

En el humano la primera bolsa faríngea se dilata y forma el *receso alargado tubotimpánico* y rodea a la cadena de huesecillos. La porción distal permanece angosta (Snell, 1976). Este saco pronto se pone en contacto con la primera hendidura branquial y forma el primordio del meato acústico externo o conducto auditivo externo. Subsecuentemente se forma la cavidad timpánica primitiva. En la figura 12 se observa la morfogénesis del oído medio en amniotas (tomado de Van de Water y col, 1980).

Los *recesos tubotimpánicos* originan en el humano la cavidad timpánica y el *antro mastoideo*, la conexión del *receso tubotimpánico* con la *farínge* se *alarga*

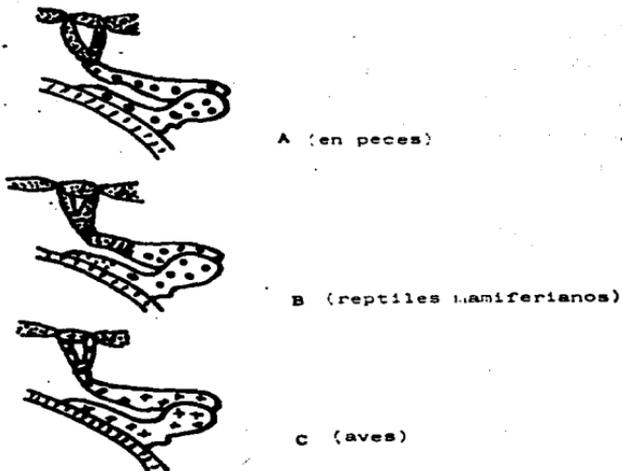
MORFOGENESIS DEL OIDO MEDIO EN AMNIOTOS



gradualmente y forma por su parte proximal las tubas auditivas que provienen del receso o primer saco o bolsa faringea, formado por endodermo, que es una invaginación del intestino anterior (Fitzgerald, 1980, Thomas, 1968, Hamilton y col, 1973, Moore, 1975).

A principios de la sexta semana de gestación en humano, el mesodermo de la cápsula ótica se torna precartilaginosa y es el precursor de los huesecillos del oído medio (Snell, 1976). Hacia el final de la séptima semana, el mesénquima situado arriba de la cavidad timpánica primitiva, presenta cierto número de condensaciones procedentes de las proliferaciones de los extremos dorsales del primer y segundos arcos, con el tiempo estas condensaciones son las precursoras de los huesecillos del oído (Langman, 1976, Fitzgerald, 1980). En la figura 13 se observa que el martillo y el yunque proceden del primer arco branquial y el estribo del segundo (Van der Water y col, 1980), los huesecillos aparecen en la primera mitad de la vida intrauterina, pero permanecen incluidos entre el mesénquima hasta el octavo mes, como se aprecia en la figura 14, en el cual el tejido circundante se reabsorbe completamente, al dilatarse la cavidad timpánica primitiva, el epitelio endodérmico la reviste y envuelve a los huesecillos (tomada y modificada de Van de Water y col, 1980). (Snell, 1976, Langman, 1976). Entre las 6 y las 9 semanas de gestación se forman los huesecillos (Thomas, 1968), a las 15 semanas los estribos primitivos son de

DIAGRAMA DEL ORIGEN EMBRIOLÓGICO
DE LOS HUESECILLOS.

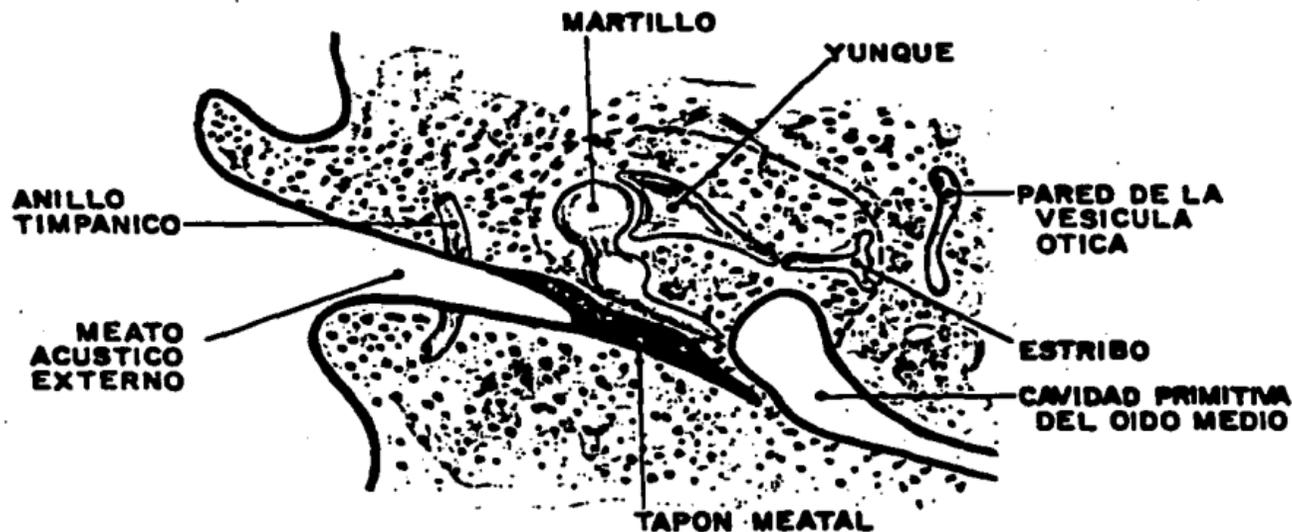


- HUESECILLOS CON ORIGEN DEL SEGUNDO ARCO (MIGRIDEO)
- HUESECILLOS CON ORIGEN DEL PRIMER ARCO (MANDIBULAR)
- COMPONENTES CON INTERVENCIÓN DE LA CRESTA NEURAL EN MAMÍFEROS

FIG. 13

(Van de Water y col. 1950)

HUESECILLOS INCLUIDOS EN
MESENQUIMA



OIDO MEDIO: SE VEN LOS PRECURSORES CARTILAGINOSOS DE LOS HUESILLOS, INCLUIDOS EN TEJIDO CONECTIVO LAXO LA LINEA DE GUIONES INDICA LA EXPANSION ULTERIOR DE LA CAJA TIMPANICA

FIG. 14

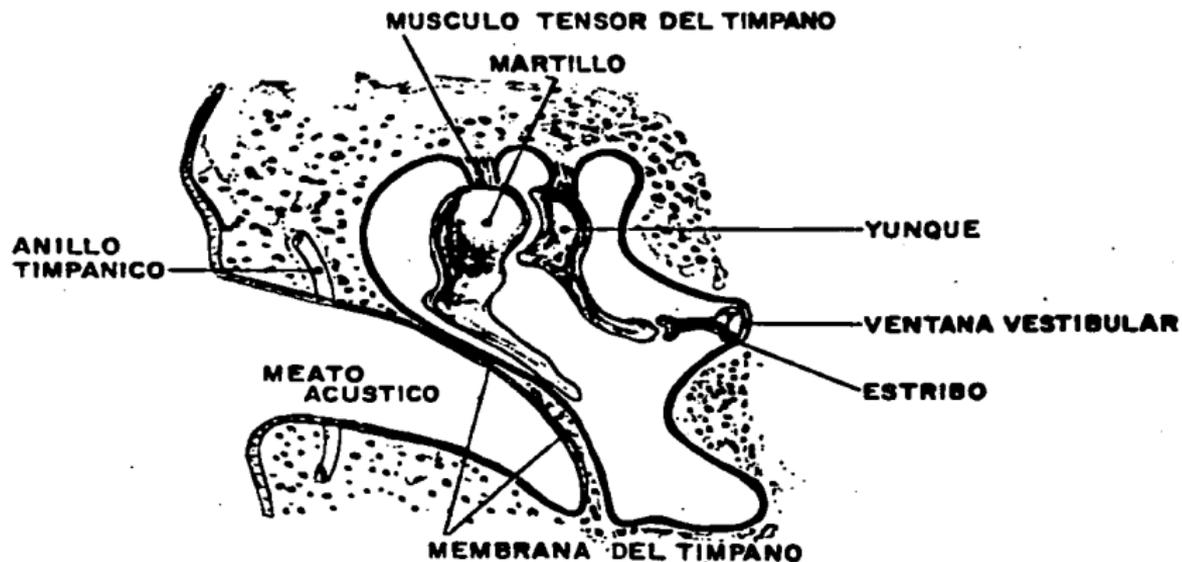
(tomado y modificado de Van de Water
y col, 1980).

cartilago y hasta el quinto mes de gestación se osifican los huesecillos (Anson y Bast, 1959), como se aprecia en la figura 15 (tomada y modificada de Van de Water y col, 1980).

El segundo arco aórtico se transforma en arteria estapedial y atraviesa la condensación del estribo ocasionando la separación de las dos ramas del mismo. En el embrión humano la arteria estapédica desaparece pronto, pero en algunos mamíferos pequeños persiste toda su vida. El borde interior del anillo estapédico se extiende hasta la pared lateral de la cápsula ótica, donde una porción ensanchada del mismo, llamada base se ajusta a la ventana vestibular (Langman, 1976).

Al dilatarse la cavidad timpánica el epitelio endodérmico de la cavidad timpánica reviste gradualmente los huesecillos con sus tendones y ligamentos y la cuerda del tímpano, de modo que todas esas estructuras quedan cubiertas por un revestimiento epitelial más o menos completo (Moore, 1975). La ulterior expansión de la cavidad timpánica forma el antro timpánico y a las celdas neumáticas mastoideas. La membrana timpánica queda parcialmente rodeada por la osificación membranosa anular del hueso timpánico, que se forma por una cubierta ectodérmica superficial, otra endodérmica profunda y entre ellas una de mesénquima que constituye su membrana propia (Anson y Bast, 1960).

OSIFICACION DEL OIDO MEDIO EN MAMIFEROS



OIDO MEDIO: AL MARTILLO ESTA EN CONTACTO CON EL TIMPANO Y EL ESTRIBO FIJADO POR UNA MEMBRANA A LA VENTANA VESTIBULAR

FIG. 15

El receso epitimpanico o ático, contiene la cabeza del martillo y cuerpo del yunque, este receso es continuo posteriormente con el antro mastoideo y anteriormente con la cavidad timpánica. Después del nacimiento se forman las celdillas mastoideas de diverticulos endodérmicos (Anson y East, 1960).

Snell en 1976 observó que el músculo tensor del timpano, un pequeño músculo estriado que se forma del primer arco faríngeo, está inervado por el trigémino y deriva del mesodermo del primer arco branquial.

El músculo del estribo o estapedial está inervado por el nervio facial del oído externo. Debido a que deriva del mesodermo del primer arco branquial ambos son músculos estriados pequeños (Snell, 1976).

Estos músculos pequeños regulan la tensión de los huesecillos, uno se inserta al manubrio del martillo y el otro al pilar posterior del estribo. El músculo tensor del timpano jala la membrana timpánica y la tensa, simultáneamente jala el manubrio del martillo hacia adentro. La contracción del músculo estapedio inclina el estribo fuera de la ventana vestibular, la presión intralaberintica decrece y la tensión se ejerce sobre la mucosa del martillo. La disposición de la túnica mucosa hace que al envolver a los huesecillos se continúe con el fondo de la cavidad timpánica (Hamilton y col, 1973).

En el humano la membrana del tímpano es casi horizontal, con el borde superior inclinado hacia afuera y el interior fijo al anillo timpánico. Esta membrana timpánica se forma entre la primera hendidura ectodérmica y el endodermo del receso tubotimpánico (Thomas, 1968).

D FISILOGIA

Desde el punto de vista funcional, el oído externo capta las ondas sonoras, el oído medio las transmite y el interno las transduce.

Las distintas especies vivas de animales captan frecuencias de ondas de sonido en un espectro relativamente amplio. Las mediciones efectuadas hasta ahora, no han sido exhaustivas, ni muy precisas, ni hechas con el mismo instrumental, ni con los mismos propósitos, ni con las mismas unidades de medida, sin embargo, pudimos reunir algunos datos publicados al respecto, y a continuación se enlistan las frecuencias auditivas, que han sido publicadas por los siguientes autores:

animal	frecuencia de audición	unidades de medida	autor	año
pez	1000	Htz	Fleisher	1978
murciélago	12,000 a 50,000	cps	Miller	1963
murciélago	100	Kcs	Henson	1965
cuyo	3,000 a 5.300	cps	Hallpike	1930
ratón del desierto	1/75	dina/cm	Cherrubino	1962
rata	90,000	cps	Woodford	1976
ciervo	100	dina/cm	Kiang	1976
ciervo	1/75	dina/cm	Peterson	1969
gato	200 a 2000	Htz	Fleisher	1978
gato	50 a 70	KHz	Sebastián	1987
gato	50,000	cps	Piroux	1967
mapache	85	Htz	Stevens	1982
zorra	65	Htz	Boltz	1972
zorra	50,000	cps	Castrillón	1969
jaguar	100	Kcs	Zxislocki	1981
coyote	80	Kcs	Hallowell	1960
coyote	6/8	dina/cm	Van Bekesy	1948
perro	60 a 90	Kcs	Lilly	1961
perro	50,000	cps	Nelson	1968
mono	33,00	cps	Beecher	1974
mono nocturno	32	KHtz	Stevens	1982
mono nocturno	5	db	Castrillón	1969
hombre	20 a 20,000	cps	Sebastián	1987
hombre	16,000	cps	Castrillón	1969
hombre	15,000	Htz	Piroux	1967
hombre	10 a 10	watts/cm	Henson	1965
foca	1 a 180	KHtz	Reysenbach	1957
león marino	25 a 54	KHtz	Reysenbach	1957
cetáceos	300,000	cps	Kellog	1953

El oído medio es la estructura de transición ya bien desarrollada en los mamíferos, captura y transmite mecánicamente las ondas de sonido aéreo a ondas de presión en líquidos del oído interno. En el caso de los mamíferos terrestres la transmisión del sonido aéreo a una superficie acuosa presenta una resistencia sonora más grande que el aire, y por lo tanto se refleja la mayor parte de la energía sonora; según Zollner en 1977 solamente la milésima parte estimula las moléculas líquidas de la endolinfa, para que vibren en el oído interno.

Piroux en 1967, reportó que el sonido se transmite de 4 a 5 veces más rápido bajo el agua que en el aire. Y que la presión ejercida de sus ondas es 62 veces mayor en el agua que el aire. Castrillón en 1969, menciona que la velocidad del sonido aumenta con la rigidez del medio y es mayor en los sólidos que en los líquidos y que en los gases.

El sonido llega a los oídos donde se discrimina de dónde proviene, por medio de la diferencia de frecuencias que presenta, en un oído y en el otro. Este sonido se produce cuando las vibraciones longitudinales de las moléculas chocan en la membrana timpánica como ondas y producen movimientos, y la velocidad de ellas se ha visto que aumenta con la temperatura y con la altitud. La membrana mueve al martillo, éste rota sobre su eje y transmite la vibración al yunque, que mueve al estribo y lo empuja como una puerta de doble acción (Harrison, 1979). Las ondas que repiten patrones se perciben como sonidos musicales y las que no, son ruidos. Las ondas sonoras son transformadas en la membrana timpánica en movimiento de la base del estribo, y estos movimientos producen ondas en el fluido en el oído interno.

Cuando existe una presión del aire dentro de la cavidad timpánica del oído diferente dentro que afuera, se iguala al abrirse la tuba auditiva (Harrison, 1979). Este mecanismo consiste en poner en comunicación el

espacio timpánico con la faringe y tiene dos funciones: una neumática y otra evacuatoria. Se equilibran las presiones al entrar o salir el aire a través de la tuba.

El modo de vibración de la membrana timpánica humana es diferente en 3 zonas: central, intermedia y periférica. La central es alrededor del umbo y mide 1.2 a 1.5 mm de radio. La zona periférica está rodeada por el anillo timpánico y mide de 2 a 3 mm de ancho. La intermedia esta entre la zona central y la periférica, y mide 0.7 a 0.2 mm (Paparella, 1976).

Las vibraciones en la zona central mueven hacia atrás y adelante a la membrana del tímpano como un pistón y su forma cónica no se pierde. La zona periférica hace un movimiento como de bisagra angular (ginglino) y la deflexión se lleva a cabo en la unión con el anillo timpánico (Hanson, 1965).

La zona intermedia se mueve con mayor amplitud que las otras zonas y su movimiento es como una membrana de bordes libres (Paparella, 1976).

Existe una relación directa entre el arreglo de las diferentes fibras radiales y circulares que se cruzan entre si y el movimiento de la membrana. La membrana es más gruesa alrededor del umbo y hace que ésta pueda vibrar como un cono rígido. Durante la vibración la

superficie de la membrana rota alrededor del eje en la orilla, cerca del surco timpánico (Paparella, 1976).

De la diferencia en áreas de la membrana timpánica y base del estribo, resulta una acción de transformador, por principios hidráulicos. El área para la membrana timpánica es de 64 mm cuadrados y 3.2 mm cuadrados para la base del estribo. Por lo que el radio del área es 20 : 1 y por lo tanto la fuerza (presión) en la ventana vestibular (oval) se aumenta en esa misma proporción (Van de Water y col, 1980).

Las ondas sonoras que recibe la membrana timpánica son transformadas en movimientos que producen ondas en el fluido del oído interno, endolinfa y perilinfa y sobre el órgano espiral o de Corti, que va a producir potenciales de acción en las neurofibras por deflexión de los pelos de las células pilosas (Osterfeld, 1980).

El modo de vibración a bajas frecuencias es puramente físico, y se corta por secciones a medida que la frecuencia se vuelve mas alta (Harrison, 1979). Hasta unos 2,500 cps la membrana vibra como una lámina, y delimita líneas de contorno concéntricas y con las frecuencias altas, la membrana pierde su rigidez y vibra por segmentos separados, dependiendo de las frecuencias a que se someta (Sebastián y col, 1987). Zollner en 1977 menciona que el mayor volumen de espacio aéreo del oído, permite facilitar las oscilaciones de la membrana timpánica en las frecuencias bajas.

Expresada en la unidad de medida de decibeles (db), esta acción del aparato de conducción produce una mejoría del umbral de audición de 26 decibeles. lo necesario para compensar la pérdida que tiene lugar al pasar el sonido del oído medio (del aire) al interno (líquido). Excepcionalmente y como una patología, sucede que existen fenestraciones en la ventana redonda o coclear, y por ahí atraviezan directamente parte de las vibraciones sonoras, sin tener la multiplicación de fuerza de presión por parte de la cadena osicular en la transmisión (Sebastián y col, 1987), como se muestra en la figura 16, tomada y modificada de Stevens y Warshofsky, 1982.

La función de los huesecillos es de transmitir la vibración timpánica a la cóclea. Si la sola transmisión fuera la función, todo lo que se necesitaría sería una sola estructura intermedia entre la membrana y la cóclea. Esto se lleva a cabo en la evolución del órgano de la audición, y éste huesecillo a nivel de las aves es de hecho, una sola estructura llamada columela, que corresponde a los estribos de los mamíferos. Los tres huesecillos, el martillo, yunque y estribo, aparecieron primero en los mamíferos (Harrison, 1979, Tonndorf, 1950).

El proceso largo del yunque tiene un movimiento de adentro hacia afuera, sigue al eje del manubrio del martillo como un émbolo. El movimiento del estribo es

PREPARACION DE LA MEFISANA
SUSPENDIDA EN MEFISANA



FIG. 16

complejo, debido a que el ligamento redondo anular de la base no está distribuido igualmente, la base está más rigidamente fija posterior que anteriormente y por lo tanto los estribos se balancean alrededor del eje cerca de la orilla posterior (Hallpike, 1930). La base penetra en la ventana oval, sin traspasarla, hunde su parte anterior por un eje transversal al del proceso largo del yunque, que pasa por su tercio posterior. Así, la base cambia su eje de rotación, da un giro de 90 grados y queda ahora con un movimiento a lo largo de su eje longitudinal, en forma de pistón. Esto es un mecanismo protector de los huesecillos para con la perilinfa a los sonidos muy fuertes (Sebastián y col, 1987). Otro mecanismo amortiguador del sonido es por parte de los huesecillos y consiste en el relajamiento de sus articulaciones al recibir sonidos con grandes intensidades. Los huesecillos se aflojan entre sí y absorben la presión de las ondas sonoras para que no lleguen tan intensas al oído interno (Sebastián y col, 1987).

Con niveles de sonido alto, los huesecillos también cambian su movimiento de balanceo de lado a lado y se absorbe alrededor del eje que corre longitudinal a lo largo de la base del estribo. Como resultado, el fluido corre sólo de una orilla de la base a otra, con menos desplazamiento del fluido que cuando la vibración es en eje vertical y la base actúa como un pistón, este movimiento rotatorio del eje también es un mecanismo

protector de los huesecillos para la perilinfa del oído interno (Aly y Shawty, 1967).

Los huesecillos conectan dos tipos diferentes de sustancias: aire y fluido (Aly y Shawty, 1967).

Se ha comprobado que la base del estribo es más gruesa y su anatomía va de acuerdo a la dinámica de la fuerza que se aplica en ella, fuerza que se transmite desde la cabeza, después al cuello y se divide simétricamente en los dos pilares y actúa con mayor intensidad en la base (Fitzgerald, 1980).

Desde el punto de vista cinético, la cadena osicular se compara a un transformador mecánico de energía del sonido (Fitzgerald, 1980).

Los ejes de rotación de los huesecillos pasan como una línea imaginaria entre la extremidad del proceso largo del martillo y el proceso corto del yunque (Hamilton y col, 1973).

Es cierto que el eje de rotación coincide con el centro de gravedad del sistema de conducción total. Este sistema mecánico es muy efectivo con el mínimo movimiento de inercia (Van Berjeick, 1967).

La articulación incudomallear, es rígida y sólo cuando el sonido excede de un cierto nivel, se efectúa un movimiento articular. Este es también un mecanismo

protector de los huesecillos a la sobrestimulación de la perilinfa del oído interno (Van Berjeick, 1967).

El movimiento del estribo es $2/3$ más amplio que el del manubrio y el nivel de su radio es 1.5:1. Se dice que la fuerza de las ondas sonoras ejercida sobre el manubrio se aumenta en 1.5 si la amplitud de la membrana se reduce (Van de Water y col, 1980).

La ventana coclear o redonda, es una abertura del laberinto al oído medio que permite el movimiento de la endolinfa, y de esta manera se disminuye la presión ejercida por los movimientos del estribo (Van de Water y col, 1980).

Cherrubino y Baldassini en 1962 mencionan que el sistema de rotación o movimientos de los huesecillos, se verifica en sentido recto, va del proceso anterior del manubrio al martillo, al ápice del proceso corto del yunque con dirección dorsal o posterior, el punto de más presión es el cuerpo del yunque, y la cabeza del martillo. Los huesecillos vibran en su eje y la vibración pasa a través del proceso posterior del yunque y el proceso anterior del martillo. El brazo de fuerza hacia el centro de la membrana excede de la resistencia del brazo de los estribos, esto proporciona una ventaja mecánica (Allin, 1926). Aunado a todos estos factores, está el de la velocidad del sonido que varía en diferentes medios y a diferentes temperaturas ambientales, así tenemos por ejemplo: en el aire a

temperatura de cero grados centígrados, la velocidad del sonido es de 33 m/seg; a 15 grados centígrados es de 340 m/seg, mientras en el agua a cero grados centígrados es de 1,286 m/seg y a 10 grados centígrados es de 1,435 m/seg (Castrillón, 1969).

Los mamíferos desarrollan estructuras especializadas y con ellas pueden discriminar sonidos audibles de un determinado espectro. Así por ejemplo, la contracción de los músculos protege de ruidos intensos y decrece la transmisión del sonido. Los sonidos fuertes, inician el reflejo de contracción de estos músculos que es llamado reflejo timpánico protector. Los músculos del oído medio en murciélagos se contraen durante la emisión de cada pulso ultrasónico y se relajan entre los pulsos, de esta manera, perciben los ecos. El músculo estapedial se contrae de 4 a 10 milisegundos antes de la emisión de pulsos de orientación (Henson, 1965).

Estos reflejos de contracción dependen de la frecuencia e intensidad de los sonidos. El umbral para la contracción en el conejo es de 40 a 100 db, cuando las frecuencias de sonido son menores de 1,500 Hz. El umbral del reflejo del estribo es menor que el del músculo tensor del tímpano y es arriba de la frecuencia de 4,000 Hz (Hallpike y Smith, 1960). En el humano la contracción del músculo estapedial se da entre la intensidad de 70 a 80 dbs, en el oído normal y este reflejo es involuntario y bilateral (Sebastián y col, 1987).

La libre capacidad de oscilación de la membrana timpánica por delante y por detrás sólo queda asegurada si existe la misma presión de aire en el oído en ambos lados, esto se proporciona por mecanismos de apertura de la tuba auditiva que actúa como regulador de presión del oído medio, como ya se mencionó (Zollner, 1977).

Los músculos tensor del tímpano y estapedial - inervado el primero por la rama del nervio trigémino y el segundo por el séptimo par craneal o nervio facial, Testut y Latarjet, 1966 -, se contraen de manera refleja e involuntaria en dirección opuesta (antagonista anatómicamente) y forman una unidad defensiva ante los ruidos intensos, principalmente los sonidos graves que protegen al oído interno (Sebastián y col, 1987). El músculo del estribo hace salir a la base de la ventana vestibular, y disminuye la presión del oído interno, mientras que el músculo del martillo pone tensión a la membrana timpánica y ejerce una tracción hacia adentro del manubrio. Si se hunde la base y por ende aumenta la presión en el oído interno, al actuar antagónicamente y al mismo tiempo ambos músculos, lo que hace es poner rígida la cadena de huesecillos, y con esto se produce un aumento de la resistencia al sonido (impedancia), es decir que hay un grado de impedimento en un medio dado al paso del sonido (Sebastián y col, 1987). Los músculos dan estabilidad a la suspensión de la cadena osicular (Hallpike y Smith, 1960), y protegen de los ruidos

intensos, como ya se dijo, a la perilinfa (Paparella, 1976, Zollner, 1977).

También se dice que las ondas sonoras pueden llegar con mayor intensidad y más directamente por la ventana redonda, por un mecanismo llamado sonoinversión, el cual puede dar lugar a una audición bastante buena (Sebastián y col, 1987).

El sonido agudo tiene frecuencia elevada, y el sonido grave tiene frecuencia reducida. El sonido fuerte es el que tiene una energía acústica que impresiona al tímpano en mayor cantidad, y el débil en menor cantidad.

Según Van Békésy en 1948, el cráneo vibra de manera diferente de acuerdo con la frecuencia del sonido estimulante. Los huesecillos suspendidos por sus ligamentos y músculos, siguen el movimiento del cráneo con un cierto retraso, debido a su inercia; en la conducción aérea, el cráneo está fijo y la base del estribo es lo que se desplaza, en conducción ósea, la base del estribo está fija, y lo que se desplaza es el cráneo. Pero se cumple el mismo fin, la deformación de la membrana basilar del oído interno, la segunda es la llamada conducción ósea inercial y se halla provocada por la inercia oscilar frente a los movimientos del cráneo.

El cráneo vibra por secciones según el sitio de recepción de la fuente sonora, y produce fenómenos de compresión y dilatación de las estructuras craneanas, esta forma de conducción ósea es por compresión, para ello es necesario que el juego normal de las ventanas laberínticas ó la redonda sea 5 veces mas elástica que la oval; si la elasticidad de ambas ventanas fuese igual, no habría movimiento de la membrana basilar (Sebastián y col, 1987).

La cóclea es un analizador acústico mecánico donde se captan las altas y bajas frecuencias en diferentes sitios de la membrana basilar del oído interno. Los sonidos agudos se captan en su base y los graves en el helicotrema, o punta mas alta de la cóclea (Sebastián y col, 1987).

La cóclea de los murciélagos detecta y discrimina las frecuencias por arriba de los 2,000 cps que es el desarrollo más complejo bioacústico hasta ahora conocido como la ecolocación. Existen 15,000 neurofibras en el nervio auditivo para llevar a cabo la transmisión transformada en impulso nervioso auditivo en este caso (Allin, 1928).

E VIA ACUSTICA

La audición es la percepción de cierta clase de estímulos vibratorios que captados por el órgano del oído, estas impresionan el área cerebral correspondiente, de esta manera el individuo las registra, por medio de la interacción de dos fenómenos: el fisiológico, por el cual el órgano espiral de Corti se impresiona y envía el mensaje sonoro hacia los centros de la corteza, en donde se integran los estímulos auditivos, y por inferencia deducimos que hay actividad mental en el animal, y en el hombre se produce una percepción consciente de los impulsos sensoriales que se analizan e integran (Sebastián, y col, 1987).

Los extero-receptores del oído, asociados al sistema nervioso, responden a varios estímulos específicos producidos por cambios en el medio ambiente, como son los ruidos y sonidos; los estímulos sonoros percibidos por los órganos de los sentidos, son llevados hasta el sistema nervioso central, donde constituyen una aferencia somática especial, así como en la vista, en la audición, las células receptoras derivan también del ectodermo, a partir de placodas. La vía acústica se inicia en las células pilosas o ciliadas del órgano espiral, que descansan sobre la membrana basilar. Las neuronas sensoriales primarias se encuentran en el ganglio espiral

de Corti y en el humano y prehomínidos está en el interior del modíolo de la cóclea. Las dendritas de estas neuronas hacen contacto con las células pilosas y los axones penetran al sistema nervioso central, integrando algunas de ellas la porción coclear del nervio vestibulococlear, u VIII par o nervio auditivo. Los tractos que constituyen el nervio coclear penetran por el surco medulopontino o bulbopontino y llegan a los núcleos cocleares ventral y dorsal situados en la parte alta del bulbo, donde hace sinapsis la neurona primaria (Van Berjeick, 1967).

En los núcleos cocleares encontramos los cuerpos de la neurona secundaria. Un patrón tonotópico de estos núcleos se ha demostrado en animales de experimentación y es probable que exista en el humano (Van Berjeick, 1967). Los núcleos cocleares dorsal y ventral, difieren en su organización celular y el patrón de las terminaciones axónicas es más preciso en el núcleo ventral que en el dorsal. Por lo tanto, es probable que los dos núcleos difieran también en su contribución a las vías centrales y en el funcionamiento cabal del sistema auditivo (Barr y Kiernan, 1983).

Las vías a la corteza cerebral se caracterizan por uno o más relevos sinápticos. La proyección de los núcleos cocleares al colículo inferior o donde llegan los impulsos, van al núcleo del cuerpo geniculado medial, a través de los componentes de la vía del tracto auditivo

ascendente. En la figura 17, se representa el esquema de esta vía acústica. Esta vía se compone de los siguientes elementos: las fibras del núcleo coclear ventral pasan a la región del núcleo olivar superior, forman el cuerpo trapezoidal, al llegar a la región del núcleo olivar superior del lado opuesto, las neurofibras se dirigen hacia arriba en el lemnisco lateral o terminan en el núcleo olivar superior, cuyas fibras se unen al lemnisco lateral (Barr y Kiernan, 1983). Las fibras del núcleo coclear dorsal pasan sobre la base del pedúnculo cerebelar inferior y continúan oblicuamente hasta la región del núcleo olivar superior contralateral. La mayoría de las fibras se juntan al lemnisco lateral, el resto termina en el núcleo olivar superior, desde donde sus axones contribuyen a formar el lemnisco lateral (Barr y Kiernan, 1983). De ahí los impulsos son llevados al colículo inferior (tubérculo cuadrigémino) del mesencéfalo. El último eslabón en la vía auditiva lo constituye la radiación auditiva en la porción sublenticular de la cápsula interna, por medio de la cual el núcleo geniculado medial se proyecta en la cabeza auditiva del lóbulo temporal. El área auditiva primaria que se compone de las áreas llamadas 41 y 42 del mapa de Brodman, publicado en 1909, está en el paso del surco lateral, extendiéndose solo ligeramente sobre la cara lateral del hemisferio (Barry y Kiernan, 1983).

Las señales acústicas se reciben y se discriminan porque existe una recepción direccional del sonido que



VIA ACUSTICA

FIG.17

(tonado de Stevens y Warshofsky, 1982)

pp. 56'

aumenta en efectividad de captación. Hay una selectividad espacial alta del sistema auditivo, por ejemplo en los delfines. El área cortical auditiva, recibe proyecciones de neuronas del cuerpo geniculado medial que son las que registran la localización de la fuente del sonido en el espacio. El sonido va al sistema nervioso por la neurona aferente primaria. El sistema vestibular y auditivo está formado sólo por un par de tractos nerviosos que llevan la entrada sensorial total. El nervio auditivo tiene fibras nerviosas mielinizadas, y los cuerpos celulares yacen periféricamente en el ganglio espiral dentro de la cóclea. La porción vestibular de la cóclea, también participa en funciones del equilibrio (Cherrubino y Baldassini, 1962).

En lo que respecta a la evolución de las áreas sensitivas en el sistema nervioso central, tenemos que el desarrollo de la neocorteza es un hecho notable del cerebro de los mamíferos (Van Berseick, 1967).

En los mamíferos más primitivos la neocorteza se empieza a subdividir en algunas áreas, ésta recibe desde el tálamo dorsal las fibras sensoriales de origen olfatorio, por otro lado, las áreas del mapa cortical, AI, AII, Ep e It, dan proyecciones también del tálamo desde el sistema aferente auditivo, y al cuerpo geniculado medial, lo que nos explica la aparición de patrones de conducta y respuesta ante estímulos auditivos que llegan a la corteza cerebral (Van Berseick, 1967).

En cuanto a la posibilidad de reconstruir el origen filogenético de la corteza por comparación de la que existe en reptiles y mamíferos, parece ser que el paso crucial fué la penetración de fibras sensoriales que se originaron en el diencefalo, en el hasta ahora denominado paleo-olfatorio. Establecieron las condiciones para una enorme expansión de la corteza, que seguramente es el acontecimiento más importante en la evolución de los vertebrados; ya en la evolución de los primates se encuentra un considerable desarrollo y diferenciación de la neocorteza, en contraste con los insectívoros primitivos. Existen datos (Kiang, 1976) que apoyan el hecho de que la evolución primaria de la corteza se completó con el desarrollo de las áreas auditivas, visuales y somáticas. El siguiente paso en la evolución cortical comprende cierto grado de especialización dentro de la corteza general. Ciertas áreas de esta región se vuelven más específicas y se relacionan con áreas del tálamo, que a su vez reciben impulsos de los sistemas sensorial, visceral, auditivo y somestésico (Van Berjeick, 1967).

Existe un predominio del sistema auditivo en los carnívoros, y el radio de su corteza auditiva es más grande y desarrollada que la de los primates. Esta área auditiva evolucionó en forma diferente al sistema visual en los carnívoros y primates. En los primates, los centros visuales se han desarrollado más que el sistema

auditivo. Sin embargo, actualmente los carnívoros no pueden ser clasificados en orden ascendente por el desarrollo de sus centros cerebrales, como es el caso de los primates. Los carnívoros son cazadores nocturnos y desarrollan más su sistema auditivo lo que les permite localizar más fácilmente a la presa de esta manera, que por la visión (Van Berjeick, 1967).

La corteza auditiva es muy necesaria para proporcionar localización exacta y definida de varios sonidos a la vez. La sensación auditiva se registra hasta que la excitación neural llega a la corteza sensorial. La corteza sensorial es un centro de integración con el centro de la corteza motora, lo que hace que haya una respuesta a los sonidos (Barr y Kiernan, 1983).

Desde el punto de vista de la neocorteza en relación con la facilidad de pensar, conocer y comprender, o con el conjunto de funciones psíquicas superiores o de asociación, el desarrollo de la "inteligencia" tenemos que considerar los siguientes puntos:

- La superficie de los receptores está representada en sitios exactos en la corteza sensitiva, y esto mantiene las relaciones analizadas en el espacio por un receptor, que aparentemente sirve como un mecanismo de detección sensorial específico (Van Berjeick, 1967).

- El tamaño de las áreas de asociación aumenta enormemente en los mamíferos, mientras que el de las áreas sensitivas se mantiene relativamente estable (Van Berjeick, 1967).

- Dentro de los estudios clínicos neurológicos hay evidencias de que el área cortical de distribución sensitiva resulta dañada, al efectuar lesiones en la vía sensitiva en experimentación (Van Berjeick, 1967).

Si analizamos estos hechos, se puede decir que las áreas sensitivas no sólo sirven como funciones sensoriales simples en mamíferos tales como el gato, y que las áreas de asociación no evolucionan igualmente en las diferentes líneas de los mamíferos; por lo que las posibilidades están ahora abiertas a investigar que la inteligencia depende en parte de la evolución de la neocorteza sensitiva (Van Berjeick, 1967).

El desarrollo de la neocorteza es un carácter muy conspicuo del cerebro de mamíferos, y los distingue de los demás vertebrados, sobre todo en lo que concierne a las áreas sensoriales que se inician en el diencefalo. Estas áreas sensoriales específicas (somática, visual y auditiva) producen una expansión en la corteza y es hecho importante en la evolución de los vertebrados. El tálamo dorsal tiene proyecciones diferentes de los órganos sensoriales en los distintos mamíferos, según el grado de desarrollo que tengan, su proyección cortical es más o menos especializada y alcanzan mayor complejidad en el

gato y el mono comparado con el mapache. Desde un principio los centros visuales dominan en el talamo en los primates, por lo que la conexión desde la corteza auditiva a éste, permite que el animal defina la localización de los sonidos producidos, viendo de donde provienen (Knome y col, 1970).

IV HIPOTESIS

Si los diferentes órdenes de mamíferos presentan un patrón estructural morfológico similar en lo general, con características propias a nivel de orden, que los diferencia entre sí, entonces las características morfológicas del oído medio que se consideren en este estudio serán también similares en lo general, y particulares para cada orden. Y ellas nos indicarán más parámetros que apoyen la ubicación taxonómica de estos especímenes dentro de la clasificación de los mamíferos. O bien, nos sugieran nuevas propuestas para la taxonomía, a un nivel más arriba que el orden en la escala zoológica de los mamíferos.

V METODOLOGIA

V.1 Parte Morfológica.

A) Clasificación de los ejemplares.

Se obtuvieron un total de 125 especímenes de mamíferos de 47 especies, 25 familias y 9 diferentes órdenes, recolectados de los distintos zoológicos del Distrito Federal. La identificación se recopiló de las actas de registro de donación de animales por otros países, actas de nacimiento y de defunción de los mismos ejemplares obtenidos de los zoológicos; para la ubicación

taxonómica de los ejemplares se consultaron libros sobre taxonomía de los siguientes autores: Blase y Martin, 1975; Vaughan, 1986; Burt y Grossenheider, 1976; Ceballos y Galindo, 1984; Minelli y Ruffo 1980; Montagna, 1976; Sosa, 1987; Piaget, 1987; Templado, 1988; Booth, 1971; Starker, 1987; Villee y col, 1987, y por último Harrison, 1977. Se procuró seleccionar especímenes de los diferentes órdenes de mamíferos para abarcar a mayor número de representantes de ellos.

El número recolectado de especímenes de cada orden y su clasificación es la siguiente:

Reino : animal
Phylum : vertebrados
Clase : mamíferos
Subclase : Terios

Dentro de esta subclase solamente se estudiaron los dos siguientes especímenes de la infraclass Metaterios :

Infraclass : Metaterios

Orden : Marsupiales

Familia: Didélfidos

Género y especie: Didelphis marsupialis

Nombre común : Tlacuache. núm. de registro 1

Número de ejemplares: 2

Familia: Macropódidos

Género y especie: Macropus rufus

Nombre común : Canguro núm. de registro 2

Número de ejemplares: 1

Todos los demás ejemplares son de la infraclass Euterios o Placentarios, por lo que en lo sucesivo sólo se indicarán desde el orden hasta la especie:

Orden : Insectívoros

Familia: Talpídeos

Género y especie: Talpa europea

Nombre común : topo núm. de registro 3

Número de ejemplares: 2

Orden : Quirópteros

Familia: Phyllostomatidos
Género y especie: Barbastella barbastellus
Nombre común : Murciélago núm. de registro 4
Número de ejemplares: 2

Orden : Lagomorfos
Familia: Lepóridos
Género y especie: Dryctolagus cuniculus

Nombre común : Conejo núm. de registro 5
Número de ejemplares: 6

Orden : Roedores
Familia: Histricidos
Género y especie: Hystrix cristata

Nombre común : puerco espin núm. de registro 6
Número de ejemplares: 4

Familia: Esciuridos
Género y especie: Sciurus vulgaris

Nombre común : ardilla roja núm. de registro 7
Número de ejemplares: 2

Género y especie: Sciurus carolinensis

Nombre común : ardilla gris núm. de registro 8
Número de ejemplares: 2

Familia: Capromidos
Género y especie: Cavia aperea porcellus

Nombre común : cuyo núm. de registro 9
Número de ejemplares: 4

Familia: Muridos
Género y especie: Rattus norvegicus

Nombre común : rata común núm. de registro 10
Número de ejemplares: 4

Género y especie: Mus musculus

Nombre común : ratón doméstico núm. de registro 11
Número de ejemplares: 2

Orden : Artiodáctilos
Familia: Hipopótamidos
Género y especie: Hippopotamus amphibius

Nombre común : Hipopótamo núm. de registro 12
Número de ejemplares: 1

Familia: Camelidos
Género y especie: Lama guanicoe

Nombre común : Llama o guanaco núm. de registro 13
Número de ejemplares: 1

Familia: Antilocapridos
Género y especie: Tragelaphus angasi

Nombre común : Antilope de Nyala núm. de registro 14
 Número de ejemplares: 2
 Familia: Cervidos
 Género y especie: Cervus elaphus

Nombre común : Venado con rayas núm. de registro 15
 Número de ejemplares: 4
 Género y especie: Antilocapra americana

Nombre común : Venado cola blanca núm. de registro 16
 Número de ejemplares: 10
 Género y especie: Cervus canadensis

Nombre común : coapiti núm. de registro 17
 Número de ejemplares: 1
 Familia: Bovidos
 subfamilia: Caprinos
 Género y especie: Ovis ammon musimon

Nombre común : Borrego cimarrón núm. de registro 18
 Número de ejemplares: 1
 Género y especie: Capra hircus cretensis

Nombre común : Cabra enana núm. de registro 19
 Número de ejemplares: 1
 Género y especie: Capra ibex, ibex

Nombre común : chivo núm. de registro 20
 Número de ejemplares: 2
 Familia: Suidos
 Género y especie: Sus scrofa

Nombre común : jabali común núm. de registro 21
 Número de ejemplares: 1
 Familia: Tayasuidos
 Género y especie: Tayassu tajacu

Nombre común : Pecari de collar núm. de registro 22
 Número de ejemplares: 4
 Orden: Perisodactilos
 Familia: Equidos
 Género y especie: Equus caballus shetland

Nombre común : caballo pony núm. de registro 23
 Número de ejemplares: 1
 Género y especie: Equus asinus

Nombre común : borrico o asno núm. de registro 24
 Número de ejemplares: 2
 Familia: Tapiridae
 Género y especie: Tapirus terrestris

Nombre común : tapir núm. de registro 25
 Número de ejemplares: 1
 Género y especie: Tapirus indicus

Nombre común : tapir asiático núm. de registro 26
 Número de ejemplares: 2
 Orden : Carnivoros
 Familia: Felidos
 Género y especie: Panthera leo

Nombre común : león africano núm. de registro 27
 Número de ejemplares: 2
 Género y especie: Panthera onca

Nombre común : jaguar núm. de registro 28
 Número de ejemplares: 2
 Género y especie: Felis sylvestris s.

Nombre común : gato montés núm. de registro 29
 Número de ejemplares: 2
 Género y especie: Felis lynx lynx

Nombre común : lince núm. de registro 30
 Número de ejemplares: 2
 Género y especie: Felis catus

Nombre común : gato núm. de registro 31
 Número de ejemplares: 8
 Familia: Canidos
 Género y especie: Canis lupus

Nombre común : loba núm. de registro 32
 Número de ejemplares: 4
 Género y especie: Vulpes vulpes

Nombre común : zorra núm. de registro 33
 Número de ejemplares: 1
 Género y especie: Mustela nivalis

Nombre común : grisson núm. de registro 34
 Número de ejemplares: 2
 Género y especie: Canis lupus familiaris

Nombre común : perro núm. de registro 35
 Número de ejemplares: 6
 Familia: Mustelidos
 Género y especie: Martes martes

Nombre común : marta núm. de registro 36
 Número de ejemplares: 1
 Género y especie: Miles miles

Nombre común : tejón núm. de registro 37
 Número de ejemplares: 5
 Familia: Procyonidos
 Género y especie: Procyon lotor

Nombre común : mapache núm. de registro 38
 Número de ejemplares: 1
 Orden : Felidae

Familias:	Hominidos	
Género y especie:		<u>Homo sapiens</u>
Nombre común : hombre	núm. de registro	39
Número de ejemplares: 5		
Familias:	Cercopitecidos	
Género y especie:		<u>Macaca mulatta</u>
Nombre común : mono rhesus	núm. de registro	40
Número de ejemplares: 2		
Género y especie:		<u>Erythrocebus patas</u>
Nombre común : mono rojo	núm. de registro	41
Número de ejemplares: 4		
Género y especie:		<u>Papio cynocephalus</u>
Nombre común : mono papión	núm. de registro	42
Número de ejemplares: 2		
Género y especie:		<u>Cercopithecus aethiops</u>
Nombre común : mono verde	núm. de registro	43
Número de ejemplares: 5		
Género y especie:		<u>Cercopithecus cephus</u>
Nombre común : mono azul	núm. de registro	44
Número de ejemplares: 1		
Familias:	Hilobatidos	
Género y especie:		<u>Hylobates conocolor</u>
Nombre común : mono saraguato	núm. de registro	45
Número de ejemplares: 1		
Familias:	Cebidos	
Género y especie:		<u>Cebus capucinus</u>
Nombre común : mono capuchino	núm. de registro	46
Número de ejemplares: 2		
Género y especie:		<u>Ateles paniscus</u>
Nombre común : mono araña	núm. de registro	47
Número de ejemplares: 3		

Para hacer el estudio de las características morfológicas que tomamos en cuenta del oído medio directamente del espécimen, y que posteriormente se mencionarán, se consideró primero qué características se han tomado en cuenta hasta ahora en la clasificación de los órdenes de mamíferos respecto al oído medio y se encontró que existen muy pocos reportes que las

consideran en las Claves para la taxonomía, además de que son muy generales.

Desde el punto de vista evolutivo, se considera que los mamíferos se originaron monofiléticamente desde la época del Mesozoico, a partir de un reptil tipo mamiferiano de la subclase de los sínapsidos (grupo que no tiene abertura en el temporal para el oído), y que a partir de él se derivaron los reptiles que sí tienen abertura en el temporal, como los cinodontes, que son ancestros de los therapsida, que tienen muchas tendencias que conducen hacia el plan anatómico básico de los mamíferos, como son la reducción del temporal y crecimiento del orificio del temporal, donde la articulación del hueso cuadrado y el articular ya no forman una articulación mandibular, sino que pasaron a auxiliar al estribo y posteriormente los huesos articular, cuadrado y angular se liberaron de la mandíbula inferior, y pasaron a ser parte del aparato auditivo, y estos constituyen al martillo, yunque y anillo timpánico de los mamíferos (Vaughan, 1986).

La radiación adaptativa de los mamíferos dió lugar a dos ramas, la de los monotérios y euterios, en diferentes sitios geográficos, como lo demuestran las pruebas de los fósiles encontrados por Hopson y Crompton en 1969.

En la taxonomía de los vertebrados, se toma en cuenta que las características exclusivas de los mamíferos son: presencia de dos orejas que captan las

ondas sonoras, meato auditivo, que es muy largo, tres huesecillos en el oído medio, y un caracol espiralado en el oído interno. Si estas características son tan relevantes, ¿porqué entonces ya no consideran las particularidades de estos huesecillos dentro de la clasificación de los órdenes, familias y géneros de los mamíferos?

Los únicos reportes hasta ahora con algunas descripciones específicas referentes al oído son los siguientes:

Dentro de la familia marsupiala, se toma en cuenta:

- La relación del tamaño del cráneo con la bula auditiva.

- Si presentan oídos inconspicuos (Booth, 1971).

- En el caso del ornitorrinco, se considera que tiene un meato auditivo externo tubular.

- El castor no tiene pabellón auricular, la bula auditiva externamente está poco desarrollada y ésta se deriva del hueso alisfenoides. Las prominencias auditivas osificadas, cuando están presentes son en su mayor parte del hueso alisfenoides en vez del hueso timpánico, o son una combinación del hueso timpánico (ecto y endotimpánico) y pétreo.

- El oso koala tiene orejas peludas (Vaughan, 1986).

En los Euterios, la bula auditiva está bien desarrollada en general, con orígenes diversos: del hueso timpánico (endo y ectotimpánico), del alisfenoides, basisfenoides, pétreo.

A nivel de orden se considera a la bula timpánica, como una característica importante, para separar familias y que toma en cuenta:

- tamaño de la bula timpánica con respecto al cráneo.
- Si presentan bula timpánica completa o incompleta.
- Si la bula timpánica está dividida en compartimentos o carece de ellos.
- Si la bula timpánica presenta perforaciones, o agujeros, o carece de ellos (Blase y Martin, 1975).

En los insectívoros se toma en cuenta que el hueso timpánico es anular, no tiene bula auditiva ni hueso endotimpánico, la cavidad timpánica está cubierta por la apófisis de los huesos adyacentes.

- En la familia de los Talpidae, los oídos carecen de orejas.
- En la familia de los Soricidae, las orejas son visibles.

- En la musarafa se presenta la bula auditiva, los huesos endotimpánico, y el hueso yugal grande.

Dentro del orden de los lagomorfos sólo se considera si tienen oídos alargados o cortos y redondos.

En los artiodáctilos, en los cérvidos se considera que el oído mide por un lado más de 250 mm, o hasta 175 mm.

Entre los insectívoros hay ejemplares como los macroscélidas (musarafas) que tienen la bula auditiva completa.

- Y los erinacidas (ratas de luna) que la tienen incompleta.

- En la familia de los Soricidas, se presentan los oídos ocultos en la piel, o son visibles.

Dentro de los cetáceos se considera que tienen un cráneo telescopiado, rostro muy alargado, los huesos timpánicos son desplegados ventralmente y no fusionados con el cráneo (Schmidt-Nielsen, 1980, Ramprasad y col, 1973).

Dentro de los quirópteros, se toma en cuenta si el oído presenta trago o no, si lo tienen redondo, alargado, estrecho, ancho o prominente.

- La longitud de las orejas de 25 a 30 mm o menores de 25 mm.

- La frecuencia auditiva de 25 a 150 KHz, grado del desarrollo de la facultad de ecolocalización.

Dentro de los carnívoros como los cánidos (perros), se considera la bula sin divisiones o constricta, y en otras familias si es dividida.

En roedores cricétidos (ardillas), la bula auditiva es más grande que un cuarto de la longitud total del cráneo. Y tienen una bula auditiva menor que un cuarto del largo del cráneo en los platacanthomyidae (ratón espinoso) (Fleischer, 1978).

- En las ardillas grises los oídos son cortos de 10 a 11 mm, o largos de 18 a 21 mm en rojas.

- En la familia Heteromyidae los oídos son menores o mayores de 9 mm.

- En las ratas chinchillas (abrocomidae) la longitud total del hueso auditivo no es evidente cuando se observa el cráneo lateralmente, con un foramen adicional que va a la bula timpánica abajo del canal auditivo, y la longitud del cráneo es menor de 70 mm, con una bula grande que se ve desde la parte dorsal. Y si no hay foramen presente adicional abajo del canal auditivo, en Agouti (Dasyproctidae).

Además de las características que estudiamos directamente del ejemplar, se consideró la longitud total del espécimen, consultada de los libros de clasificación de mamíferos y taxonomía de Blase y Martin, 1975, Montagna, 1976, Harrison, 1977, y Booth, 1971. Debido a

que en algunos ejemplares únicamente se obtuvo la cabeza, y no todo el animal completo.

Una vez obtenidos los datos de la taxonomía del ejemplar, se procedió a estudiar el oído medio, y se disecó.

B) Técnicas de disección.

Para extraer los oídos, desarrollamos la siguiente técnica: primero se secciona la cabeza del cuerpo, en el caso de que el animal venga completo, para proceder a extirpar los temporales, se corta la piel, y se sigue la línea horizontal que va de la glabella a la protuberancia occipital externa; se levanta la porción que cubre la bóveda craneal para cortar el hueso, y se sigue sobre la misma línea; se levanta posteriormente la bóveda, se deja al descubierto el encéfalo, el cual se extrae por completo y queda limpia la base del cráneo.

Una vez extraída la masa encefálica, se procede a separar el hueso temporal, se hace un corte a nivel de la parte anterior de la fosa media de la base del cráneo, se continúa por el borde medial del ala mayor del esfenoides, hasta el agujero rasgado anterior. Otro corte se hace a nivel de la fosa posterior de la base del cráneo, inmediatamente por detrás del proceso mastoideo, hasta llegar al agujero rasgado de nuevo.

Una vez obtenida la pieza anatómica se fija en formol al 10 % por 72 horas, posteriormente se extirpan

sus partes blandas y se localiza la eminencia arcuata, se hace un corte que siga el eje mayor de dicha eminencia, a nivel de su límite lateral, de esta manera queda seccionada en dos partes la porción petrosa, esto nos permite observar la cara lateral de la cavidad timpánica, se deja al descubierto su contenido. Inmediatamente se levanta el techo del tímpano o tegmen tympani y se limpia el interior de la cavidad, para observar la cara medial de la membrana timpánica, adosadas a ella se observan el martillo y la cuerda del tímpano.

Los especímenes de las diferentes especies primero se fotografían con sus estructuras en su sitio (in situ), por medio del microscopio estereoscópico de disección, con aumentos desde 10 hasta 40X. Se abre por la cara interna de la cavidad timpánica, para observar las 56 características morfológicas que se describirán a continuación, y de las cuales elaboramos una clave para su identificación. Posteriormente se miden la cavidad timpánica y la membrana del tímpano, e hicimos algunos esquemas para su mejor comprensión. Se extraen los huesecillos para medirlos por medio de un vernier o de un gonímetro - según el caso - con precisión de 10 μ m y después se pesan los huesecillos desarticulados en una balanza eléctrica, con precisión de diezmiligramos. A estas mediciones de las características las llamamos variables, y las tratamos por medio de técnicas estadísticas, elaboramos gráficas para identificar cuales

variables son específicas de cada orden de mamíferos y cuales variables son comunes a varios órdenes. Para tener otro recurso más de apoyo que sea utilizable en la taxonomía actual de los mamíferos.

C CLAVE QUE DESARROLLAMOS PARA IDENTIFICAR LAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DEL OIDO MEDIO EN MAMÍFEROS.

Se les dará el símbolo de "s" (sí) si presentan las características y "n" (no), si no las presentan, tanto en el cuadro I de los resultados morfológicos, como en su descripción por órdenes.

Así como el número (1) si presenta la característica, pequeña, menos especializada, o poco desarrollada, el número (2), si la presentan mediana, regular, o en su defecto más desarrollada que el número 1. Y el número (3) para las características que se van a diferenciar de otras dos distintas, tanto en tamaño como en forma, y se indica en cada número a qué se refiere esa característica en cada caso, también en los resultados.

Las 56 características morfológicas del oído tomadas en cuenta son:

Referentes a la cavidad timpánica.

Referentes a la membrana timpánica.

Referentes al martillo.

Referentes al yunque.

Referentes al estribo.

Referentes a la bula timpánica.

Referentes al tipo de articulaciones que hay entre los huesecillos.

Referentes a la histología del oído medio.

Algunos especímenes se les extirpó la membrana timpánica, éstas se trataron mediante el procedimiento de inclusión en parafina para obtener posteriormente cortes histológicos de 6 micras y algunos tefirlos con hematoxilina y eosina, y otras con impregnación de oro, según la técnica de Ruffini según las técnicas de Zugibe de 1970, para estudiarlos al fotomicroscopio American Optical, ya que sus temporales se encontraron bien preservados, y para comprobar que la membrana timpánica tiene las tres capas que son la cutánea externa, la fibrosa media y la mucosa interna (Cormack, 1986 ; Junqueira y Carneiro, 1977). Los ejemplares estudiados con estas técnicas son: mono papión, puerco espin, conejo, venado, hombre, gato, y mono rojo.

Para hacer observaciones de la histología de los huesecillos de los ejemplares de rata, murciélago, chivo, pecari y jaguar, se decalcificaron los huesecillos, mediante la técnica de Leeson y Leeson, 1967. donde se utilizó ácido fórmico al 10%

V.2 Parte Estadística

A) Propósitos Generales

Los resultados de las mediciones y pesos realizados en cabeza, cavidad timpánica, membrana timpánica y huesecillos del oído medio y partes de los huesecillos, fueron objetos de un análisis estadístico cuyos propósitos fundamentales son:

1 - Conocer el comportamiento de las variables morfométricas cuando la población se compone de numerosas especies y órdenes zoológicos, y apreciar en general, si ese comportamiento es similar en cada orden o grupo de órdenes, comparado con el comportamiento que hubiere, si se tratase de una población de individuos de una misma especie.

2 - Investigar si existen, o no, relaciones entre las variables morfométricas, que sean apreciables a lo largo del espectro de las especies componentes de esta población.

3 - Investigar si existen, o no, diferencias entre las magnitudes de cada variable, o entre sus relaciones, en los distintos órdenes zoológicos, que pudiesen tener aplicaciones taxonómicas.

B) Ordenes y frecuencias de especies.

Dado que se contaba con 125 especímenes de mamíferos correspondientes a 47 especies, y de que el número de aquéllos varía mucho de una a otra especie, no se pudieron trabajar los datos individuales obtenidos en cada espécimen como resultado de las mediciones efectuadas, y se estimó más propio para el análisis estadístico manejar el promedio de los individuos de la misma especie, y resultó de ello, que por cada variable se contara con 47 promedios, uno por cada especie.

A su vez de los 9 órdenes en que se encuentran distribuidos las 47 especies, 5 de ellos se agruparon en uno solo, considerándolo como el grupo de los pequeños mamíferos. Al haber estudiado la longitud del cuerpo de todos ellos y, además porque en 4 de esos órdenes, la cantidad de especies disponibles era mínima. También se estimó que el criterio del tamaño aunado a la poca frecuencia tendría importancia en el conjunto de análisis estadísticos que se realizaron, sin perder nada de la información que ya se había obtenido lo que, en efecto, ocurrió, como se explicará al hablar de los resultados morfométricos.

De este modo, puede decirse, se redujeron de 9 a 5 órdenes, considerando como si fuese un solo orden, el grupo de los mamíferos pequeños, quedando distribuidas las especies en ellos, como sigue:

<u>Grupo R</u>	-----	11 especies diferentes
(que agrupa a los pequeños mamíferos)		
Roedores	R (6)	
Marsupiales	M (2)	
Insectívoros	I (1)	
Lagomorfos	L (1)	
Quirópteros	Q (1)	
<u>Grupo Pr</u>	-----	9 especies diferentes
o		
Primates		
<u>Grupo P</u>	-----	4 especies diferentes
o		
Perisodáctilos		
<u>Grupo C</u>	-----	12 especies diferentes
o		
Carnívoros		
<u>Grupo A</u>	-----	11 especies diferentes
o		
Artiodáctilos		
	total	<u>47</u> especies diferentes

C) Variables tomadas en cuenta

Mediciones efectuadas.

Los números romanos abajo mencionados se utilizarán en la descripción de los resultados estadísticos de los cuadros con las características que se les adscribe a continuación:

Las 20 medidas fueron longitudes y pesos. LONGITUDES, en diezmilímetros, o décimas de milímetro, que fueron las unidades que permitieron los grados de precisión de los instrumentos utilizados.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

Variables estudiadas:

Relativas al martillo: (Fig. 18).

- I - Distancia del anillo al martillo
- II - Longitud de la cabeza.
- III - Longitud del manubrio.
- IV - Longitud total del martillo.
- V - Proceso anterior

Relativas al yunque: (Fig. 18)

- VI - Diámetro del cuerpo.
- VII - Proceso corto.
- VIII - Proceso largo

Relativas al estribo: (Fig. 18)

- IX - Diámetro de la cabeza.
- X - Diámetro anteroposterior de la base
- XI - Diámetro dorsoventral de la base.
- XII - Longitud de los pilares.
- XIII - Amplitud del agujero obturado.

Relativas a la membrana timpánica: (como se muestra en la Fig. 19.)

- XIV - Diámetro máximo.
- XV - Diámetro mínimo

Relativas a la cavidad timpánica: (como se muestra en la Fig. 20.)

MEDIDAS DEL MARTILLO, YUNQUE Y ESTRIBO

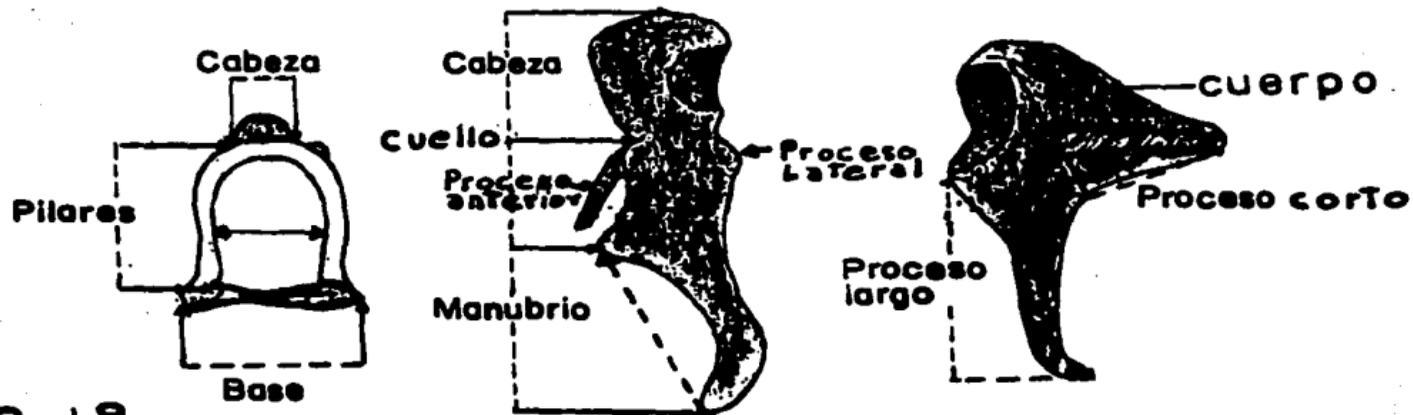


FIG. 18

MEDIDAS DE LA MEMBRANA TIMPANICA Y DE LA BASE DEL ESTRIBO

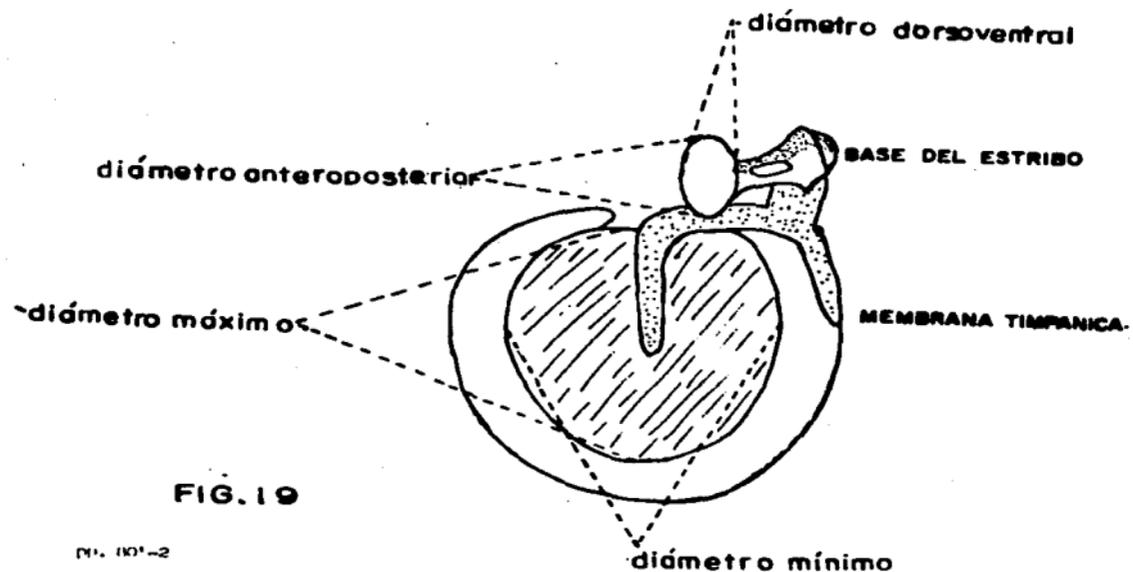


FIG. 19

MEDIDAS DE LA CAVIDAD TIMPANICA
Y ANILLO-MARTILLO



FIG. 20

XVI - Diámetro.

PESOS, en diezmiligramos o décimas de miligramo, que fueron las unidades que permitió el grado de precisión del instrumento utilizado.

XVII - Peso del martillo.

XVIII - Peso del yunque.

XIX - Peso del estribo.

LONGITUD, en milímetros:

XX - Diámetro anteroposterior de la cabeza.

Estimaciones consultadas.

XXI- Largo total del cuerpo en centímetros (tomada de catálogos, como ya se mencionó), y se consideró como valor representativo para el efecto de este análisis, el punto equidistante entre los límites mínimo y máximo consignados en las fuentes de los ejemplares obtenidos.

En resumen, la elaboración estadística consistió en:

1) Descripción estadística de cada variable, o sea se calculó la media, desviación estándar y coeficiente de variabilidad.

2) Se calculó la significación de la diferencia entre las medias, mediante la prueba de t de Student.

3) Se calcularon muchas correlaciones entre las variables determinando la prueba de significación del

propio coeficiente de correlación, y también se estudiaron las ecuaciones y líneas de regresión respectivas, tanto con las unidades originales, como con sus logaritmos.

Debido a que para cada capítulo de los resultados morfoométricos, los procedimientos estadísticos se usaron de diferentes maneras, se explican mejor al principio de los resultados de cada variable en su respectivo inciso.

Medidas compuestas o relativas.

Con algunas de las medidas y estimaciones que se mencionan arriba, se construyeron 10 nuevas variables diferentes, obtenidas de distintas relaciones entre las variables indicadas con números romanos, habiéndolas asignado para distinguirlas con letras mayúsculas de la A a la J. Las letras de estas medias también se utilizan en los resultados para referirse a estas mismas características, y ellas son las siguientes:

- A - Peso acumulado de los tres huesecillos del oído medio (dmg).
- B - Porcentaje que el peso del martillo, representa del peso total de la variable A.
- C - Porcentaje que el peso del yunque, representa del peso total de la variable A.
- D - Porcentaje que el peso del estribo, representa del peso total de A

- E - Superficie de la membrana timpánica, asumiendo que se trata de una elipse.
 $= (1/2 \text{ diám máx}) (1/2 \text{ diám mín}) (3.1416)$.
- F - Superficie de la ventana vestibular, suponiendo que es igual a la de la base del estribo y que se trata de una elipse también.
 $= (1/2 \text{ diám máx}) (1/2 \text{ diám mín}) (3.1416)$.
- G - Superficie de la membrana del tímpano entre superficie de la ventana vestibular. (número de veces que cabe una en otra).
- H - Peso del martillo entre peso del estribo.
- I - Porcentaje que el diámetro de la cavidad timpánica representa del diámetro de la cabeza.
- J - Porcentaje que el diámetro anteroposterior de la cabeza representa del largo total del cuerpo.

Los promedios originales de las 21 características aparecen en el cuadro 1-A, y los promedios de las medidas compuestas, para cada orden, están en el cuadro 2-A, y posteriormente se explicarán en los resultados.

total de variables.

Mediciones efectuadas	20
Estimaciones consultadas	1
Medidas compuestas o relativas	10

total: 31

Diseñamos las técnicas de medición de las diferentes estructuras del oído medio, en este estudio y a continuación se explica cómo se obtienen las 20

mediciones de longitudes y pesos que se indicaron con números romanos; no se consideró en estas medidas al cuello del martillo debido a que en algunos animales no está bien delimitado, y se presta a confusiones.

D) Técnicas de medición.

Las longitudes se midieron usando el vernier cuando las estructuras de los huesecillos o las extremidades de los diámetros lo permitían, cuando no era posible utilizar el vernier se hizo uso del goniómetro.

La descripción de los datos originales de las medidas y las unidades empleadas en la medición de las variables o características (señaladas con números romanos) de los 47 especímenes es la siguiente:

I La distancia que existe entre el anillo timpánico y el ápice del manubrio se tomó en línea recta a todo lo largo del eje del manubrio, desde su vértice o extremo al inicio del anillo, la medida está en dm .

II La cabeza del martillo se midió en su eje longitudinal, desde la porción más saliente superior hasta la base del cuello, por su cara externa (dm).

III El manubrio se midió longitudinalmente desde donde termina el proceso anterior hasta su vértice o extremo. La medición no siguió la curvatura del manubrio, por ser variable según los especímenes (dm).

IV La medición total del martillo fué desde la parte más superior de la cabeza hasta el extremo inferior del manubrio (dmm).

V El proceso anterior del martillo se midió con el goniómetro desde su origen hasta su extremo anterior (dmm).

Medidas del yunque:

VI El cuerpo del yunque se midió desde su extremo superior más prominente hasta la parte inferior de la cara articular (dmm).

VII El proceso breve se midió desde el ángulo que forma el proceso largo con el proceso breve hasta su extremo posterior (dmm).

VIII El proceso largo se tomó desde el borde inferior de la cara articular hasta su vértice (dmm).

Medidas del estribo:

IX En virtud de que la cabeza del estribo era muy irregular en su altura, se midió exclusivamente el diámetro transversal (dm).

X Se tomó la magnitud de la base del estribo a todo lo largo de ella en dirección longitudinal o anteroposterior, desde la porción de un pilar a la porción anterior del otro pilar (dmm).

XI La distancia de la base del estribo transversal, o dorsoventral, que es menor generalmente que el otro (dmm).

XII Se tomaron medidas de los pilares anterior y posterior desde el sitio de implantación de la cabeza hasta su implantación en la base. La identificación del pilar posterior, se facilita por el hecho de que ahí se inserte el músculo estapedial (dmm).

XIII Se tomó también la anchura del agujero obturado en su parte media (dmm).

XIV y XV La membrana timpánica se midió tanto a lo largo del eje del manubrio (diámetro máximo) como el diámetro perpendicular a éste a la mitad de la distancia de dicho eje diámetro mínimo (dmm).

XVI Las mediciones de la cavidad timpánica se hicieron de la siguiente manera: en virtud de las diversas disposiciones morfológicas de la porción cupular de la pared del techo timpánico, en algunos especímenes voluminosos se pudo medir y en los especímenes pequeños era imposible introducir aún el goniómetro hasta la parte más alta de la porción de la cúpula, por lo que se optó por tomar las medidas de la cavidad timpánica desde la porción más superior de la cabeza del martillo hasta la parte más baja de la pared yugular (dmm).

XVII, XVIII y XIX El peso del martillo, yunque y estribo se hizo en una balanza eléctrica Mettler, en dms, con precisión hasta de centésimas de miligramos.

XX El diámetro anteroposterior de la cabeza se tomó desde el punto donde hace procedencia el hocico hasta el agujero magno del occipital (mm).

XXI El largo total del cuerpo en cm. se consultó en libros.

VI RESULTADOS

VI.1 - De las características morfológicas por órdenes CLAVE QUE DESARROLLAMOS PARA IDENTIFICACION DE LAS CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS DEL OIDO MEDIO EN MAMIFEROS.

El cuadro I que se localiza en la siguiente página señala las abreviaturas de los datos morfológicos que fueron tomados en cuenta y las características cualitativas que presenta cada oído medio de cada individuo.

Los nombres de los ejemplares están en la primera columna de la izquierda, en la segunda columna están las abreviaturas de los órdenes a que pertenecen. donde M son marsupiales; I insectívoros; L lagomorfos; Q quiropteros; R roedores; A artiodáctilos; P perisodáctilos, C carnívoros, y Pr primates. Y las 56 columnas restantes, indican, como ya se mencionó en la metodología, con las letras N, que no se presenta esa característica, S, que si la presenta, y con los números 1, 2, o 3, si están poco, regular o muy desarrolladas esas características respectivamente. A continuación se describen en que consiste cada una de las 56 características, que se presentan en los 47 ejemplares estudiados.

La clave de las abreviaturas de las fotografías se localiza en la siguiente hoja de las primeras fotografías.

CARACTERISTICAS REFERENTES A LA CAVIDAD TIMPANICA.

- 1 - Anillo timpánico sobresalido o muy elevado del piso de la cavidad timpánica (S), o no sobresalido (N).

El anillo timpánico no elevado (N) aparece en algunos artiodáctilos y es una característica de los primates, excepto el humano y el mono araña, como ejemplo, en la fotografía 5, tomada a 10 aumentos, se muestra el anillo timpánico plano de un mono verde, el resto de los ejemplares lo presentan muy elevado del piso de la cavidad timpánica (S), por ejemplo, en la fotografía 6 a 16 aumentos de un perro, se observa el anillo timpánico elevado del piso de la cavidad, y además con una formación de sea muy rara al lado del anillo, que semeja un pequeño hongo, que emerge del piso de la cavidad. Y en la fotografía 7 a 6 aumentos, se muestra también el anillo timpánico elevado del piso de la cavidad de un oído de un cuyo.

- 2 - Presencia de celdillas mastoideas en la cavidad timpánica (S) o ausencia de ellas (N).



5.- Anillo timpánico plano en un mono verde 10X.



6.- Anillo timpánico elevado del piso con formación ósea a un lado en un oído de perro a 10X.



7.- Oído de cuyo con el anillo timpánico también elevado del piso de la cavidad a 5X.



8.- Celdillas mastoideas en un oído de pony a 6X.



- 9.- Oído de pécarí con celdillas mastoideas a 6X.
 10.- Oído de tejón con celdillas y cavidad grande a 6X.
 11.- Pliegue mallear posterior en este oído de macaque a 10 X.
 12.- Oído de macaco Rhesus a 10X con el hueso tímpanico angosto.
 13.- Oído de chivo a 25 X con saliente ósea para el paso de la cuerda del tímpano.

La Presencia de celdillas mastoideas (S) es la característica más relevante de los primates, insectívoros y perisodáctilos, como ejemplo en la fotografía 8 se aprecia un oído de pony a 6 aumentos, con celdillas que bordean la cavidad timpánica. También se observa esta característica en algunas especies de los demás órdenes. Como ejemplo, en la fotografía 9 se observan éstas en un oído de pécari a 6 aumentos. En el resto de los ejemplares las celdillas no se presentan (N), como ejemplo, la fotografía 7 muestra un oído de cuyo, que se presentan en poca cantidad y muchas veces con apariencia de tabiques incompletos que no llegan a dividir en compartimentos al proceso mastoideo. Como excepción se observaron también celdillas en una cavidad timpánica grande, por ejemplo en la fotografía 10 de un oído de tejón a 6 aumentos, se aprecian celdillas en su oído. Y dado que Garfield en 1971 reportó que las cavidades timpánicas grandes no presentaban celdillas mastoideas, y que las pequeñas sí.

3 - Presencia de pliegues mucosos desde la pared lateral de la cavidad hacia los huesecillos del oído (S), o ausencia de ellos (N).

Los pliegues mucosos de la cavidad timpánica, mallear anterior, mallear posterior, del yunque, y del estribo, que van desde la parte lateral de la pared del timpano a los huesecillos del oído, están presentes (S) en todos los roedores, en 4 artiodáctilos, 4 primates, y 3

carnívoros, por ejemplo en la fotografía 11 de un mapache, donde se aprecia en este caso, el pliegue malear posterior a 10 aumentos. En el resto de los ejemplares, sólo el tapir asiático los presenta entre los perisodáctilos; en los pequeños mamíferos o grupo R, sólo en el topo; en los marsupiales sólo el canguro los presenta. El resto no los presentan (N). Por otro lado, hemos observado que en algunos animales de edad avanzada principalmente perros, estos pliegues se llegan a calcificar produciendo una otosclerosis, con la consecuente pérdida de la audición. Estos pliegues mucosos sirven como soporte para la vascularización de los huesecillos.

4 - Cavidad timpánica grande (2) o mediana (1).

Muchos de los ejemplares estudiados presentan la cavidad timpánica mediana (1), principalmente en los órdenes de los roedores e insectívoros, en 6 carnívoros, 4 primates, 7 artiodáctilos y un marsupial: el canguro. Y la otra mitad de los ejemplares la tienen grande (2). La cavidad timpánica pequeña no se presenta en los mamíferos aquí estudiados, a pesar de que sean pequeños algunos ejemplares. Sino que los mamíferos muy pequeños como los roedores y los insectívoros, es de regular tamaño o grande, y ocupa en muchas ocasiones hasta un tercio del tamaño del cráneo del animal. También se vió, la relación de que, que si la cavidad es grande, la bula

timpánica es pequeña y viceversa, en la mayoría de los casos.

5 - Presencia (S), o ausencia (N) de la tuba auditiva.

Todos los ejemplares presentan la tuba auditiva (S) y equilibran la presión del medio interno al medio externo, por medio de ella, a ambos lados de la membrana timpánica, cuando se abre o se cierra. Ningún animal se detectó que no presentara la tuba (N).

6 - Hueso timpánico ancho y grueso (2), o angosto y delgado (1).

Únicamente el grupo de los insectívoros y primates, por ejemplo en la fotografía 12 de un oído de mono Rhesus a 10 aumentos, presentan el hueso timpánico angosto y delgado (1), el resto lo presentan ancho y grueso (2).

7 - Paso de la cuerda del timpano en una saliente de la pared de la cavidad timpánica (S), o sin saliente, hacia el martillo (N).

La mayoría de los ejemplares no presentan la saliente ósea para el paso de la cuerda del timpano hacia el martillo dentro de la cavidad timpánica (N), excepto en tres ejemplares que sí la presentan (S): dos primates, el mono rojo y el mono araña y un artiodáctilo; el chivo, como se aprecia en su oído, en la fotografía 13, a 25 aumentos, que sí la presenta. De esta saliente se

desprende en algunas ocasiones un pliegue mucoso de la membrana timpánica, descrito en la característica número 13 (S), que une parte de la pared lateral ósea de la cavidad con la membrana timpánica, como se observa en la fotografía 14 de un oído de un lince a 10 aumentos.

8 - Presencia (S), o ausencia (N) de ligamentos para la fijación de los huesecillos.

Algunos ligamentos de fijación fibrosos de los huesecillos (el anterior, lateral, superior del martillo y el anular del estribo), están presentes y bien desarrollados (S) en los roedores, primates, quirópteros, lagomorfos y algunos carnívoros; como ejemplo en la fotografía 15, se observa el ligamento superior del martillo del oído de perro a 10 aumentos. Los ligamentos (superior y posterior del yunque), que tienen sus fibras poco desarrolladas, o están ausentes (N), se observaron en la mayoría de los ejemplares aquí estudiados.

9 - Presencia de hueso mastoideo (1) del tipo con espacios aéreos neumatizado, o del tipo de hueso compacto escleroso, o presencia de este hueso como una prolongación del timpánico y del escamoso (2).

El único ejemplar que presenta el hueso temporal con un proceso mastoideo bien definido es el hombre (1), y es algunas veces de tipo neumático, otras diploico y en otras escleroso, en este último caso, la parte de grandes



- 14.- Oído de linco con pliegue mucoso desde la saliente ósea para el paso de la cuerda del tímpano a 10X.
15.- Oído de perro a 10X con pliegue superior del martillo.
16.- Oído de loba con la membrana timpánica ovalada y el cuello del martillo grande a 6X.
17.- Oído de mono zaraguato a 6X con la membrana timpánica redonda.
18.- Oído de canguro a 10X con la membrana timpánica plana y poco convexa.

espacios aéreos, se comunica por medio del antro mastoideo con la parte posterolateral de la porción petrosa del hueso temporal, que es de hueso compacto y extrema densidad. En el resto de los animales se presenta sólo como una prolongación del tímpano y del escamoso (2).

10 - Presencia (S), o ausencia (N) del seno epitimpánico.

El seno epitimpánico está rodeado por el esbozo del proceso mastoideo y la escama y está bien desarrollado en los marsupiales, artiodáctilos, perisodáctilos y en los primates (S). En el resto de los animales no se encuentra bien definido (N).

CARACTERÍSTICAS REFERENTES A LA MEMBRANA TIMPÁNICA.

11 - Forma de la membrana timpánica: redonda (1), u ovalada (2).

La membrana timpánica en los animales estudiados es principalmente ovalada (2) y convexa, lo que se observa muy bien en el oído de un lobo en la fotografía 16, tomada a 6 aumentos. Es redonda y convexa (1) en algunos ejemplares del grupo de los artiodáctilos, carnívoros y escasos primates, como se observa en el oído del mono zaraguato en la fotografía 17 a 6 aumentos. La membrana timpánica se une al surco timpánico, y en ocasiones directamente al anillo timpánico, siempre y cuando no exista el surco.

- 12 - Membrana timpánica aplanada o deprimida y poco convexa hacia adentro (1), o abombada y convexa hacia adentro de la cavidad timpánica (2).

La mayoría de los órdenes estudiados, tienen la membrana timpánica convexa hacia adentro de la cavidad timpánica (2). Solo en 8 ejemplares entre los que se encuentran los primates, artiodáctilos, quiropteros, y marsupiales, la tienen plana o deprimida y muy poco convexa hacia adentro de la cavidad (1). Como ejemplo, observamos en la fotografía 18 a 10 aumentos, el oído de un canguro con la membrana plana.

- 13 - Presencia de pliegues mucosos de la membrana timpánica (S), o ausencia de ellos (N).

En los órdenes que sí (S) presentan pliegues mucosos de la membrana timpánica, se encuentran los siguientes grupos: en 4 artiodáctilos, como se observa en la fotografía 19 a 16 aumentos, donde la membrana timpánica de un oído de un hipopotamo presenta pliegue mucoso (S). También se observa en los marsupiales, quiropteros, en 4 carnívoros, un perisodáctilo: el tapir asiático, en dos primates, como ejemplo el oído de mono ateles o mono araña de la fotografía 20 a 25 aumentos; y en la fotografía 21 se aprecia un oído de hombre a 25 aumentos, que sí (S) tiene este pliegue mucoso de la membrana también. El resto de los animales estudiados no presentan dichos pliegues (N), como ejemplo el oído del



19. Oído de hipopótamo con pliegue mucoso de la membrana timpánica a 15X.
 20. Oído de mono ates a 25X con pliegue mucoso de la membrana timpánica.
 21. Oído de humano a 25X con pliegue mucoso de la membrana timpánica, va desde el manubrio.
 22. Oído de gato a 15X sin pliegue mucoso de la membrana timpánica.
 23. Oído de rata a 10X sin pliegue mucoso de la membrana y con la porción flácida a la vista.



gato en la fotografía 22 a 16 aumentos. Los pliegues mucosos maleares anterior y posterior del yunque y del estribo, no se observan. Esto puede deberse a que los animales disecados tenían más de 24 horas de muertos, y los tejidos mucosos, por ser más lábiles no se conservan bien al cabo de un tiempo transcurrido después de la muerte.

- 14 - Inclínación del anillo timpánico: horizontal (1), o vertical (2).

La posición del anillo timpánico es inclinada y es más oblicua siempre, con respecto al piso de la cavidad timpánica y éste puede ser más vertical (2), como sucede en la totalidad de los ejemplares del orden de los carnívoros, roedores y marsupiales. Y los ejemplos que tienen el anillo timpánico más horizontal (1), con respecto al piso de la cavidad timpánica son los artiodáctilos, perisodáctilos, primates y grupo R, o de mamíferos pequeños. Como ejemplo se muestra en la fotografía 8 el oído de un pony a 6 aumentos.

- 15 - Presencia (S), o ausencia (N) de la porción flácida de la membrana timpánica.

La membrana flácida o porción flácida, o membrana de Shrapnell, está presente en todos los ejemplares que estudiamos (S), por ejemplo en la fotografía 23 de un oído de rata a 10 aumentos, se aprecia esta membrana que no tiene tensión.

CARACTERISTICAS REFERENTES AL MARTILLO.

- 16 - Manubrio del martillo en contacto en toda su longitud con la membrana del timpano; esta longitud abarca hasta la mitad del largo de la membrana timpánica, en su diámetro mayor (1), o abarca más de la mitad de la membrana en su diámetro mayor (2).

El manubrio del martillo es de grosor variable en los diferentes órdenes; se observa que en la mayoría de los órdenes estudiados está en contacto en toda su longitud con la membrana timpánica, esto se interpreta que el manubrio influye de manera importante en la rigidez de la membrana. En la mayoría de las veces abarca la mitad de la longitud de la membrana timpánica (1), por ejemplo el oído del chivo que se observa en la fotografía 24 a 10 aumentos; Sólo en algunos casos, rebasa la mitad de la longitud de la membrana timpánica, llegando a veces hasta el 75% de esa longitud (2), esto ocurre en 6 artiodáctilos, como se ve en la fotografía 25 de un oído de venado cola blanca a 10 X, en 4 carnívoros, en dos primates, en el canguro y en el pony.

- 17 - Manubrio del martillo de hueso compacto y grueso (2), o poco denso y translúcido (1).

De los grupos estudiados únicamente el grupo de los roedores tiene el manubrio del martillo con tejido óseo poco denso y translúcido (1), como ejemplo el martillo de



- 24.- Oído de chivo a 10X con el manubrio que abarca el 50% del largo de la membrana.
 25.- Oído de venado cola blanca a 10X con el manubrio del martillo abarcando mas del 50% del largo de la membrana timpánica.
 26.- Martillo de rata con tejido óseo poco denso, sobre todo en la lámina ósea a 25X.
 27.- Martillos de jaguar, ocelo y mara (de iz. a der.) con tejido óseo compacto, y terminación en espátula el manubrio a 25X.
 28.- Martillo de perro con relieve en el manubrio y terminación en espátula a 25X.

rata en la fotografía 26 a 25 aumentos; el resto de los ejemplares tiene el manubrio de tejido óseo, compacto y grueso (2), por ejemplo los manubrios de jaguar, zorra, y marta (de izquierda a derecha) respectivamente que se observan en la fotografía 27 a 25 aumentos.

18 - Manubrio cilíndrico (1), realizado en su parte media (2), o aplanado (3).

La forma del manubrio del martillo puede ser cilíndrica (1), como sucede en los quirópteros, lagomorfos, un marsupial: el tlacuache, en tres primates y 6 artiodáctilos, como se ejemplifica con la fotografía 25 de un martillo de venado cola blanca a 10 aumentos. O presentar un relieve en la parte central medial (2) como se encuentra en 5 primates, todos los roedores, en 4 artiodáctilos y 9 carnívoros, por ejemplo en la fotografía 28 se observa un oído de perro a 25 aumentos. El manubrio excepcionalmente se encuentra aplanado (3), como ocurre en el jaguar y en un artiodáctilo: el pécari, tal como se ve en la fotografía 29 a 16 aumentos, de esta última especie.

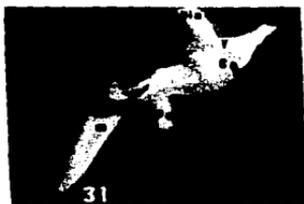
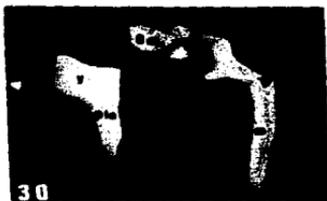
19 - Apice del manubrio en forma de espátula (2), o terminación en punta (1).

La forma en que termina el manubrio del martillo sobre la membrana timpánica puede ser en punta (1), como es el caso de algunos carnívoros y roedores, por ejemplo ver el oído de rata, en la fotografía 26 a 25 aumentos, y

en quirópteros principalmente, ver la figura 21, (tomada de Henson, 1961) o en espátula aplanada (2) como acontece en los perisodáctilos, en la mayoría de los artiodáctilos, como se observa en la fotografía 29, del oído de un pecarí a 16 aumentos, también en los primates y en algunos carnívoros; por ejemplo en la fotografía 27 se ve un martillo de jaguar, zorra y marta a 25 aumentos, y en la fotografía 28, un martillo del oído de perro a 25 aumentos.

20 - Angulo formado desde el ápice del manubrio y la parte más elevada de la cabeza del martillo mayor de 60 grados (2), o menor de 60 grados (1).

Con frecuencia el martillo no es una estructura de forma lineal, si se considera desde la cabeza al ápice del manubrio, sino que se encuentra con algunos cambios de dirección en el manubrio, a nivel del cuello, o en la cabeza con respecto al manubrio, de tal manera que muchas veces forma un ángulo desde el ápice de la cabeza al ápice del manubrio, con apertura variable. El ángulo que forma la cabeza y el manubrio puede ser menor de 60 grados (1), por ejemplo el martillo de marta de la fotografía 30 a 10 aumentos, y se encuentra en la mayoría de los ejemplares estudiados. En cambio, el ángulo mayor de 60 grados (2) únicamente se presenta en todos los roedores, marsupiales, dos artiodáctilos, en 4 carnívoros, 4 primates y dos perisodáctilos, por ejemplo



- 29.- Martillo y yunque de pécari a 16X, con el manubrio terminado en espátula.
- 30.- Martillo y yunque de marta, el martillo con ángulo menor de 60 grados entre la cabeza y el manubrio a 10X.
- 31.- Martillo y yunque de asno a 10X con el ángulo entre la cabeza y el manubrio mayor de 60 grados.
- 32.- Martillo de tapir a 16X con espina ósea formando vértice con el proceso anterior.
- 33.- Martillos de venado a rayas, jabali, e hipopótamo, sin espina ósea ni lámina ósea a 16 X.

HUESECILLOS DEL OIDO DE QUIROPTEROS

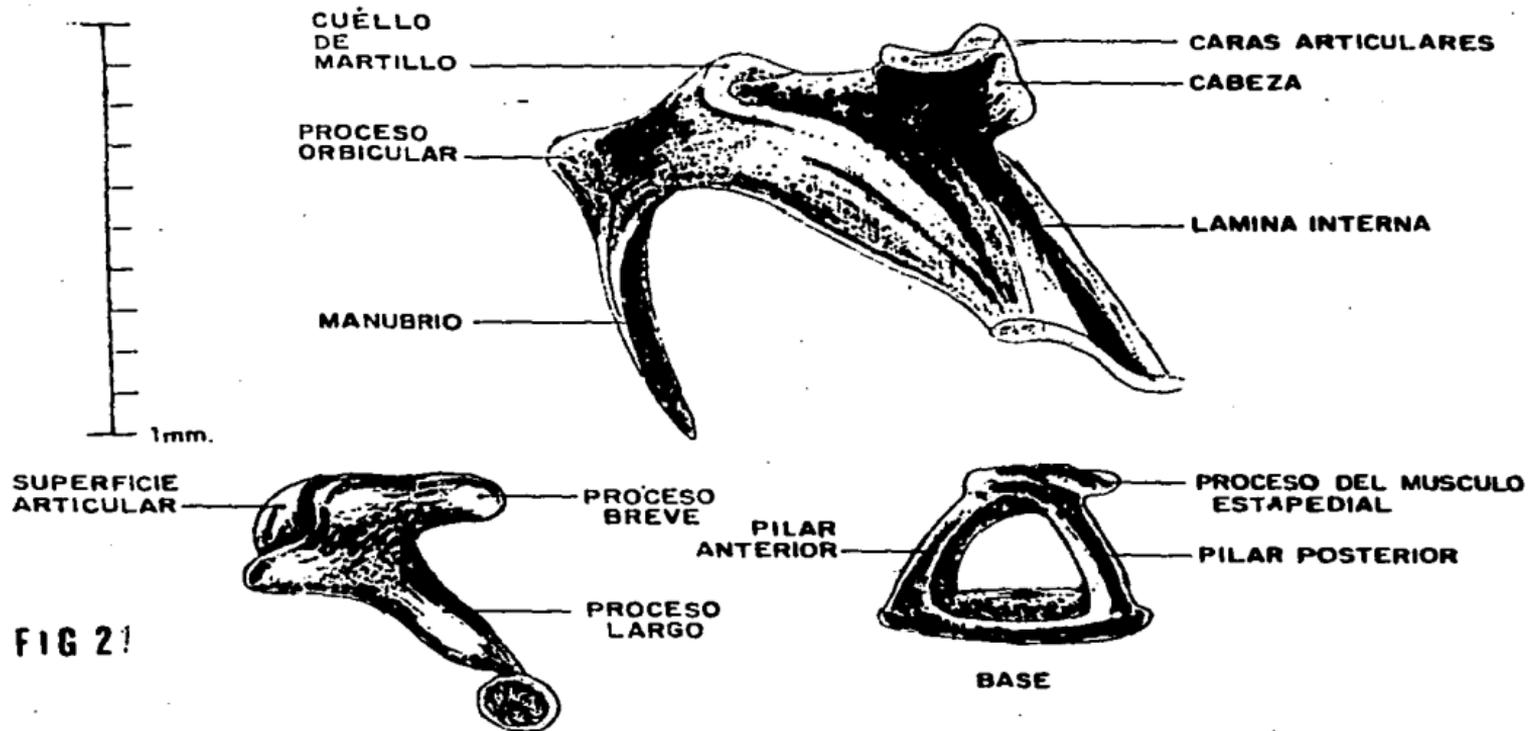


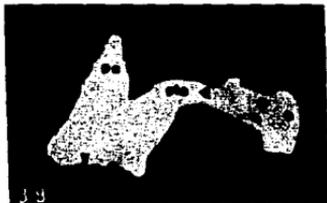
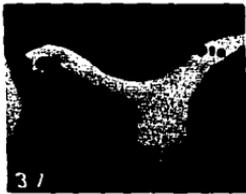
FIG 21

en la fotografía 31, se observa el martillo de un asno a 10 aumentos.

21 - Martillo con lámina (2), con espina ósea de fijación (1), o sin ambos (3).

En los perisodáctilos, por ejemplo en el martillo del tapir de la fotografía 32 a 16 aumentos, y en el tejón (carnívoro), el martillo tiene una espina ósea saliente del lado opuesto al manubrio del martillo y paralela a él, llamada espina timpánica posterior, con la cual se apoya el martillo a la pared lateral de la cavidad timpánica (1), ésta a su vez le da apoyo y rigidez al manubrio y al martillo en general, esto influye muchas veces, en el eje de rotación de los huesecillos, los puede hacer poco móviles en sentido anteroposterior. Esta espina ósea se puede engrosar, y además osificar, hasta el cuerpo del huesecillo, formando una lámina ósea que le da mayor rigidez al martillo (2), como la presentan los grupos de quirópteros, carnívoros y roedores, como se observa en la fotografía 26 de un martillo de rata a 25 aumentos. Además, los primates, los marsupiales y algunos artiodáctilos, como se observa en la fotografía 33 de los martillos de venado a rayas, jabalí e hipopótamo a 16 aumentos, no presentan ni espina ni lámina ósea (3).

22 - Cabeza del martillo redonda (1), alargada (2), o triangular (3).



- 34.- Martillo de humano con la cabeza alargada y proceso lateral desarrollado a 16X.
35.- Martillo y yunque de jaguar a 10X con el proceso anterior bien desarrollado.
36.- Oído de gato montés a 6X, con el músculo tensor del tímpano desarrollado.
37.- Yunque de perro a 25X con el proceso largo mayor que el proceso breve.
38.- Yunque de capiti a 10X con el proceso corto mayor que el proceso largo.
39.- Martillo y yunque de mono capuchino a 16 X con un anillo pronunciado en el proceso lenticular.

La cabeza del martillo tiene forma triangular (3), como en los insectívoros, primates, 2 perisodáctilos y 4 artiodáctilos, por ejemplo el martillo de venado a rayas que se ve en la fotografía 33 a 16 aumentos. La cabeza es redonda (1), en cuatro roedores, en los lagomorfos, en los quirópteros, en 6 artiodáctilos y en la mayoría de los carnívoros, por ejemplo en el martillo de perro, como se observa en la fotografía 28 a 25 aumentos. La cabeza alargada (2), es casi excepcional observarla, sólo se presenta en el tlacuache, venado cola blanca y pony.

23 - Proceso lateral del martillo poco desarrollado (1), o bien desarrollado (2).

El proceso lateral del martillo se dirige hacia afuera de la cavidad y su extremo está estrechamente en contacto con la membrana timpánica, se encuentra desarrollado (2) en la mayoría de los órdenes aquí estudiados, y poco desarrollado (1) en 5 carnívoros, los lagomorfos, los marsupiales y en los primates, por ejemplo en la fotografía 34 del martillo de un humano a 16 aumentos.

24 - Proceso anterior del martillo poco desarrollado (1), o bien desarrollado (2).

El proceso anterior está bien desarrollado (2) en la mayoría de los roedores, perisodáctilos, lagomorfos, quirópteros, insectívoros, en 4 primates, en 4

artiodáctilos y en los carnívoros, por ejemplo en el martillo del oído de un jaguar de la fotografía 35 a 10 aumentos. Los demás ejemplares lo presentan poco desarrollado (1).

25 - Presencia del proceso orbicular del martillo (S), o ausencia de él (N).

El proceso orbicular se localiza en la base del manubrio del martillo, únicamente se presenta (S) en algunos órdenes de carnívoros, quirópteros, insectívoros y los roedores, por ejemplo, como se observa el martillo de una rata en la fotografía 26 a 25 aumentos; y en la figura 22 (tomada y modificada de Henson, 1961). En el resto de los ejemplares no se encuentra (N).

26 - Presencia de saliente ósea (S) de la pared lateral de la cavidad para el paso de la cuerda timpánica hacia el cuello del martillo, o sin la saliente (N).

La saliente ósea (S) de la pared lateral de la cavidad timpánica se dirige hacia el interior de ésta, a manera de guía del paso de la cuerda timpánica hacia el cuello del martillo. Esta saliente le da independencia a la cuerda de la pared lateral de la cavidad y casi siempre se desarrollan pliegues mucosos bajo ella. Sólo se presenta en los quirópteros, lagomorfos y un marsupial: el tlacuache, en 5 carnívoros, por ejemplo el oído del linco de la fotografía 14 a 10 aumentos; En los

HUESECILLOS DEL OIDO DE INSECTIVOROS

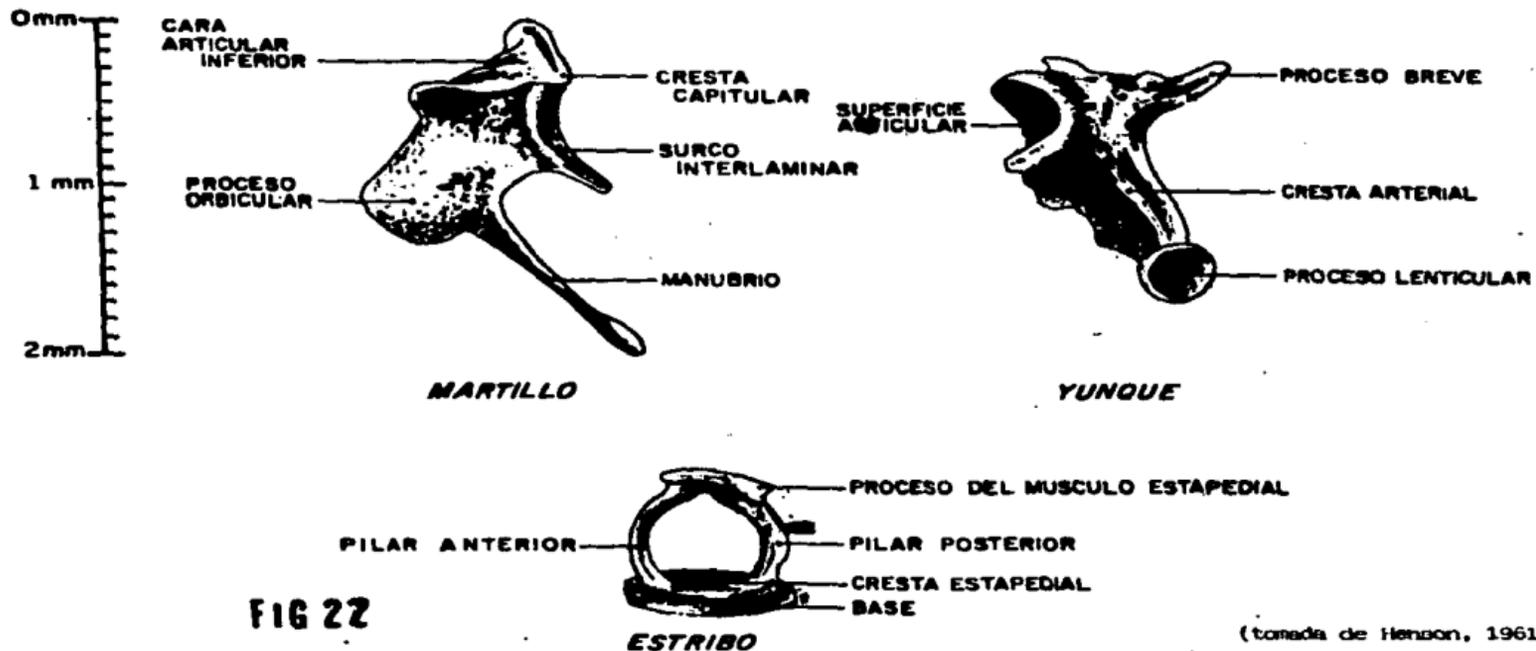


FIG 22

(tomada de Henson, 1961).

artiodáctilos: sólo el oído del chivo la presenta, como se observa en la fotografía 13 a 25 aumentos. El resto no la presenta (N).

27 - Cuello del martillo poco marcado o corto (1), o bien delimitado: de tamaño mediano (2), o cuello largo (3).

En general el cuello del martillo se delimita muy poco con respecto al manubrio y a la cabeza del martillo, casi siempre es cóncavo en su parte anterior y convexo en la posterior. Es corto: (1) como lo tienen la mayoría de los perisodáctilos, en 7 artiodáctilos, como el oído del venado cola blanca a 10 aumentos en la fotografía 25, el oído del hipopótamo, como se observa en la fotografía 19 a 16 aumentos, en 6 carnívoros, un marsupial: el tlacuache, y dos roedores como se observa en la fotografía 23 del oído de rata a 10 aumentos. Es de tamaño mediano (2) en dos roedores, y dos artiodáctilos. Es largo (3) en 6 carnívoros, como ejemplo el oído de perro de la fotografía 15 a 10 aumentos, y el de lobo, de la fotografía 16 a 6 aumentos, en dos artiodáctilos por ejemplo el oído de chivo, de la fotografía 13, a 25 aumentos, en la mayoría de los primates, en los lagomorfos, quirópteros e insectívoros. La mayoría de las veces la cuerda del tímpano cruza a la cavidad timpánica por el cuello del martillo y sólo en algunas excepciones la cruza a nivel del manubrio o de la cabeza.

28 - Presencia (S), o ausencia (N), del músculo tensor del tímpano.

El músculo tensor del tímpano se presenta muy desarrollado en todos los animales (S), es grueso por ejemplo en la fotografía 36, el músculo tensor del tímpano de un oído de un gato montes a 6 aumentos. Ningún ejemplar carece de él (N).

29 - Presencia del proceso grácil desarrollado (3), poco desarrollado (2), o ausencia de él (1).

El proceso grácil muchas veces está conectado a la bula y únicamente en el grupo de los primates se encuentra bien desarrollado (3), en el grupo de los roedores se presenta muy poco desarrollado (2) y en el resto de los ejemplares no se observa (1).

CARACTERÍSTICAS REFERENTES AL YUNQUE.

30 - Proceso largo del yunque más grande (1) que el proceso corto, o más pequeño que este último (2).

Tradicionalmente al proceso largo del yunque se le llamó así por ser más grande o más largo que el proceso corto o breve del yunque (1), en los oídos de los mamíferos. Esto lo comprobamos en la mayoría de los grupos estudiados, como ejemplo se observa el yunque de perro en la fotografía 37 a 25 aumentos, y el yunque de marta en la fotografía 30 a 10 aumentos, pero existen

algunas excepciones en que el proceso breve del yunque es más largo que el proceso largo de éste (2), como el caso del yunque de 2 artiodáctilos, como el coapiti de la fotografía 38 a 10 aumentos, el yunque de la cabra enana, y el de dos primates.

31 - Angulación entre el proceso lenticular y el proceso largo del yunque (S), o sin ángulo (N).

En la articulación del estribo con el yunque participa el proceso lenticular del yunque, como intermediario entre ambos, en algunas ocasiones se forma un giro o ángulo entre los dos huesecillos del estribo y del yunque (S). Esto se observa en la mayoría de los carnívoros, roedores, insectívoros, lagomorfos, en dos artiodáctilos, y un perisodáctilo, como ejemplo, los huesecillos del asno de la fotografía 31 a 10 aumentos. En el yunque de los primates como el del mono capuchino de la fotografía 39, a 16 aumentos. Los órdenes que no presentan este ángulo (N), son la mayoría de los artiodáctilos, 3 perisodáctilos, los marsupiales y los quirópteros.

32 - Proceso lenticular grueso (2), o delgado (1).

El proceso lenticular puede ser grueso (2), como lo tienen 6 artiodáctilos, por ejemplo en el yunque de la cabra enana de la fotografía 40 a 25 aumentos, en el de dos roedores, en el de los quirópteros, insectívoros, y



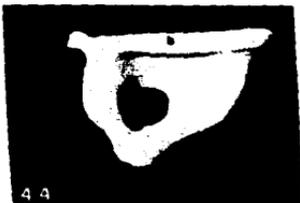
40



41



43



44

- 40.- Martillo y yunque de cabra enana a 25X con un proceso lenticular grueso.
 41.- Estribo de tlacuache a 16X con los pilares mas cortos que la base.
 42.- Etribos de: 1)león, 2)lince, 3) tejón, 4) mapache, 5) marta y 6) zorra a 10X con los pilares mas grandes que la base.
 43.- Etribo de cuyo con los pilares acenala-dos y de hueso poco denso a 25X.
 44.- Etribo de mono zaragato con los pilares compactos a 25X.

un perisodáctilo: el pony y en un carnívoro: el grissón. O puede ser delgado (1) como sucede en el resto de los animales estudiados.

33 - Cuerpo del yunque grande (1), o pequeño (2).

El cuerpo del yunque puede ser grande (1), como en la mayoría de los carnívoros, por ejemplo el yunque de marta de la fotografía 30 a 10 aumentos, en todos los primates, y en la mayoría de los artiodáctilos, por ejemplo el yunque de pécarí de la fotografía 29 a 16 aumentos, y en la mayoría de los perisodáctilos. O lo encontramos pequeño (2) tal como sucede en la mayoría de los roedores, además en el canguro, topo, el hipopótamo, el asno, el león y el perro.

34 - Extensión del proceso largo del yunque casi hasta un plano horizontal, si éste pasa desde la altura del cuello del martillo es número (2), o si la extensión en plano horizontal, va desde la cabeza del martillo al cuello es número (1).

El proceso largo del yunque se extiende en un plano casi horizontal paralelo a la membrana timpánica y su extensión llega a la altura de la cabeza del martillo (1), como sucede en los pequeños mamíferos, en dos roedores, la mayoría de los artiodáctilos, dos perisodáctilos, en los carnívoros y primates. O al

cuello del martillo (2), como sucede en escasos ejemplares de carnívoros, artiodáctilos y perisodáctilos.

CARACTERÍSTICAS REFERENTES AL ESTRIBO.

35 - Pilares del estribo más cortos (2) que el cuerpo, o más largos (1).

Los pilares del estribo pueden encontrarse más cortos (2) que la base del estribo como es el caso en los quirópteros, marsupiales, por ejemplo el estribo de tlacuache, de la fotografía 41 a 16 aumentos, el del antilope Nyala entre los artiodáctilos, el de tres primates, únicamente en mono rojo, mono papión y mono zaraguato. O pueden ser más largos que el cuerpo (1), como se observa en el resto de los animales estudiados, por ejemplo en los carnívoros como el león, lince, tejón, mapache, marta y zorra, de la fotografía 42 a 10 aumentos.

36 - Pilares del estribo huecos acanalados a lo largo (1), o compactos y cilíndricos (2).

Los pilares del estribo pueden ser acanalados en toda su extensión, con dos orillas a todo lo largo, una superior y otra inferior, como la mayoría de los ejemplares los presentan (1), por ejemplo en el estribo de cuyo, de la fotografía 43 a 25 aumentos. O bien ser de hueso compacto y cilíndricos (2), como es el caso únicamente de dos primates, el mono zaraguato de la fotografía 44 a 25 aumentos y el hombre.



- 45.-Estribos de ardilla gris (iz) y roja (der) a 16X con la base mas grande del lado anterior, una, y posterior la otra, y agujero obturado grande.
- 46.-Estribo de jabali con agujero obturado pequeño y base grande a 8X.
- 47.- Estribo de chivo a 10X con el ligamento anular un poco sobresalido del lado anterior.
- 48.- Oido de zorra a 10X con unión fibrosa o sinartrosis de la membrana y el martillo.
- 49.- Membrana timpánica resecada de un gato a 10X con las fibras radiales y circulares a la vista.

37 - Base del estribo más sobresalida hacia la porción posterior (2), o hacia la anterior (1), o de igual tamaño en ambos lados (3).

La base del estribo sobresale en ocasiones un poco en ambos lados de los pilares, otras veces esta expansión es más marcada en la parte anterior (1), como ejemplo el estribo del roedor, de la ardilla gris, de la fotografía 45 a la izquierda a 16 aumentos. Esto se observa también en la base de los estribos de 5 primates, en 4 carnívoros, 3 artiodáctilos, y un perisodáctilo: el asno; entre los marsupiales, el canguro. En otras ocasiones puede ser sobresaliente del lado posterior (2), como se encuentra en la mayoría de los roedores como se observa en el estribo de la ardilla roja de la derecha, en la fotografía 45 a 16X, también se observa en los insectívoros, lagomorfos y en el mono zaraguato. La base no sobresale a los lados de los pilares del estribo, (3), en 8 carnívoros, 8 artiodáctilos, 3 perisodáctilos, y en quirópteros, y en 3 primates.

38 - Agujero obturado del estribo grande (2), o pequeño (1).

El agujero obturado del estribo puede ser grande (2), como lo presentan 6 artiodáctilos, todos los perisodáctilos, insectívoros, lagomorfos, la mayoría de los roedores, por ejemplo las ardillas roja y gris de la fotografía 45 a 16 aumentos, el tlacuache entre los

marsupiales, 5 carnívoros y 2 primates. O bien es pequeño (1) como lo tiene la mayoría de los primates, en 7 carnívoros, 5 artiodáctilos, por ejemplo el del jabalí de la fotografía 46 a 6 aumentos, y dos roedores.

39 - Cabeza del estribo ancha y grande (2), o pequeña con un diámetro pequeño (1).

La cabeza del estribo puede ser grande (2) de diámetro amplio como pasa en 8 artiodáctilos, por ejemplo el estribo de chivo de la fotografía 47 a 10 aumentos, en la mayoría de los carnívoros, en un marsupial: el canguro, en el topo, en tres roedores y en el mono Rhesus. En el resto de los ejemplares, la cabeza es de diámetro pequeño (1), por ejemplo el tlacuache de la fotografía 41 a 16 aumentos y el mono zaraguato de la fotografía 44 a 25 aumentos.

40 - Presencia (S) del músculo estapedial bien desarrollado, o escasamente desarrollado (N).

El músculo estapedial, que es constante, tiene un ligamento de inserción en la base del pilar posterior del estribo y termina en la pared del techo de la cavidad timpánica, está unido por varios tractos de fibras musculares de la variedad músculo esquelético o estriado, es antagonista al músculo tensor del tímpano. En los animales aquí estudiados, la mayoría lo presenta bien desarrollado (S); únicamente en el grupo de los animales cavadores como los lagomorfos, insectívoros, el

tlacuache, el tejón y el mapache, no se desarrolla (N), como se observa en el músculo del cuyo de la fotografía 43 a 25 aumentos.

- 41 - Paso de la arteria estapedial a través del agujero obturado del estribo (S), o desviación de ella (N).

En los animales estudiados, encontramos que la arteria estapedial pasa a través del agujero obturado (S) únicamente en las ardillas, en el topo, en la marta y en el tejón. En el resto de los mamíferos se observa con otro trayecto, fuera del agujero obturado, con una desviación (N).

CARACTERÍSTICAS REFERENTES A LA BULA TIMPÁNICA.

- 42 - Bula timpánica con una capa de hueso (1), o doble con dos capas de hueso (2).

La bula timpánica está formada de tres partes: por la cavidad timpánica, el seno hipotimpánico, y el receso del meato acústico externo. Parece un solo hueso esférico, tiene una sola lámina ósea que encierra a la cavidad timpánica (1) y de esta manera la encontramos en la mayoría de los ejemplares estudiados. O se puede formar de dos capas de hueso o bula doble (2), con espacios aéreos entre ambos y pertenecen a este tipo: 4 carnívoros, los lagomorfos y quirópteros, únicamente.

43 - Bula timpánica con abertura (S), o sin abertura (N).

La bula timpánica puede presentar una apertura, (S) o carecer de ella (N). En los animales estudiados, no encontramos la apertura en la bula, y solo la describen en reportes de otáridos, cetáceos y pequeños cérvidos (Reyzenbach, 1957).

44 - Bula timpánica grande (2), o pequeña (1).

Según Van der Klaas en 1931, la bula timpánica grande (2) es una característica primitiva. La bula timpánica la hemos observado grande (2) en los roedores, la mayoría de los pequeños mamíferos del grupo R, en dos primates, 6 carnívoros, y 7 artiodáctilos. Incluso en los roedores se tocan ambas bulas timpánicas en la línea media basal del cráneo, como se observa en la figura 23, en una reproducción de un cráneo de roedor y de carnívoro a 10X (tomada de Pye, 1968 y Hunt, 1974). En el resto de los ejemplares es pequeña (1).

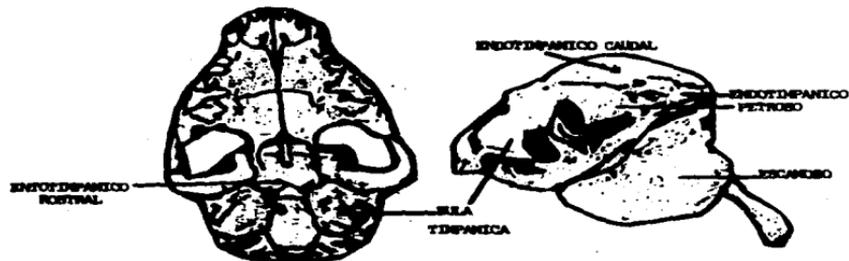
45 - Arteria carótida dentro de un canal óseo (S), en el borde mesial superior de la bula, o sin canal (N).

La arteria carótida da ramas asociadas íntimamente a la bula timpánica y son la mediana y la promontoria. En los carnívoros, esta arteria va a través del canal en el borde medial superior de la bula, en los monos es interna. Este canal óseo sirve como guía de la arteria y

SELA TÍMPANICA DE ROEDORES Y CARNÍVOROS



CRANEO DE ROEDORES



CRANEO DE CARNÍVOROS

FIG. 23
pp. 111'

(tomada de Pye, 1963 y
Hunt, 1974).

puede estar presente (S), como es el caso de los carnívoros, lagomorfos y 6 primates. O estar ausente como en el resto de los ejemplares (N).

CARACTERISTICAS REFERENTES A LA UNION DE LOS MUESECILLOS.

46 - Unión del yunque-estribo (o incudostapedial) sinovial (1), o fibrosa (2).

En la mayoría de los casos estudiados la unión del yunque-estribo es sinovial (1), unida por medio de una cápsula esferoidea o cotilica, tapizada por la membrana sinovial. Como excepción, se puede observar también una variedad fibrosa (2), como en los quirópteros, el ratón y el mono papión.

47 - Unión del estribo-ventana vestibular (estapedio-vestibular), fibrosa o sindesmosis (1), o con espacio articular (2).

La unión del estribo y la ventana vestibular (vestibulo estapedial) se hace por el ligamento anular o membrana anular, que cubre casi todo el espacio entre la base del estribo y la ventana vestibular, es fibrosa, por lo que actualmente se le llama sindesmosis (1) y es móvil, así se encuentra en la mayoría de los ejemplares, como en el estribo de chivo de la fotografía 47 a 10X. O

bién puede tener un espacio articular (2), como en el conejo, en los roedores y en 6 primates.

- 48 - Unión incudo-malear, o del martillo-yunque en silla, y que puede ser móvil (1) con cápsula y líquido sinovial biaxial, con dos ejes, muy poco adherida, o inmóvil (2) y muy adherida.

La unión martillo-yunque (incudo-malear), es sinovial, en silla, y por consecuencia es móvil (1), está provista de cápsula y en su interior hay líquido sinovial. Por tener dos ejes de movimiento es biaxial, y poco adherida, tal es el caso de la mayoría de los ejemplares aquí estudiados como ejemplo, el perisodáctilo: asno de la fotografía 31 a 10 aumentos; en algunos casos es inmóvil (2) y muy adherida como pasa en los roedores, y en 6 primates.

- 49 - Unión de la membrana con el martillo (timpano-malear), es pegada por medio de una membrana fibrosa o del tipo sinartrósis, que es fija (S), sin movimiento, o móvil (N).

La unión de la membrana timpánica con el martillo (timpano-malear) se realiza por adhesión del hueso por medio de una articulación fibrosa o sinartrosis (S), no presenta movimiento, y de esta manera se observa en todos los animales estudiados, como ejemplo se observa en la fotografía 48 la membrana timpánica de una zorra a 10 aumentos.

- 50 - Fusión de todas las articulaciones entre los huesecillos (S), o presencia de articulaciones sin fusión (N).

Las articulaciones de los huesecillos pueden endurecerse (anquilosarse) y perder su movilidad (S), de esta manera, los encontramos únicamente en 4 artiodáctilos. En el resto de los ejemplares no están fijos, ni endurecidos y sus articulaciones se pueden mover (N).

- 51 - Unión del proceso lenticular y la cabeza del estribo del tipo esferoidea poliaxil (1) o anfiartrosis poco móvil (2).

La unión del proceso lenticular y la cabeza del estribo es en general del tipo esferoidea y respecto a su eje es poliaxil (1), movable, en la mayoría de los ejemplares estudiados, excepto en los insectívoros, quirópteros, y lagomorfos, donde es poco móvil (2), debido a que este proceso es cartilaginoso en estos casos.

CARACTERÍSTICAS REFERENTES A LA HISTOLOGÍA DEL OIDO.

MEDIO

- 52 - Membrana timpánica con 3 capas (2), o dos (1).

La membrana timpánica en todos los ejemplares tiene tres estratos o capas de células (2) que se engruesan en

algunos sitios más que en otros; en algunos ejemplares hay diferencias de grosor de estos estratos y en ocasiones, da la apariencia de tener sólo dos (1) como se muestra en la fotografía 49, donde se aprecian las fibras radiales y circulares de una membrana timpánica de gato a 400 aumentos. La primera capa o estrato que es la túnica mucosa que tapiza la superficie interna no tiene glándulas, es en general un epitelio columnar pseudoestratificado, y la tela submucosa es una capa densa de colágena. El segundo estrato es de fibras colágenas que son externas radiales y van desde el centro de la membrana a la periferia y las fibras internas son circulares, van en círculos concéntricos; además entre ellas está una delgada red de fibras elásticas, que tienen una red de vasos sanguíneos y linfáticos (por ejemplo la fotografía 2 de la membrana timpánica de el humano a 320 aumentos y en la fotografía 3 de humano a 16 aumentos). El tercer estrato lo forma una cubierta externa de piel muy delgada y un revestimiento externo de epitelio cúbico simple. Por otra parte, la membrana timpánica secundaria que cubre a la ventana coclear o redonda está cubierta por epitelio.

53 - Capa mucosa con células con grosor de 20 a 30 micras, de tipo epitelial cúbico pseudoestratificadas (1), o estratificadas (2).

La túnica mucosa de la membrana timpánica se presenta con un grosor aproximado de 20 a 30 micras, con

células de tipo epitelial cuboideo pseudoestratificado (1), y casi todos los ejemplares que se estudiaron la presentan. Provistas únicamente de células de epitelio cuboideo estratificado (2) encontramos únicamente a las membranas timpánicas de gato y tres monos.

54 - Membrana flácida de Shrapnell carece de fibras colágenas y fibras elásticas (S), o las presenta (N).

La porción flácida de la membrana timpánica (membrana de Sharpnell), se presenta sin las fibras colágenas, y sin las fibras elásticas (S) en todos los ejemplares. En esta porción sólo se encuentra la túnica mucosa, la cutánea y es flácida por no tener el sosten de las fibras del estrato medio. Se aprecia a poco aumento en la fotografía 21 a 25 aumentos, de un humano en la porción superior derecha del manubrio.

55 - Tejido de revestimiento de la cavidad timpánica del tipo comprensible epitelial plano o cúbico (1), o columnar ciliado (2).

El tejido de revestimiento de la cavidad timpánica es comprensible y elástico, es un epitelio plano (1) o columnar ciliado (cilíndrico) (2). En todos los ejemplares aquí estudiados con las técnicas histológicas, se encontró epitelio plano como se observa en la fotografía 1 de humano a 25 aumentos, y sólo se observó el epitelio ciliado en la tuba timpánica.

56 - Huesecillos revestidos por epitelio pavimentoso simple (S), o sin éste (N).

Los huesecillos del oído están revestidos de epitelio plano simple en todos los ejemplares aquí estudiados (S), y ninguno carece de este epitelio (N). Por otro lado, después de decalcificarse los huesecillos a los 5 días de exposición a la solución decalcificadora, se observó que son de tejido óseo denso, con bastante irrigación entre su tejido, como se observa en la fotografía 4 del corte de un martillo de rata a 400 aumentos, teñido con hematoxilina y eosina.

VI.2 - MORFOMETRICOS

A) Descripción y resultados generales.

Estadísticas básicas de las 31 variables.

Los promedios originales de cada una de las 31 variables y de cada una de las 21 características (de la I a la XXI), de las 47 especies, aparecen en el Cuadro de Datos Originales de medidas y pesos 1-A, y en el Cuadro 2-A, aparecen los promedios originales de cada una de las 10 medidas compuestas (de la A a la J), de las 47 especies.

Con las 20 distintas mediciones hechas en: cabeza, cavidad timpánica y huesecillos del oído medio, en 125 mamíferos, (por lo que fueron 2,500 mediciones en total), de 47 especies diferentes que abarcan 9 distintos órdenes, hicimos un análisis estadístico. Este análisis se extendió también a la medida consultada y a las 10 características resultantes de combinar entre sí las anteriores medidas.

En el Cuadro 3-A, se hace la descripción estadística de las 31 variables, los valores mínimo (Mn) y máximo (Mx), abarcan todas las especies, esto es, en todas las ocasiones la población es la misma (N = 47), y se

C U A D R O 1 - A

DATOS ORIGINALES DE MEDIDAS Y PESOS DE LAS XXI CARACTERISTICAS

Ordenes	MARTILLO					YUMBE					ESTRIBO					MEMBRANA CAU					PUDO					LONGITUD				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	XXI	XXII	XXIII	XXIV	XXV	XXVI	XXVII	XXVIII	XXIX	XXX
1 R	10	10	10	20	32	10	12	10	13	4	9	4	10	9	40	22	80	190	120	100	56	41								
2 R	10	15	37	40	10	20	12	13	8	15	11	14	5	50	30	70	400	300	300	67	120									
3 I	15	25	30	50	5	20	10	20	4	15	10	15	10	70	50	70	200	100	90	43	32									
4 R	10	10	30	50	2	10	7	10	2	9	4	10	5	50	50	60	200	100	90	21	9									
5 I	9	12	40	70	5	13	12	15	5	15	13	12	0	60	20	90	210	160	90	35	41									
6 R	10	24	35	50	0	15	10	15	8	15	12	10	12	50	30	70	420	290	120	50	73									
7 R	10	25	30	50	5	20	10	20	6	20	9	15	10	50	30	70	270	100	90	42	25									
8 R	15	23	22	60	2	20	9	10	5	20	6	13	19	52	20	80	300	200	89	37	23									
9 R	30	19	29	30	10	23	10	13	6	21	8	12	9	60	60	62	350	230	100	30	10									
10 R	15	20	30	52	0	20	10	20	5	20	9	13	10	52	23	50	200	170	100	33	21									
11 R	10	10	30	30	5	20	10	15	6	22	10	17	5	50	30	60	310	210	90	30	16									
12 A	30	40	70	120	20	90	20	29	20	60	30	22	17	120	110	150	327	630	160	400	600									
13 A	20	22	52	70	11	30	14	23	7	19	15	17	22	60	60	75	230	630	200	312	103									
14 R	20	15	50	90	10	20	20	25	9	20	15	20	15	100	100	122	250	1100	160	257	200									
15 A	30	22	50	83	9	20	10	20	10	17	10	15	70	60	90	220	660	350	270	200										
16 A	30	20	60	90	10	12	9	15	10	24	13	20	10	90	60	112	530	950	173	249	145									
17 A	32	26	52	73	20	30	23	19	7	19	13	15	12	100	80	150	670	730	270	245	104									
18 A	15	30	60	65	12	32	15	20	10	23	9	13	20	70	65	72	254	560	235	310	110									
19 A	25	27	53	67	17	30	27	20	9	20	12	16	17	70	60	70	600	610	110	221	63									
20 A	20	23	46	76	10	12	23	12	10	25	15	12	23	80	70	83	520	430	232	195	70									
21 A	13	30	30	70	12	24	10	15	9	19	14	12	15	60	50	75	600	500	172	165	100									
22 A	20	20	40	70	10	30	20	30	20	12	13	10	10	70	70	75	230	300	131	143	80									
23 P	30	27	90	190	12	25	17	20	12	23	10	20	12	82	70	130	1200	710	200	275	190									
24 P	20	23	60	62	12	30	20	30	10	17	10	10	10	70	62	120	970	530	150	273	235									
25 P	20	10	60	70	5	20	15	10	10	20	10	15	10	70	40	130	900	470	150	222	145									
26 P	30	25	50	70	15	20	12	15	10	17	10	17	10	90	60	150	950	600	160	216	151									
27 C	30	32	72	100	12	60	60	62	10	40	19	30	15	100	95	120	820	600	27	320	170									
28 C	30	20	60	80	14	25	30	25	10	30	22	10	10	60	65	115	551	100	35	310	143									
29 C	30	30	50	90	13	10	12	10	6	15	14	13	12	70	65	115	760	300	20	290	60									
30 C	30	20	30	60	10	20	15	20	10	30	17	15	13	100	80	110	620	430	23	290	110									
31 C	20	30	20	30	10	23	10	12	5	15	15	13	16	30	30	70	300	150	60	212	51									
32 C	30	30	80	32	10	25	15	25	10	30	15	20	12	120	120	120	630	300	60	261	145									
33 C	30	25	30	70	10	23	12	13	10	17	12	12	17	70	60	75	700	643	90	247	75									
34 C	25	30	62	60	13	30	20	30	9	23	12	12	10	50	50	60	625	600	31	230	85									
35 C	20	20	50	75	10	32	30	30	10	25	15	20	17	80	70	80	320	120	30	252	60									
36 C	15	20	60	67	5	23	10	12	5	15	13	13	16	60	50	60	770	100	24	223	60									
37 C	30	12	30	30	4	16	10	10	12	10	10	5	50	50	80	700	350	25	219	70										
38 C	25	16	32	75	10	20	10	20	10	20	11	16	5	100	60	100	600	300	20	219	53									
39 Pr	20	30	30	60	6	20	14	20	9	20	15	17	12	75	63	120	640	600	210	167	170									
40 Pr	20	20	20	60	5	20	22	24	12	23	13	20	15	80	62	95	640	600	270	130	83									
41 Pr	20	20	34	53	6	20	19	13	9	15	11	20	10	70	60	90	620	300	276	127	75									
42 Pr	23	23	60	62	10	20	15	10	9	20	16	20	10	72	61	100	610	320	210	121	80									
43 Pr	20	20	60	62	0	22	16	20	9	16	16	15	10	70	60	90	700	600	212	115	30									
44 Pr	23	25	30	60	7	20	16	17	9	23	14	10	10	70	65	120	620	370	230	130	31									
45 Pr	23	21	37	90	8	20	12	16	9	30	17	20	10	69	63	120	600	610	200	120	70									
46 Pr	23	25	30	60	7	20	15	9	19	10	13	10	10	72	60	95	600	370	200	122	63									
47 Pr	23	23	42	70	8	20	16	19	2	12	12	19	10	70	50	100	630	300	170	110	60									

Unidades mm

C U A D R O 2 - A
DATOS ORIGINALES DE MEDIDAS COMPUESTAS O RELATIVAS

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1 N	410	46.30	29.30	24.40	691	26.3	24.44	1.90	14.29	13.66
2 N	1000	40.00	30.00	30.00	1170	129.6	9.09	1.33	10.45	5.50
5 F	320	48.10	34.40	17.30	1170	125.7	9.27	2.70	16.20	13.64
6 F	390	31.30	25.40	23.10	1170	47.6	27.70	2.22	42.06	23.53
9 F	460	45.70	34.20	19.60	520	133.2	4.10	2.33	27.27	8.90
6 R	790	33.20	31.40	18.20	1170	141.6	8.33	3.50	14.50	7.75
7 R	540	50.00	33.50	16.70	1170	141.4	8.33	3.00	16.47	16.00
8 R	509	56.90	34.00	15.10	817	94.2	8.87	3.37	21.42	16.09
9 R	600	51.50	33.00	14.70	1003	131.9	14.29	3.50	16.32	21.11
10 R	550	50.90	30.90	10.20	939	141.4	6.44	2.00	15.15	15.71
11 R	610	50.00	34.40	14.00	1319	172.0	7.64	3.44	20.00	10.73
12 A	1311	40.20	47.30	12.50	10367	402.5	11.00	3.21	3.49	10.73
13 A	1540	41.00	40.40	12.00	1083	223.0	8.42	3.65	2.40	17.05
14 A	2210	43.00	49.00	7.20	7054	204.2	30.44	5.94	4.57	13.35
15 A	1710	43.10	37.40	20.50	3299	133.5	24.71	2.04	3.24	13.90
16 A	1661	32.00	37.20	10.00	2027	265.5	10.43	3.11	4.16	10.53
17 A	1690	39.40	44.40	16.00	6263	194.0	32.39	2.40	6.12	23.56
18 A	1049	24.20	33.40	22.00	3314	142.4	21.90	1.00	2.25	20.91
19 A	1320	45.50	44.20	8.30	3299	100.3	17.50	5.45	5.33	34.00
20 A	1174	44.30	35.00	19.90	4390	294.5	14.93	2.22	4.26	26.00
21 A	1202	39.90	45.00	14.30	2356	200.9	11.20	2.79	4.55	9.17
22 A	001	26.10	56.00	17.10	3040	100.5	20.42	1.52	5.23	16.23
23 P	2110	34.90	33.40	9.50	4508	325.2	13.06	6.00	5.44	10.33
24 P	1650	50.00	32.10	9.10	3408	247.0	12.76	6.47	4.40	11.42
25 P	1520	59.20	30.90	9.90	3299	202.7	11.67	6.00	5.60	14.00
26 P	1990	59.70	30.20	10.10	3770	213.6	17.65	8.90	6.90	10.36
27 C	1297	63.20	34.70	2.10	7461	596.9	12.50	30.37	3.75	10.82
28 C	406	00.50	14.40	3.10	2474	549.0	4.50	13.74	3.43	22.24
29 C	000	77.40	20.40	2.00	3000	164.9	21.32	50.00	3.90	51.44
30 C	1073	57.00	40.10	2.10	4203	400.6	13.69	26.96	4.41	23.27
31 C	430	66.70	24.40	0.90	1964	176.7	11.11	7.30	3.30	41.57
32 C	1370	60.40	36.50	2.92	11310	333.6	32.00	20.75	4.40	10.00
33 C	1273	30.10	34.00	7.10	3299	160.2	20.99	0.22	3.04	32.93
34 C	1067	59.20	37.90	2.90	2199	216.0	10.14	20.19	2.85	27.45
35 C	470	60.10	25.50	6.00	4390	294.5	14.93	10.67	3.45	49.00
36 C	094	06.10	11.20	2.70	2334	153.2	15.30	32.00	3.06	44.46
37 C	1095	65.70	32.00	2.30	1964	94.2	20.83	20.00	3.43	31.29
38 C	000	63.00	32.40	2.20	4712	172.0	17.27	30.00	4.57	23.58
39 Pr	1210	32.00	31.30	15.30	3632	300.7	17.59	8.14	7.19	9.82
40 Pr	1370	47.20	31.50	21.30	3094	234.0	16.99	2.22	7.04	16.27
41 Pr	1374	40.40	29.00	21.40	3299	129.6	25.45	2.25	7.00	16.93
42 Pr	1140	53.90	20.10	10.40	3449	251.3	13.72	2.90	0.26	15.13
43 Pr	1312	53.40	30.30	14.10	3299	201.1	16.41	3.30	7.03	20.71
44 Pr	1210	51.20	30.40	10.20	3374	232.9	14.13	2.02	10.00	30.91
45 Pr	1710	49.40	33.90	16.50	3323	247.0	13.19	3.00	12.00	16.47
46 Pr	1200	54.00	29.40	16.00	3393	149.2	22.74	3.40	7.79	20.37
47 Pr	1170	30.10	29.70	15.20	2749	113.1	24.31	3.63	6.40	24.50

Unidades

cm

g

g

g

g

cm

presentan de cada variable, su media aritmética (\bar{X}), la desviación standard (s) y el coeficiente de variabilidad ($V=100s/\bar{X}$).

CUADRO 3-A DESCRIPCION ESTADISTICA DE CADA VARIABLE.					
Longitudes, en mm.	Mn.	\bar{X}	s	V	Mx
Martillo					
I Distancia anillo-martillo	9	20.51	6.72	32.78	35
II Longitud cabeza	10	22.30	6.09	27.31	40
III Longitud manubrio	20	43.57	15.12	34.71	90
IV Longitud total	30	66.11	21.38	32.34	150
V Proceso anterior	0	9.09	4.35	47.91	20
Yunque					
VI Diámetro cuerpo	10	22.43	7.08	31.56	50
VII Proceso corto	7	14.74	5.90	40.04	40
VIII Proceso largo	10	19.28	6.47	33.58	42
Estribo					
IX Diámetro cabeza	2	8.36	2.98	35.65	20
X Diámetro anteroposterior de la base	7	20.32	6.53	32.16	40
XI Diámetro dorsoventral de la base	4	13.15	4.26	32.42	30
XII Longitud de los pilares	10	15.96	4.14	25.94	30
XIII Agujero obturado	3	12	4.42	36.82	23
Membrana timpánica					
XIV Diámetro máximo	40	71.6	18.70	26.31	120
XV Diámetro mínimo	20	56.66	22.05	38.91	120
Cavidad timpánica					
XVI Diámetro	50	96.23	27.26	28.33	150
Pesos, en mg					
XVII Martillo	190	570.36	238.75	41.84	1200
XVIII Yunque	100	394.11	220.37	55.92	1100
XIX Estribo	20	138.72	86.17	62.11	350
A Suma de los tres	390	1103.38	440.23	39.90	2210

	Mn	\bar{X}	s	v	Mx
Superficies, en mm²					
E Timpano	628	3409.32	2287.54	67.10	11310
F Ventana vestibular	28	224.14	151.91	67.78	942.5
Longitudes en cm.					
Cabeza del espécimen					
XX Diámetro antero-posterior	21	180.3	101.60	56.34	430
Cuerpo del espécimen					
XXI Largo	9	98.89	73.12	73.94	400
Porcentajes					
B Peso martillo/ total	26	52.56	12.17	23.15	86.1
C Peso yunque/ total	11.2	34.32	9.20	26.80	57.2
D Peso estribo/ total	2	13.25	6.88	51.92	30
I Cavidad timpánica/ cabeza	2.26	8.55	7.67	89.79	42.86
J Cabeza/largo	5.58	21.12	10.77	50.98	61.46
Veces una medida en otra, homologa					
G Superficies Timpano/vent. vestibular	4.1	16.36	7.74	47.33	38.46
H Pesos Martillo/ estribo	1.08	8.17	9.87	120.78	38

Características de la población y de las variables.

Se obtienen primero las características estadísticas de la población estudiada (N = 47 especies), para saber qué tipo de comportamiento tiene esta población y sus variables.

Las 47 especies distribuidas en los 5 grupos de órdenes ya mencionados en la metodología, constituyen una población, que desde el punto de vista estadístico es muy heterogénea, en la que todos los ejemplares se incluyeron, que no ha sido obtenida por muestreo de la población mayor, ya que los datos surgieron de la oportunidad de contar con las cabezas de diversos especímenes, para estudiar sus oídos medios.

Las variables estudiadas son también heterogéneas: dieciséis de ellas son mediciones de longitudes en diezmilímetros, realizadas con técnicas adecuadas y mucha precisión; tres de ellas son producto de pesos en diezmiligramos, y una medición, solamente, la del diámetro anteroposterior de la cabeza, tiene las propiedades de las variables manejadas con frecuencia en morfometría con propósitos estadístico-descriptivos; además, una variable macro, que, fue obtenida por consulta de catálogo, de manera que no corresponde a los mismos individuos en quienes se hicieron las 20 mediciones.

Por lo anterior, es de esperarse que la variabilidad relativa (V), sea, en este estudio, bastante mayor a la que se obtiene cuando las mediciones se realizan en individuos de una misma especie similares en edad, sexo o algunas otras características adicionales y seleccionadas por alguna técnica de muestreo.

Consideramos que esta población estadística, no es ortodoxa, y por lo dicho, tampoco puede esperarse que lo sea, y en eso se basa su importancia para los estudios morfométricos: el estar compuesta solamente de especies diferentes agrupadas en 9 órdenes de mamíferos.

Probablemente en una investigación apoyada con muchos recursos económicos, puedan cubrirse ciertas condiciones para estudios estadísticos más completos, pero es básico explorar primero, si vale la pena emprender dicha investigación, después de conocer los resultados obtenidos en una población heterogénea, como la que ahora manejamos.

Mediciones cuyos promedios son diferentes

Si son 16 las longitudes dadas en diezmilímetros, es apropiado localizar aquellas que puedan agruparse o considerarse como equivalentes, es decir, que no tengan diferencias estadísticamente significativas entre sus medias, a pesar de la diferencia aritmética de sus valores.

Si utilizamos la prueba de significación "t" de Student, y establecemos y aceptamos el criterio de que una diferencia entre dos medias aritméticas es significativa si la probabilidad de que se presente es a lo sumo de 1%, pueden reducirse las 16 longitudes submilimétricas a solamente 9, lo que, a su vez, permite formar 9 conjuntos de variables que pueden estimarse como

diferentes entre sí, y ellos son los que aparecen en el Cuadro 4-A.

CUADRO 4-A AGRUPACION DE VARIABLES EQUIVALENTES.

v	\bar{X}	$\bar{X} \pm$ error estándar	variables
28	96.2	92.2 a 100.2	diámetro de la cavidad timpánica. XVI
29	68.6	65.6 a 71.5	diámetro máximo de la membrana del tímpano, longitud total del martillo, XIV IV
34	56.7	53.4 a 59.9	diámetro mínimo de la membrana del tímpano, XV
35	43.6	41.4 a 45.8	longitud del manubrio del martillo. III
29	22.4	21.7 a 23.0	diámetro del cuerpo del yunque, longitud de la cabeza del martillo, distancia del anillo al martillo, VI II I
33	20.0	19.5 a 20.6	diámetro anteroposterior de la base del estribo, longitud del proceso largo del yunque X VIII

v	X	X ± error estándar	Variables
33	15.4	14.8 a 15.9	longitud de los pilares del estribo XII longitud del proceso corto del yunque, VII
35	12.6	12.1 a 13.0	espacio del agujero obturado, XIII diámetro dorsoventral de la base del estribo XI
20	8.7	8.3 a 9.1	longitud del proceso anterior del martillo, V diámetro de la cabeza del estribo, IX

Si consideramos las pequeñas variaciones de estos promedios que están comprendidos en el espacio permitido por + el error estándar de la media, pueden establecerse otras relaciones, como se ve en el Cuadro 5-A:

CUADRO 5-A. RELACIONES ENTRE LOS GRUPOS DE VARIABLES.

- a') Longitud total del martillo (variable IV). = 70% de la cavidad timpánica. (variable XVI).
-
- b') Diámetro mínimo de la membrana del tímpano (variable XV). = 80% del diámetro máximo de la membrana timpánica (variable XIV).
-
- c') Longitud del manubrio + distancia anillo-martillo (variables III + I). = 90% del diámetro máximo de la mem-

		brana del tímpano (variable XIV).
d')	Distancia del anillo timpánico al martillo (variable I).	= 45% largo del manubrio (variable III).
e')	Proceso anterior del martillo (variable V).	= 40% cabeza martillo (variable II).
f')	Proceso largo del yunque (variable VIII).	= 90% diámetro del cuerpo yunque (variable VI).
g')	Pilares del estribo (variable XII).	= 75% del diámetro anteroposterior de la base del estribo (variable X).
h')	Cabeza del estribo (variable IX).	= 70% del agujero obturado (variable XIII).

La variabilidad de las variables

En las 31 variables los coeficientes de variabilidad relativa adquieren 3 grados diferentes de magnitud, dado que los coeficientes pequeños se separan de los medios y los medios de los grandes por si solos, se toma en cuenta este criterio para separarlos en tres grupos (además, el promedio de estos coeficientes es de 45.5, la desviación standard es de 21 y se forman los 3 grupos del siguiente modo: coeficientes menores a la media aritmética, coeficientes mayores de la media aritmética, hasta más una sigma y coeficientes mayores de más una sigma).

a)	Coefficientes pequeños, de 23 a 42 :	19	variables.
b)	Coefficientes medios, de 47 a 62 :	07	variables.

c) Coeficientes grandes, de 67 y más : 05 variables.
total: 31

Las distintas variables pueden subdividirse, según la naturaleza de las unidades utilizadas en:

- 1) Diezmilímetros y diezmiligramos, que son los huesecillos, 19
 - 2) Sus porcentajes y comparaciones homologas. 8
 - 3) Milímetros y centímetros (cabeza y largo del individuo y sus porcentajes 4
- total 31

La distribución de los coeficientes de variabilidad según su magnitud se distribuyen en estas tres clases de variables, mencionadas en el Cuadro 6-A.

CUADRO 6-A DISTRIBUCION DE COEFICIENTES DE VARIABILIDAD.

	tipos de variables			
	1	2	3	suma
a) Coeficientes pequeños	16	3	-	19
b) Coeficientes medios:	3	4	-	07
c) Coeficientes grandes:	-	1	4	5
total:	19	8	4	31

Se observa que las micromediciones presentan las menores variabilidades, los porcentajes y comparaciones homologas presentan más frecuentemente coeficientes de variabilidad de magnitud media y las longitudes en milímetros y centímetros ofrecen las variabilidades mayores.

Los valores de variabilidad encontrados son mayores a los que se observan cuando se miden individuos de la misma especie, pero puede admitirse, en principio, que esos valores bosquejan la existencia de parámetros de orden general para esta morfometría heterogénea, que puede ser útil en otros análisis, ya que los coeficientes denominados menores son los esperados en una curva normal y los denominados medios son sumamente frecuentes en muchos fenómenos biológicos.

Comparación entre los órdenes.

Recordemos que los nueve órdenes de las 47 especies fueron reunidos en cinco grupos, ya que en uno sólo, indicado con la letra R (de pequeños mamíferos) se incorporaron otros cuatro de similar tamaño y de frecuencia mínima.

R = mamíferos pequeños	11	especies
Pr = primates	9	"
P = perisodáctilos	4	"
C = carnívoros	12	"
A = artiodáctilos	11	"
total:	47	"

Después de calcular las medias aritméticas de una misma variable en los 5 órdenes se determinaron las diferencias que existen entre ellas y se valoró la probabilidad que tienen estas diferencias de ocurrir por

azar. Mediante la prueba de t se determina esa probabilidad.

Una probabilidad de $\leq .010$ (1%) o menos, es muy estricta, y se puede usar cuando se trata con datos de una sola especie, y con una población grande. Entre más pequeña sea la población o se usen datos de distintas especies, quizás sea más apropiado manejar una probabilidad mayor, más tolerante, por ejemplo una probabilidad de $\leq .050$ (5% o menos), y que clásicamente se usa en estudios biológicos.

De esta manera, según las circunstancias se manejan límites de probabilidad distintos. Algunos de estos límites más frecuentemente usados son:

0.100	o menos
0.050	o "
0.025	o "
0.010	o "
0.005	o "
0.001	o "

Se usa la expresión "nivel de significación" para referirse a cada uno de estos topes máximos de probabilidad. Cuando usamos cualquiera de esos niveles, y cuando ocurre que la probabilidad es mayor a tal nivel, se dice que no es significativa, con lo que se trata de decir que la diferencia probablemente se debe al "azar", esto es, que los grupos cuyas medias fueron comparadas, son similares en cuanto a la variable estudiada, o que son subconjuntos de un mismo conjunto.

Para comparar las medias de una misma variable entre los 5 grupos, se tienen que hacer 10 comparaciones ($5 \times 4/2$) y valorar la probabilidad del azar de cada una de ellas (prueba "t"). De estas comparaciones iniciales se localizan los órdenes que están asociados entre sí, esto es, aquellos cuyas medias no se diferencian significativamente, así como aquellos órdenes cuyas medias sí se diferencian significativamente. En un siguiente paso los que resultan ser semejantes se manejan como si fuesen un solo grupo y se repite el procedimiento indicado de análisis: cálculo de las medias aritméticas y la significación de sus diferencias, pero ahora entre los grupos de órdenes asociados entre sí. Los resultados de esta segunda fase pueden representarse mediante esquemas geométricos, en donde un punto indique que todos los órdenes están asociados entre sí y, por consiguiente, no están diferenciados. Y al unir mediante una línea esos puntos, esta indicará que existe diferenciación entre los grupos. Todas las posibilidades de asociación-diferenciación entre los 5 órdenes producirán las figuras que se describen en el Cuadro 7-A.

CUADRO 7-A EXPLICACION DE LAS POSIBLES RELACIONES DE LAS
VARIABLES REPRESENTADAS EN FIGURAS.

fig. pentagonales, si los 5 órdenes están totalmente diferenciados entre sí.

fig. rectangulares, si dos órdenes se asocian para formar un grupo y los otros tres están

diferenciados entre sí y de esa primera pareja.

fig. triangulares, si tres órdenes se asocian para formar un grupo, y los otros dos están diferenciados, o si se forman dos parejas de órdenes asociados, y se diferencian ellas entre sí y con el quinto orden.

fig. lineales, si se agrupan 2 y 3 respectivamente, o si solamente uno de los órdenes es diferente a los demás.

fig. puntuales, si ningún orden se diferencia de los demás.

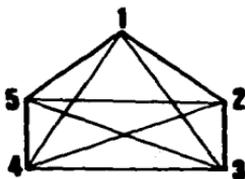
En la figura 24, se presentan los esquemas gráficos que corresponden a las 5 posibilidades de asociación - diferenciación de los 5 grupos de órdenes, tal y como fueron descritos en el Cuadro 6-A.

El número indica alguno de los 5 órdenes indistintamente, el vértice de las diferentes figuras representan a los órdenes que se asocian, porque no son diferenciados significativamente entre ellos, pero sí de los demás, y la unión de los vértices por la línea, indica la diferenciación entre ellos.

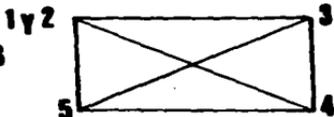
En este análisis se conservan las 31 variables originales y dado que no se está calculando la media aritmética para cada una de las 47 especies, sino solamente para un solo orden (que incluye varias

ESQUEMA DE LAS POSIBILIDADES ASOCIACION-DIFERENCIACION ENTRE LOS CINCO ORDENES

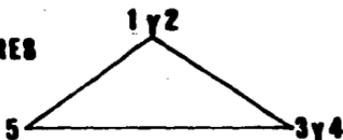
PENTAGONALES



RECTANGULARES



TRIANGULARES



LINEALES



FIG. 24

PUNUALES

1, 2, 3, 4 y 5

especies), o de las especies de los órdenes asociados, el nivel de significación de la prueba "t" que se usa ahora es de 0.05 o menos, en vez del de 0.01 utilizado cuando se compararon las medias de las 47 especies. (Cuadro 3-A).

El resultado de este análisis se resume en la figura 25 (Esquemas de los grupos de órdenes asociados por diferentes variables), que aparece en la siguiente hoja, en donde se indican los órdenes que se agrupan o se diferencian significativamente de todos los demás, así como las variables que asumen uno u otro de los esquemas citados. Los valores correspondientes aparecen en cada uno de los capítulos que siguen, a medida que se presentan el análisis de los datos.

Se puede leer el esquema de la figura 25, si pensamos que cuando 2 o más órdenes se agrupan, en todos ellos la variable o variables correspondientes adquieren la misma magnitud.

En los esquemas de la figura 25, se señala lo siguiente:

- Las agrupaciones de los esquemas lineal, triangular y rectangular que se formaron de los órdenes de roedores, insectívoros, marsupiales, quirópteros, lagomorfos que se abrevian con la letra R; los primates Pr; los perisodáctilos P; los carnívoros C; y los Artiodáctilos A, cuya separación se indica por una línea

**ESQUEMAS GRAFICOS DE LOS GRUPOS DE ORDENES ASOCIADOS
POR DIFERENTES VARIABLES**

esquema	ordenes					variables
	R	Pr	P	C	A	
lineal						III
"						XIII, C
"						I, II, VII, VIII, IX, X, XI, XII, XIV, XV, E, F, G
triangular						IV, V, VI, XX
	A	R	Pr	P	C	
triangular						H
	C	R	P	A	Pr	
triangular						XIX
"						J
	R	Pr	C	A	P	
triangular						XVIII, XXI
"						XVI, XVII
rectangular						A
"						I'
"						B, D

FIG. 25

vertical que señala cuales órdenes se encuentran compartiendo una determinada variable.

- El número romano de la derecha, se refiere a la característica ya mencionada en la metodología.

Por ejemplo, en la figura 25, en el primer renglón, de acuerdo a la característica III (longitud del manubrio), se forma un esquema lineal, en donde se observa que el grupo de pequeños mamíferos (R) y primates (Pr), están agrupados por un lado, debido a que sus medias aritméticas son iguales, y no tienen diferencias estadísticamente significativas, en comparación con el otro grupo de perisodáctilos P, Carnívoros C, y artiodáctilos A, que tienen una media diferente al grupo anteriormente mencionado.

En el cuadro de la figura 25, aparecen 12 modelos de esquemas, donde 3 de ellos son lineales, 6 triangulares y 3 rectangulares.

Es interesante advertir que ninguna de las variables produjo la figura pentagonal, esto es, que ninguna aparece diferenciada totalmente en cada uno de los 5 órdenes, ni la figura puntual, esto es, que ninguna variable está totalmente indiferenciada.

Al analizar la figura 25, se deduce que cada uno de los 5 órdenes se diferencia de todos los demás en un

conjunto definido de variables, siendo la magnitud de este conjunto como sigue:

grupo	R	se diferencia en	24	variables de	los demás.			
"	Pr	"	"	"	6	"	"	"
"	P	"	"	"	6	"	"	"
"	C	"	"	"	6	"	"	"
"	A	"	"	"	4	"	"	"

El hecho de que no siempre se asocien las mismas variables o magnitudes de los mismos órdenes (Fig. 25), permite sugerir el uso taxonómico (no simple o directo) de las 31 variables utilizadas, siempre que se utilice un programa complejo de análisis.

Los criterios que pueden sugerirse para estos propósitos son:

1) Usar aquellas variables en las que un orden determinado presenta una media aritmética diferente a todas las demás, con base en las estadísticas ahora establecidas, que corresponden a los esquemas de la figura 25 y cuyos valores concretos irán apareciendo en cada uno de los próximos capítulos.

2) Usar aquellas variables en las que el valor máximo de un orden o grupo de órdenes sea igual o inferior al valor mínimo hallado en otro.

B) CAVIDAD TIMPANICA

En esta sección se deben consultar los anexos estadísticos del B-1 al B-7, y se analizan las variables XVI, XX, XXI, I', J y las gráficas 1 y 2.

En la cavidad timpánica se midió el diámetro vertical que sigue al eje del martillo y al que nos referimos en los siguientes comentarios (variable XVI).

Para efectos de comparación se midió el diámetro anteroposterior de la cabeza (variable XX) en centímetros, sin embargo, en este capítulo se expresará la medida de la cabeza en milímetros para facilitar los cálculos.

Posteriormente se calculó el porcentaje que el diámetro vertical de la cavidad timpánica representa, respecto del diámetro anteroposterior de la cabeza de cada espécimen, (variable I'). Para este cálculo es necesario convertir a milímetros el diámetro de la cavidad, por eso se multiplica por 10. La fórmula es la siguiente:

$$10 \frac{\text{cavidad, en diez milímetros}}{\text{cabeza, en milímetros}} \text{ por } 100$$

De esta manera se pudieron trabajar tres variables, y estudiar sus relaciones: cavidad, cabeza y el cociente de la cavidad en relación a la cabeza expresada en porciento.

En el total de los 47 especímenes los resultados estadísticos son (para consultar los mismos datos con mayor precisión, ver parte inferior del anexo estadístico B-1).

CUADRO 1-B CAVIDAD TIMPÁNICA, CABEZA DEL ESPECIMEN Y SU RELACION PORCENTUAL.

	XVI cavidad (dmm)	XX cabeza (mm)	I cavidad/cabeza (%)
mínimo	50	21	2.3
media	96	180	8.6
variabilidad	28	56	90
máximo	150	320 y 430 * (ledn) (hipop.)	43
máx/mín.	3	15 y 20	19

* Se señalan dos máximos, el del ledn, que es el más grande de 46 especies, cuyas dimensiones están relativamente próximas, y el del hipopótamo, porque es demasiado grande, en comparación a las medidas de los demás especímenes.

Es particularmente importante la relativa constancia del diámetro de la cavidad timpánica (coeficiente de variabilidad = 28), respecto de la diversidad de tamaños que asume la cabeza de los individuos estudiados (coeficiente de 56). Puede decirse que la cavidad timpánica es una estructura muy estable.

Cavidad y cabeza

Se calculó el coeficiente de correlación, entre las medidas de la cabeza y de la cavidad, por una parte, y entre el logaritmo de la medida de la cabeza y la medida original de la cavidad, por la otra. En los dos casos,

el coeficiente de correlación r es altamente significativo: $p < = 0.01$. aunque el valor mismo es bajo ($r = 0.50$). Las funciones que regulan la covariación de ambas variables aparecen en el Cuadro 2-B, con los números 1 y 2.

También se calcularon las correlaciones entre la longitud de la cabeza y el porcentaje que representa la cavidad timpánica respecto de la cabeza, por una parte, y entre los logaritmos correspondientes a esas mismas variables. La significación de ambas correlaciones es muy alta: $p < = 0.001$, y en esta ocasión los valores de los coeficientes son altos: -0.76 y -0.94 respectivamente. Las funciones que regulan la covariación de ambas variables en sus dos modalidades, aparecen en el Cuadro 2-B, con los números 3 y 4. (Ver también anexo estadístico B-1).

Es conveniente recordar aquí, que al calcular la correlación y las funciones de covariación respectivas (ecuaciones de las líneas de regresión), se observa primero la gráfica de distribución de las dos variables a correlacionar, construida con las unidades originalmente manejadas, y de esta observación se desprende si, además, es conveniente explorar nuevas correlaciones usando los logaritmos de esas unidades, ya sea de una, de otra, o de las dos variables.

CUADRO 2-B. CORRELACIONES DE CAVIDAD TIMPANICA Y

		CABEZA.		
X	Y	r	función	
1) cabeza (mm)	cavidad timpánica (dmm)	0.50	$y = 72.2 + 0.133x$	
2) log.cabeza	cavidad timpánica (dmm)	0.50	$y = 12 + 39.13 \log x$	
3) cabeza	porciento (%) de la cav./ cabeza	-0.76	$y = 18.9 - 0.0573x$	
4) log.cabeza	log. del porciento cav./cabeza	-0.94	$\log y = 2.5769 - 0.819 \log x$	

Estos resultados, indican que el tamaño de la cavidad timpánica es mayor a medida que es más voluminosa la cabeza, y la función que describe su covariación (número 1 del Cuadro 2-B), precisa que la cavidad timpánica a partir de la cantidad de 72 dmm, crece 1.3 dmm por cada mm que aumenta el tamaño de la cabeza.

Sin embargo, las mayores correlaciones se dan entre la longitud de la cabeza y el porcentaje que de ella, ocupa la cavidad timpánica (Cuadro 2-B, núm. 3 y núm. 4). Puede establecerse la existencia de una relación muy precisa entre los logaritmos de sus dimensiones (Cuadro 2-B, núm. 4). La función que describe esta última relación está expresada en el Cuadro 2-B, en logaritmos de las unidades, y al transformarla nuevamente en las unidades originales, queda expresada como sigue:

Porciento de la cavidad/cabeza = 370.9 multiplicado por la longitud de la cabeza elevada a la potencia

-0.819. Como la correlación tiene signo negativo, se entiende que a medida que crece la cabeza, disminuye la proporción que de ella ocupa la cavidad.

En la gráfica número 1 se presentan los 47 porcentos individuales y los porcentajes teóricos que tendrían según la función indicada con el número 4, del Cuadro 2-B, transformada ya, esta función a las unidades originales, como se dice en el párrafo anterior.

Los valores numéricos reales y teóricos de esta gráfica, aparecen en el anexo estadístico B-2).

Diferencias y semejanzas entre los órdenes

Los cinco órdenes en que se agrupan las especies estudiadas presentan magnitudes diferentes en estas tres variables. El Cuadro 3-B, muestra sus medias aritméticas en los cinco agrupamientos. Los demás valores estadísticos pueden consultarse en el anexo estadístico B-3.

Es también oportuno recordar, en este momento, lo que se explicó en el capítulo anterior (A Descripción y Resultados Generales.- Comparación entre los Órdenes), para facilitar la lectura del Cuadro 3-B y, en lo sucesivo, todos los cuadros en que aparecen las medias aritméticas de los órdenes, ya que los datos que en estos cuadros aparecen, no son los promedios originales de cada orden, sino el promedio de los conjuntos de órdenes cuyas medias aritméticas no tenían diferencias significativas

entre sí, pero con la seguridad de que cuando aparecen en estos mismos cuadros las medias aritméticas son diferentes en un orden o conjunto de órdenes, y estas medias sí son significativamente diferentes de las otras.

CUADRO 3-B. MEDIAS ARITMETICAS EN LOS CINCO ORDENES DE LA CAVIDAD. CABEZA Y % CAVIDAD/CABEZA.

orden	XVI cavidad (dmm) \bar{X}	XX cabeza (mm) \bar{X}	I cavidad/cabeza (%) $\frac{\bar{X}}{\bar{X}}$
mamíferos			
pequeños (R)	72	41	19.5
primates (Pr)	99	128	8.4
carnívoros (C)	99	255	3.9
artiodáctilos (A)	99	255	3.9
perisodáctilos (P)	138	255	5.6

El llamado R por estar formado en gran parte por roedores, como se explicó en la metodología, pero que también agrupa quirópteros, lagomorfos y marsupiales, es el que presenta las cavidades timpánicas más pequeñas, y también las cabezas más cortas pero, en cambio, el porcentaje que aquellas ocupan de éstas, es el mayor de todos.

Los carnívoros (C) y artiodáctilos (A), son los que tienen una cavidad timpánica que ocupa el menor espacio relativo de la cabeza.

La cavidad de los perisodáctilos (P) es notoriamente la mayor, y la cabeza es del mismo tamaño que en los C y A. Por ese motivo, el porcentaje que de la cabeza ocupa

la cavidad, es mayor al de los artiodáctilos y carnívoros.

Los primates ocupan una posición intermedia entre los roedores por un lado y los carnívoros, artiodáctilos y perisodáctilos por el otro.

Puede afirmarse que este aumento progresivo de las dimensiones de las cavidades y cabezas, son características en estos órdenes, por lo que puede ser aprovechable taxonómicamente esta variable.

Cavidad, cabeza y largo del espécimen

Los elementos que se eslabonan en esta parte del estudio son la cavidad timpánica, la cabeza que la contiene y el organismo total del que forma parte, representado, para el efecto de estas mediciones, por el largo total del individuo, expresado en cm (Variable XXI).

También aquí procede calcular el porcentaje que la cabeza ocupa del largo total del cuerpo (variable J). Para este cálculo es necesario primero convertir a centímetros el diámetro anteroposterior de la cabeza multiplicándolo por 10. La fórmula para este cálculo es como sigue:

$$J = \frac{10 \text{ diám. anteroposterior de la cabeza, (cm)} \times 100}{\text{largo total, (cm)}}$$

En el total de las 47 especies, los valores estadísticos de las dos nuevas variables (largo y % cabeza/largo, o sean las variables XXI y J, respectivamente), son como se indican en el Cuadro 4-B (para mayor precisión ver el anexo estadístico B-4, parte inferior).

CUADRO 4-B LARGO DEL CUERPO Y DE LA CABEZA CON RESPECTO AL LARGO TOTAL DE ESPECIMEN.

	XXI largo (cm)	J cabeza/largo (%)
minimo	9	5.6
media	99	21.1
variabilidad	74	51.0
maximo	400	61.0
máx/mín.	44.4	11.0

Si comparamos las medias aritméticas de las tres variables absolutas (cavidad, cabeza y largo), en las mismas unidades resultar las siguientes relaciones:

CUADRO 5-B COMPARACION DE MEDIAS ARITMETICAS DE LA CAVIDAD TIMPANICA, CABEZA Y LARGO TOTAL.

Número de veces que una estructura cabe en otra.

medidas:		cavidad veces	cabeza veces	largo total veces
cavidad	96 dmm	1	19	103
cabeza	1800 dmm	-	1	5.5
largo	9900 dmm	-	-	1

Dada la desproporción entre las dimensiones de la cavidad timpánica y el largo del animal, se hace evidente

la dificultad de estudiar directamente su relación, pero también se advierte la posibilidad de hacer aproximaciones sucesivas, como se verá más adelante.

Las correlaciones encontradas entre la cabeza y el largo en unidades originales, entre el % cabeza/largo y el largo, y entre los logaritmos del % cabeza/largo y largo aparecen en el Cuadro 6-B (ver también anexo estadístico B-4).

CUADRO 6-B. CORRELACION CABEZA Y % CABEZA/LARGO, CON LARGO TOTAL.

X	Y	r	función
1) largo, en cms.	cabeza, en mm.	0.73	$y = 79.4 + 1.02X$
2) largo, en cms.	% cabeza/largo	-0.37	$y = 26.5 - 0.05X$
3) log. largo	log.% cab./ largo	-0.30	$\log.y = 1.62 - 0.1837 \log. X$

En el Cuadro 6-B se advierte que la correlación del renglón número 1, es muy alta y positiva, esto es, que el diámetro anteroposterior de la cabeza crece correlativamente al tamaño del individuo. Según la función que allí mismo aparece, el diámetro anteroposterior de la cabeza, desde una base de 79 mm, aumenta un milímetro por cada centímetro de longitud del cuerpo total.

Al revés de lo que ocurre en la relación cavidad-cabeza, la correlación cabeza-largo es más baja cuando se usa el % que la cabeza ocupa respecto del largo total del individuo (renglones 2 y 3 del Cuadro 6-B).

Cavidad, cabeza, y largo, según órdenes

Las dos nuevas variables (largo y % cabeza/largo) agrupan y diferencian los órdenes, según sus medias aritméticas, como se indica en el Cuadro 7-B (para consultar los demás valores estadísticos, ver el anexo estadístico B-5).

CUADRO 7-B. MEDIAS ARITMETICAS DE LARGO Y % DE LA CABEZA/LARGO DE LOS CINCO ORDENES.

Ordenes	XXI largo (cm.)	J cabeza/largo (%)
R Peq. mamíferos	38	14.5
Pr primates	85	19.9
C carnívoros	85	31.4
A artiodáctilos	163	19.9
P perisodáctilos	163	14.5

Se observa que los mamíferos pequeños tienen valores iguales en la correlación cabeza/largo, y los primates y artiodáctilos también.

Si juntamos estos resultados (del cuadro 7-B) con los del cuadro 4-B, las medias aritméticas de las variables nos ofrecen un esquema de semejanzas y diferencias características.

CUADRO 8-B MEDIAS ARITMETICAS DE LARGO, CABEZA, CAVIDAD, % CABEZA/LARGO Y % CAVIDAD/CABEZA EN LOS 5 ORDENES.

	largo	cabeza	cauidad	%cabeza	%cauidad
R	38	41	72	14.5	19.5
Pr	85	128	99	19.9	8.4
C	85	255	99	31.4	3.9
A	163	255	99	19.9	3.9
P	163	255	138	14.5	5.6

Las magnitudes de las variables absolutas (las tres primeras), son crecientes si observamos los 5 grupos en el ordenamiento señalado.

$$R < Pr < C < A < P$$

En cambio, las relativas, esto es, los porcentajes, se ordenan como sigue:

$$\% \text{ cabeza/largo} = (R = P) < (Pr = A) < C$$

$$\% \text{ cavidad/cabeza} = R > Pr > P > (A = C)$$

Desde el punto de vista de estas cinco variables, cada uno de los ordenes estudiados presenta un perfil característico, único, no compartido con ningún otro orden.

Correlaciones de cavidad, cabeza y largo en cada orden.

Al examinar los coeficientes de correlación - y sus niveles de significación - en el total de las 47 especies, se hizo notar que las llamadas correlaciones rectilíneas (calculadas con las unidades originales de las variables), producían resultados distintos que las llamadas correlaciones curvas (calculadas con los logaritmos de una o de las dos variables). Además, los resultados también son diferentes si para representar la variable menor de cada pareja, se usan sus unidades originales - o sus logaritmos - o se usa el porcentaje que esa variable representa de la otra mayor. Las

correlaciones han sido, calculadas con las posibilidades indicadas en el Cuadro 9-B.

CUADRO 9-B CORRELACIONES DE LAS VARIABLES XVI, I', XX, J, XXI.

Variable "y" (menor)	Variable "x" (mayor)
XVI - Cavidad timpánica (diámetro vertical) 1) unidades originales (dmm) 2) logaritmos de las variables.	XX - Cabeza (diámetro anteroposterior) 1) unidades originales (mm) 2) logaritmos de las unidades.
I' - % Cavidad/cabeza 1) porcentajes 2) logaritmos de los porcentajes.	
XX - Cabeza (diámetro anteroposterior) 1) unidades originales (mm) 2) logaritmos de las unidades	XXI - Largo del espécimen 1) unidades originales 2) logaritmos de las unidades.
J - % Cabeza/largo del espécimen 1) porcentajes 2) logaritmos de los porcentajes.	

Estas exploraciones y otras más que pueden idearse (por ejemplo, correlacionar el % cavidad cabeza, con el el % cabeza/largo, tanto entre los porcentajes directos, como entre los logaritmos de una, otra, o las dos variables) al llevarse a cabo nos dan una gran cantidad de resultados, y esto, tratándose solamente de los 3 aspectos que aquí estamos considerando.

Hasta ahora, hemos mostrado que, al considerar el total de las 47 especies:

- todas las correlaciones son significativas a un nivel aceptable de probabilidad de que no deriven de efectos azarosos.

- Son positivas las correlaciones cuando usamos las unidades originales.

- son negativas las correlaciones cuando usamos los porcentajes.

- son mayores las correlaciones en las que se usan los logaritmos en el caso de la pareja cavidad timpánica-cabeza.

- son menores las correlaciones en la que se usan los logaritmos, en el caso de la pareja cabeza-largo del espécimen.

- es más notorio el contraste, de ser mayor o menor a las demás correlaciones, en las dos parejas de fenómenos, cuando usamos los logaritmos de las dos variables y una de estas variables es el porcentaje que ella representa de la otra.

En general, como se hará cada vez más evidente, las funciones exponenciales (relacionadas con el uso de logaritmos en el cálculo de la correlación), son más apropiadas para describir fenómenos biológicos que las funciones rectilíneas (relacionadas con el uso de las unidades originales), ya que estas últimas agotan más rápidamente sus posibilidades de extrapolación y no

presentan una descripción susceptible de conceptualizaciones biológicas.

Esta larga consideración, aún siendo metodológica, se explica en este lugar porque así se hace más comprensible, sin embargo, es válida para otros puntos que seguirán tratándose en esta exposición de resultados.

Los resultados más significativos obtenidos en cada orden, en lo que toca a correlaciones, son precisamente los obtenidos con los logaritmos de las dos variables y usando en todos los casos (como "y"), el porcentaje que la variable menor representa de la otra, la mayor (siendo la mayor, siempre, la variable "x").

Además de presentar para cada orden los coeficientes de correlación (r) y la magnitud de probabilidad máxima de que esos coeficientes se deban al azar (p), se muestran los valores que resultan de agrupar los órdenes en nuevos conjuntos, como se hizo en el caso de las medias aritméticas.

Para la pareja cabeza y % cavidad/cabeza, los dos agrupamientos diferenciados son: pequeños mamíferos y todos los demás órdenes.

Para la pareja largo y % cabeza/largo, los tres agrupamientos diferenciados son: pequeños mamíferos, primates y todos los demás órdenes.

En el Cuadro 10-B, se presentan estos resultados y puede consultarse, para mayor detalle, el anexo estadístico E-6.

CUADRO 10-B COEFICIENTES DE CORRELACION (r), Y SU NIVEL DE SIGNIFICACION (p).

(X) log. cabeza.	(y) log % cavi- dad/cabeza	(x) log. largo. (y) log. % cabeza/largo	r	p
R	-0.886	-0.946	0.001	0.001
Pr	-0.369	-0.989	-	0.001
C	-0.142	-0.947	-	0.001
A	-0.513	-0.809	-	0.005
P	-0.825	-0.825	-	-
todos	-0.939	-0.301	0.001	0.025
(Pr +CAP)=	-0.775	-0.908	0.001	0.001

Se considera que en el conjunto de órdenes la correlación cabeza (x) log. % cavidad/cabeza (y), es muy alta pero prácticamente desaparece o no tiene significación estadística, cuando se estudia en cada orden (excepto en roedores) y surge nuevamente cuando se hace el agrupamiento de los 4 órdenes distintos a R. por lo contrario, la correlación log. largo log. % cabeza que es muy baja en el total de órdenes, adquiere magnitudes significativas importantes cuando se estudia por separado cada orden (excepto perisodáctilos). Y mucho más notable cuando se hace agrupamiento de los 3 órdenes: C + A + P.

Estos agrupamientos surgen de modo claro de la observación de la distribución de los datos de las variables asociadas en las gráficas correspondientes (ver

gráficas 1 y 2) en donde puede apreciarse que cada agrupamiento de órdenes se separa de los demás agrupamientos, pero dentro de cada uno de ellos si ocurre la superposición de valores de uno u otros de los órdenes agrupados.

Dicho de otro modo, así como resultan grupos de órdenes de la comparación estática de las medias aritméticas, también aparecen grupos de órdenes similares en lo que se refiere a sus correlaciones y a las funciones que rigen la covariación entre sus magnitudes, y grupos de órdenes diferentes entre si, desde estos mismos puntos de vista. Estas funciones que distinguen a los agrupamientos son las que aparecen en el Cuadro 11-B.

CUADRO 11-B FUNCIONES QUE RIGEN LA RELACION EN CADA AGRUPAMIENTO DE ORDENES Y EN EL TOTAL.

A		B	
(X) log. cabeza		(Y) log. % cavidad/cabeza	
R	log y = 2.94052	-	1.056 log x
Pr+C+A+P	log y = 2.72899	-	0.882 log x
todos	log y = 2.5692	-	0.815 log x
(X) log. largo		-(Y) log. % cabeza/largo	
R	log y = 2.0256	-	0.615 log x
Pr	log y = 2.74	-	0.8 log x
C+A+P	log y = 2.98	-	0.8 log x
todos	log y = 1.62	-	0.184 log x

Estas funciones, una vez expresadas en las unidades originales (en sus antilogaritmos), son las que permiten construir las líneas "teóricas", que describen la covariación en cada agrupamiento de órdenes. Las funciones que aparecen en las gráficas número 1 y 2, ya

GRAFICA 1

RELACION DE LA CABEZA Y CAVIDAD
TIMPANICA / CABEZA.

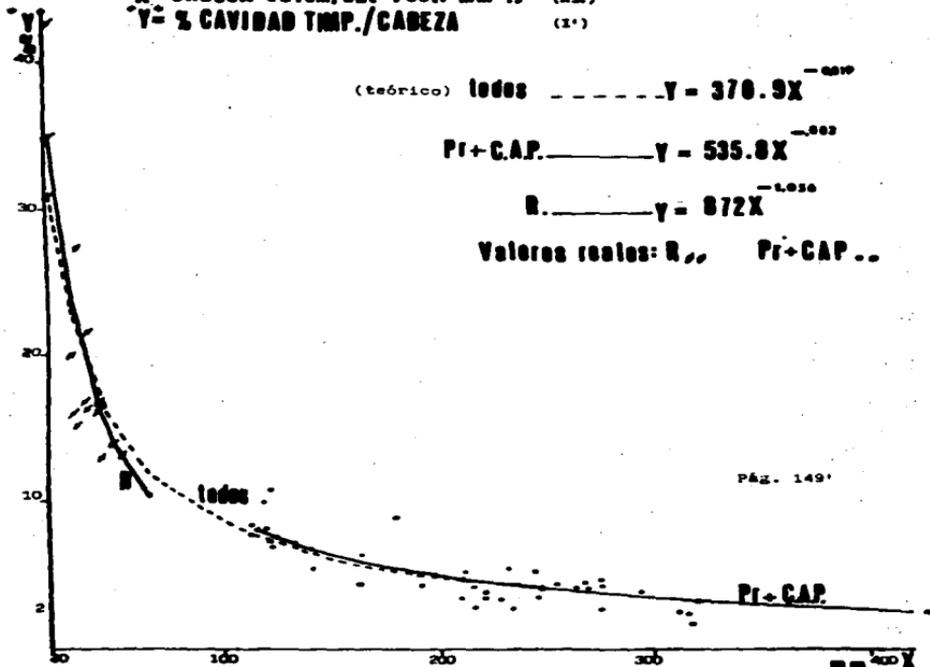
X = CABEZA (diam. ant-post. mm.) (X₁)
Y = % CAVIDAD TIMP./CABEZA (Y₁)

(teórico) todos $Y = 370.8X^{-0.699}$

Pr + C.A.P. $Y = 535.8X^{-0.603}$

R. $Y = 872X^{-1.036}$

Valores reales: R,, Pr + C.A.P.,



están expresadas en sus unidades originales, así como las escalas de los ejes de las "x" y de las "y".

En la gráfica número 1, se presentan todos los resultados para la cabeza - % cavidad/cabeza.

Todos los 47 puntos (cada punto representa una especie), se distribuyen a lo largo de la curva teórica calculada con el total de las especies, pero las especies correspondientes a los pequeños mamíferos (R), se sitúan precisamente en la parte superior izquierda de la curva, diferenciándose claramente de todas las demás, y la curva teórica que describe a los R, se aproxima bastante en forma y ubicación a la curva del total. Todas las demás especies se ubican en la parte inferior de la curva general, y aunque en el dibujo no se hace notar, los distintos órdenes se revuelven unos con otros, sin ocupar campos distintos en ese espacio, sin embargo, este gran grupo puede ser descrito con su propia función y curva, la que se aproxima e incluso confunde con la curva general.

En este caso, puede decirse que la curva general es la expresión de una ley descriptiva de la relación entre la pareja de valores considerada para todas las especies estudiadas: " a medida que el diámetro anteroposterior de la cabeza de un animal es mayor, el porcentaje de él representa el diámetro vertical de la cavidad timpánica va siendo menor", esta expresión queda cuantificada con la función ya indicada.

$$y = 370.9 x^{-0.819}$$

Y es altamente confiable que la correlación entre las dos variables es bastante alta ($r = -0.94$), y muy significativa ($p < 0.001$).

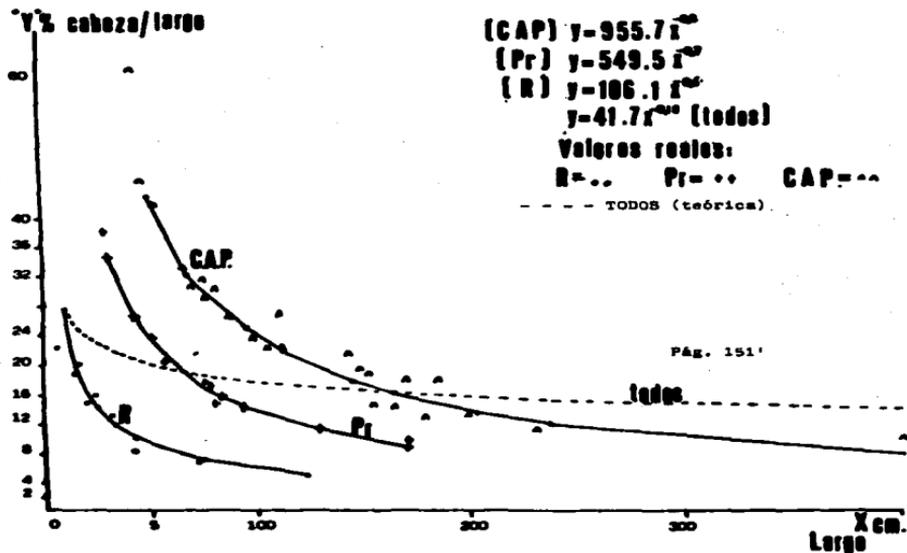
Además, como caso particular, el grupo de pequeños mamíferos se distingue de todos los demás por ocupar un espacio definido de esa curva, con los valores más bajos del logaritmo del diámetro de la cabeza y con los valores más altos del logaritmos del porcentaje que la cavidad ocupa de la cabeza, pudiendo describirse este grupo, sin ser necesario, con su propia función.

En la gráfica número 2, se presentan todos los resultados para la pareja largo del espécimen - % cabeza/largo, las funciones que rigen las curvas teóricas ya aparecen expresadas en sus unidades originales. Los valores numéricos reales y teóricos de cada especie, pueden ser consultados en el anexo estadístico B-7.

En este caso, las especies de los pequeños mamíferos (R), se ubican en una zona muy definida del espacio limitado por las coordenadas, el rincón inferior izquierdo, agrupándose claramente alrededor de la curva teórica construida con la función correspondiente a este grupo; los primates ocupan otro espacio también diferenciado y exclusivo para ellos, agrupándose sus espacios alrededor de su respectiva curva teórica; y el

GRAFICA 2

LONGITUD DEL ESPRIMIDOR EN cms. (X) vs
PORCIENTO DE CARGA/LARGO.
(J).



conjunto de especies de los tres órdenes restantes (CAP), se ubican en un tercer espacio exclusivo.

Los tres conjuntos, R, Pr y CAP, se orientan según sus correspondientes curvas teóricas, y éstas se expresan por funciones homólogas, exponenciales negativas, que son prácticamente paralelas, ubicadas en estratos o niveles diferentes del espacio gráfico, y los respectivos coeficientes de correlación son muy altos y muy significativos.

La función que resulta del total de las 47 especies es otra exponencial negativa, que pasa a través de las 3 curvas particulares y no describe con propiedad alguna tendencia general que riga la covariación de las dos variables: largo del espécimen (x) y % cabeza/largo (y); por consiguiente, el coeficiente de correlación que resulta del uso de los logaritmos de las dos variables, es como ya se dijo, sumamente bajo y menor al que resulta de usar las unidades originales (no sus logaritmos), esto es, el que resulta de asumir que la covariación es rectilínea y no curva.

Dicho de otro modo, la ley que describe la relación entre estas dos variables podría expresarse: "a medida que el largo del espécimen es mayor, el porcentaje que el diámetro anteroposterior de la cabeza ocupa de ese largo va siendo menor conforme a una función exponencial negativa", pero sin que pueda hablarse de que esta ley tenga una expresión cuantitativa general y única, sino

diferente, según los órdenes a que pertenezcan las especies de que se trata: una base y un exponente que rigen cada curva en un estrato diferente, advirtiéndose claramente diferenciados tres estratos y espacios distintos:

- el menor para los pequeños mamíferos
- el intermedio para los primates
- el mayor para los órdenes CAP, indistintamente.

Todo esto nos conduce a precisar por qué se habló de aproximación eslabonada entre las magnitudes de la cavidad timpánica y las del largo del cuerpo. La enorme diferencia de sus dimensiones no impide captar sus relaciones: la cavidad se conecta conforme alguna ley general a la dimensión de la cabeza y esta se conecta conforme a otros principios al largo del individuo, de manera que si existe relación entre los extremos de esta cadena, nada más que se trata de una conexión complejísima cuya descripción no es el propósito actual de este estudio sino solamente hacerla notar, ya que para poder manejarla en la práctica que se requiere de estudios complementarios dirigidos especialmente a ese fin.

C ENTRADA Y SALIDA

En esta sección se pueden consultar los anexos estadísticos del C-1 al C-4, y se analizan las variables X, XI, XIV, XV, E, F, G, y las gráficas 3,4 y 5.

Membrana Timpánica (Entrada)

Las variables usadas para conocer las características morfométricas de la entrada del sonido a la cavidad timpánica fueron: el diámetro máximo de la membrana timpánica (variable XIV), el diámetro mínimo de la misma membrana (variable XV), y la superficie de dicha membrana (variable E), calculada con los diámetros señalados sobre el supuesto de que tiene una forma elíptica.

Al calcular la correlación entre los dos diámetros se puede estimar si sus dimensiones están asociadas entre sí. Por el examen de la gráfica de las dos variables en un sistema de coordenadas, usando las unidades originales en una y sus logaritmos en otra, se establece la posibilidad de una variación proporcional de alguna otra forma de covariación.

Las variaciones de la superficie de la membrana timpánica pueden también correlacionarse con otras de las variables pertinentes, como el de la superficie de la ventana vestibular. Además, todas estas exploraciones pueden hacerse en cada uno de los 5 grupos de órdenes, y

no solamente en el total de las especies, y hacer comparaciones entre ellas, según los resultados que surjan de estas exploraciones morfométricas.

Es claro que lo dicho se aplica no solamente a este capítulo sino a los anteriores y posteriores, pero valga para una mayor y mejor aclaración del procedimiento, que pudiera ser redundante pero oportuna.

Para las variables que se han mencionado como descriptivas de la entrada, o de la membrana timpánica los valores estadísticos generales para las 47 especies son las que aparecen en el Cuadro 1-C (ver también el anexo estadístico C-1).

CUADRO 1-C MEMBRANA TIMPÁNICA - DIÁMETROS Y SUPERFICIE

	Diámetros (dmm)		Superficie elíptica (dmm)
	Máximo	Mínimo	
Mn	40	20	628
X	71	57	3409
s	19	22	2288
v	26	39	67
Mx	120	120	11310

En promedio, como es de esperarse, los diámetros máximo y mínimo difieren en sus valores, sin embargo los máximos son iguales. En realidad, en 6 de las 47 especies, ambos diámetros son iguales por lo que pueden estimarse como circulares, y en los 41 restantes se confirma el supuesto de elipticidad, por lo que nos parece que este supuesto puede manejarse en lo sucesivo con propiedad.

Recuérdese que el cálculo de la superficie de una elipse se hace del mismo modo que la superficie de un círculo y que la única diferencia consiste en separar los dos diámetros en el caso de la elipse (dividido cada uno entre dos), lo que no es necesario en el caso del círculo por ser iguales (por esto en el círculo se calcula el cuadrado del radio, esto es, la mitad de un diámetro por la mitad del otro diámetro).

Los 5 especímenes con sembrana circular fueron 2 artiodáctilos (antílope Nyala y pecari) y 3 carnívoros (gato, lobo y tejón), dado que no se apreció en ellos ninguna otra característica peculiar, se consideraron como un caso extremo de disminución progresiva de la elipticidad, como se verá mas adelante.

Al explorar estas tres variables (los dos diámetros y la superficie), por órdenes, se advirtió que se comportan conforme al modelo que hemos llamado lineal, encontramos en uno de sus extremos los mamíferos pequeños (R) y en el otro el conjunto de todos los demás órdenes (ver el capítulo A, pág. 119 y B, pág. 139), es consistente el hecho de que el grupo de roedores y pequeños mamíferos presentan las dimensiones menores y el resto de los órdenes, indistintos entre sí, en una o en otra de las tres variables, presentan las dimensiones mayores, lo que puede verse en el Cuadro 2-C (ver también anexo estadístico C-1).

CUADRO 2-C MEMBRANA TIMPANICA POR GRUPOS DE ORDENES

	Diám. Máx.		Diám. Mfn.		Superficie	
	(R)*	(T-R)**	R	(T-R)	R	(T-R)
Mn	40	50	20	40	628	1885
\bar{x}	52	77	30	65	1104	4113
v	16	22	30	27	31	53
Mx	70	120	50	120	1885	11310

* R = Roedores, ** T-R = todos menos roedores.

Esta información permite ver que el grupo R tiene una superficie casi de 4 veces menor que el resto de los órdenes y sobre todo, que este resto no presenta diferencias significativas entre los promedios de los órdenes que lo comprenden. Recuérdese al respecto lo que se dijo en el capítulo A).

Las medidas de los diámetros máximo y mínimo del grupo R, son también menores a las de los demás, pero proporcionalmente es menor en el caso del diámetro mínimo: la media del diámetro máximo en el grupo R es 67% de la del de los demás órdenes, y la del mínimo en R es de 46% de la de los demás órdenes, es decir, que en promedio, los del grupo R (mamíferos pequeños), tienen una membrana timpanica más elíptica que los demás órdenes.

Es sabido que la máxima superficie relativa del círculo es mayor que las de las elipses, y que en éstas últimas la superficie relativa es cada vez menor si es más alargada la elipse.

Aquí, la diferencia es de grado, más elíptica en el grupo R y menos elíptica en los demás órdenes.

Los coeficientes de correlación entre las variables XIV y XV, esto es, entre los diámetros máximo y mínimo de la membrana timpánica, tanto si se consideran las 47 especies o dentro de cada uno de los dos conjuntos de órdenes (R y todos los demás) que se han diferenciado significativamente en estas variables (ver en el anexo estadístico C-1, que los niveles de significación de la diferencia entre sus medias son menores de 0.001), nos muestran una intensa asociación entre ellas, sin necesidad de modificar sus valores originales (sin usar sus logaritmos), lo que permite estimar la función que rige la relación entre una y otra (consideramos como "Y" el diámetro mínimo y como "X" el máximo) usamos una expresión directa, lo que nos da simplemente una relación de las denominadas rectilíneas.

Los coeficientes de correlación entre los dos diámetros de la membrana timpánica son los que aparecen en el Cuadro 3-C (ver también el anexo estadístico C-1).

Se recuerda el significado de las letras contenidas en ese cuadro:

r = coeficiente de correlación.

p = probabilidad de significación de que ese coeficiente se deba al azar.

f = función que describe la relación entre las dos variables,

donde Y = diámetro mínimo (variable XV)

X = diámetro máximo (variable XIV)

R = orden de mamíferos pequeños, incluidos los roedores (11 especies comprendidas).

T-R = todos los demás órdenes considerados como un conjunto (36 especies).

T = todos los órdenes (47 especies).

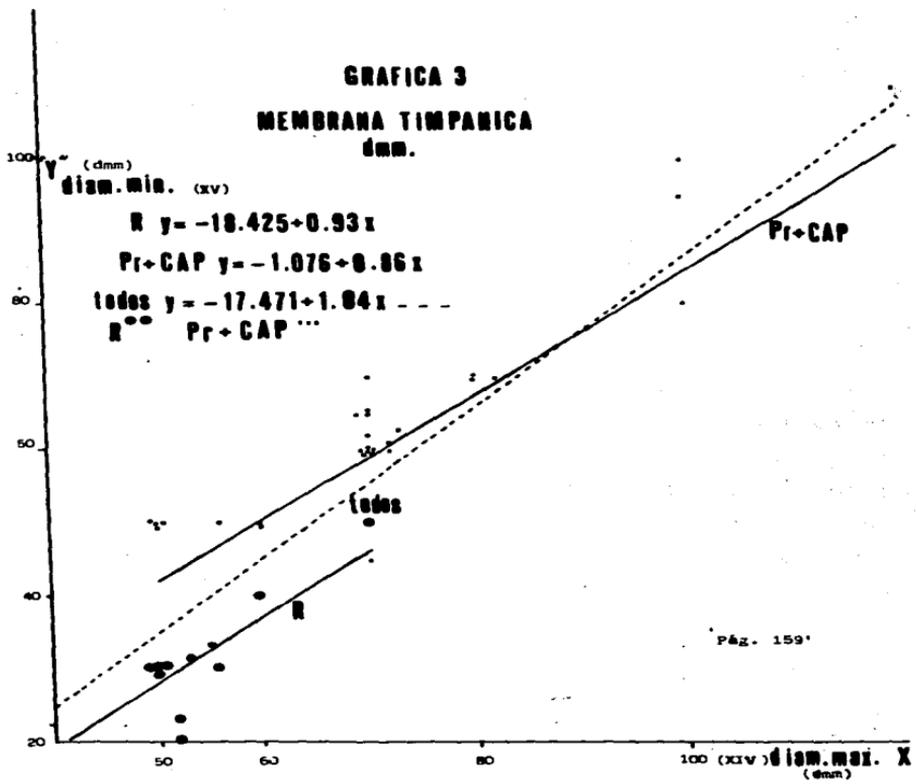
CUADRO 3-C MEMBRANA TIMPANICA - CORRELACION ENTRE DIAMETROS

	r	P	f	
R	0.86	0.001	$Y = -19.4250$	$+ 0.9257 X$
T-R	0.82	0.001	$Y = - 1.0756$	$+ 0.8580 X$
T	0.88	0.001	$Y = -17.4713$	$+ 1.0431 X$

Las funciones que expresan las relaciones teóricas entre dos variables no pueden extrapolarse tal cual, sino solamente haciendo reflexiones adicionales. En este caso, la función rectilínea que aparece en el Cuadro 3-C, para el total de las especies, si se usa para extrapolar, esto es, para calcular el diámetro mínimo a partir de valores más altos que los hallados en estas especies para el diámetro máximo, conduciría a suposiciones absurdas, como se indica en el siguiente párrafo.

Pero si se interpreta con propiedad y se usa solamente para describir una asociación definible y precisa dentro de condiciones biológicas bien establecidas, nos resulta sumamente útil, precisamente para ese propósito descriptivo (ver gráfica número 3).

GRAFICA 3
MEMBRANA TIMPANICA
dmm.



El hecho de que en las funciones del Cuadro 3-C, el coeficiente de la variable X sea inferior a la unidad en los dos conjuntos de órdenes que se han diferenciado (R y T-R), mantiene la hipótesis elipsoidal para la membrana timpánica en uno y otro conjunto, cualquiera que sea el valor del diámetro máximo (x), porque al multiplicarse por el coeficiente indicado dará para el diámetro mínimo, siempre, un valor menor. En cambio, la descripción en el caso de la totalidad de órdenes, contiene un coeficiente mayor a la unidad, lo que implicaría la posibilidad numérica de que para supuestas dimensiones mayores el diámetro máximo (x), en un momento dado las membranas timpánicas fuesen circulares y en otro momento, fuesen nuevamente elípticas, pero invirtiéndose en ese momento la posición de lo que ahora se llaman diámetros máximo y mínimo, esto es, una situación absurda, como se dijo en el párrafo anterior. Si es o no posible lo anterior, de todas maneras nos muestra (lo que ocurrirá también con otras variables que se examinarán más adelante) que la función resultante de la asociación de dos variables en la totalidad de las especies estudiadas, no describe siempre con propiedad la naturaleza de los datos obtenidos en esta investigación.

Este último hecho es importante porque estamos trabajando con un conjunto amplio y heterogéneo de especies y órdenes.

El explorar las peculiaridades morfométricas de un conjunto de esta naturaleza permite advertir si ciertas constantes y relaciones se presentan como fenómeno general ó como fenómeno de subconjuntos (T-R).

En el caso particular de los diámetros de la membrana timpánica, por lo que se acaba de decir, es consistente la descripción estadística de cada uno de los dos conjuntos de órdenes con la hipótesis elíptica, sin embargo, la descripción ofrecida por la totalidad de las especies es apropiada en lo general pero la función resultante es inadecuada.

En otros términos, y refiriéndonos a la función que describe la relación en el total de las 47 especies, a medida que la membrana timpánica es más grande, disminuye su elipticidad, pero esta tendencia tiene un límite de crecimiento dado por las dimensiones de la cavidad timpánica. Si la cavidad es una estructura estable, la membrana también lo es, y por consiguiente estos límites permiten que los valores no lleguen al extremo absurdo, ya mencionado, de que la membrana pierda su forma y posición características. Puede adelantarse, que las estructuras anatómicas del interior de la cavidad timpánica han de tener igual estabilidad, o mayor aun, que la estabilidad ya mencionada de dicha cavidad.

Ventana vestibular (salida)

La base del estribo, casi coincidente con la abertura de la ventana vestibular, puede considerarse representativa de la "salida" de los fenómenos físicos relacionados con la audición que ocurren en el interior de la cavidad timpánica.

De la base del estribo se midieron, como en el caso de la membrana timpánica, los dos diámetros característicos de su forma elíptica: el anteroposterior o máximo (variable X) y el dorsoventral o transverso (variable XI), se calcula con ellos la superficie elíptica de la misma base, lo que es equivalente a la abertura de la ventana vestibular (variable F).

Los valores estadísticos de estas tres variables, para la totalidad de las 47 especies consideradas son los que aparecen en el Cuadro 4-C (ver también anexos estadísticos C-2 y C-3).

	CUADRO 4-C	VENTANA VESTIBULAR		- DIAMETROS Y SUPERFICIES
		Máximo	Mínimo	
Mn		9	4	28
X		20	13	224
v		32	32	60
Mx		40	30	943

El promedio de ambos diámetros acusa una diferencia entre ellos proporcionalmente mayor a la observada con

los diámetros de la membrana timpánica. En esta última, el promedio del mínimo es el 80% del promedio del máximo, en la ventana el del mínimo es el 65% de el del máximo. En promedio los diámetros sugieren una mayor elipticidad de la ventana y, por tanto, una menor superficie relativa.

Con los promedios de los diámetros puede calcularse la superficie elíptica que correspondería a una elipse con esos diámetros y compararse con las superficies promedio efectivamente obtenidas en:

CUADRO 5-C SUPERFICIES DE LA MEMBRANA Y LA VENTANA

	calculada	promedio	calculada/promedio
membrana	3179	3409	0.93
ventana vestib.	204	224	0.91
membrana/ventana	15.6	15.2	

Los datos del Cuadro 5-C nos aseguran la consistencia y propiedad de los procedimientos empleados, ya que los resultados promedios son similares con ambos procedimientos: si calculamos la superficie promedio de todas las superficies individuales y calculamos la superficie con los promedios de los dos diámetros.

Al examinar estas tres variables, de la ventana vestibular (diámetros y superficie) en los 5 órdenes en que hemos agrupado las especies, se diferencian solamente dos grupos (recuérdese que los agrupamientos de órdenes se hicieron según que las diferencias entre sus medias aritméticas fuesen o no significativas):

R por un lado, T-R por el otro (ésto es: $Pr + C + A + P$) conforme al modelo lineal más frecuentemente encontrado en este estudio (recuérdese lo mencionado en el capítulo A, pág. 130, y figuras 24 y 25).

Los valores estadísticos comparables, la media aritmética y el coeficiente de variabilidad, son los que aparecen en el Cuadro 6-C (ver también anexos estadísticos C-2 y C-3).

CUADRO 6-C VENTANA VESTIBULAR - VALORES ESTADÍSTICOS
POR GRUPOS DE ORDENES

	media		coeficiente de variabilidad	
	R	T-R	R	T-R
variable X diám. máx.	16.5	21.5	27	31
variable XI diám. mín.	9.0	14.0	31	26
variable F superficie	118.0	256.0	38	62

La superficie del grupo R es poco menor de la mitad de la superficie del resto de los órdenes.

La relación entre los diámetros de los R y de los demás órdenes son: diámetro máximo es el 77% del diámetro máximo de los demás órdenes y el diámetro mínimo de los pequeños maníferos (R) es el 64% del de los demás órdenes. Lo que sugiere que la ventana vestibular es más persistentemente elíptica en todas las especies estudiadas.

Los coeficientes de correlación entre los diámetros de la ventana vestibular no ofrecen posibilidades de diferenciación de uno a otro orden o entre conjuntos de órdenes (ver gráfica 4 y anexo estadístico C-3). En este caso, la descripción más apropiada de la asociación entre los dos diámetros la da la correlación de todas las especies.

Los datos estadísticos son:

$$\begin{aligned} r &= 0.67 \\ t &= 6.01 \\ p &< 0.001 \end{aligned}$$

Esto es, se trata de una correlación no elevada pero sí muy significativa y la covariación puede ser representada por una función rectilínea:

$$Y = (4.2963) + (0.4357) X$$

Esta función indica que el diámetro mínimo (Y) de la ventana vestibular crece conforme aumenta el diámetro máximo (X), pero este aumento es de tal magnitud (0.436) que cada vez se hace relativamente más pequeño, es decir, la función señala un progresivo estrechamiento de la elipse (o alargamiento de la elipse o aumento de la elipticidad), a medida que la ventana aumenta su diámetro máximo.

Comparación entrada y salida

Por la información anotada hasta ahora pueden hacerse las siguientes observaciones respecto a las semejanzas o diferencias entre las estructuras de entrada y de salida del oído medio en lo general.

En el primer lugar se presentan a la relaciones que hay entre las variables equivalentes entre la entrada y la salida (ver Cuadro 7-C).

CUADRO 7-C RELACION ENTRE LA ENTRADA Y SALIDA

	entrada (e)	salida (s)	e/s
diámetro máximo media	71 dmm	20 dmm	3.6
diámetro mínimo media	57 dmm	13 dmm	4.4
superficie elíptica media	3409 dmm	224 dmm	15.2

En ambas estructuras de entrada y salida, además, como puede observarse en los Cuadros 2-C y 5-C, se diferencian los órdenes desde el punto de vista de estas variables conforme a un mismo modelo lineal y separándose exclusivamente el grupo R de los demás.

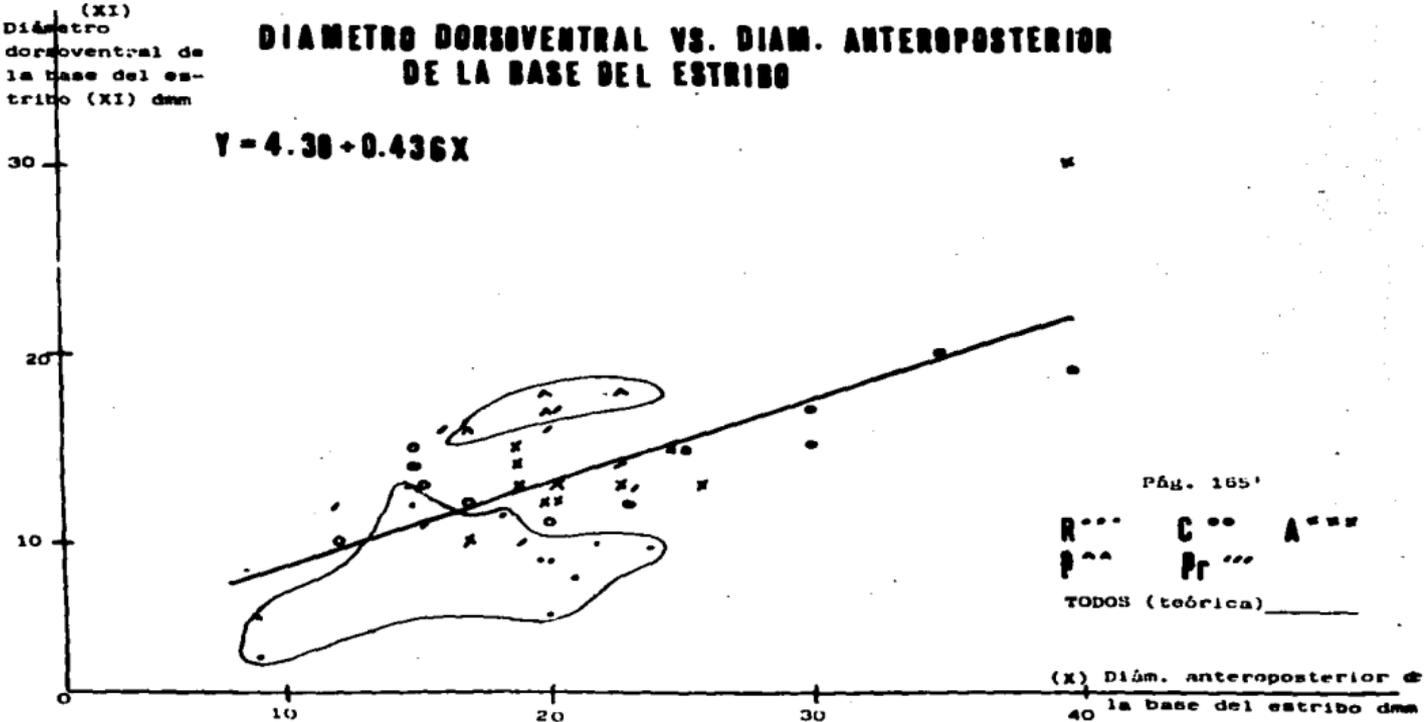
El coeficiente de correlación entre las superficies de la membrana timpánica y de la ventana vestibular (variables E y F) es 0.68, con probabilidad menor de 0.001 de que pueda deberse al azar. La función que rige la covariación entre "Y" (variable F, esto es, la superficie de la ventana vestibular) y "X" (variable E, esto es, la superficie de la membrana timpánica) es:

GRAFICA 4

(XI)
 Diámetro
 dorsoventral de
 la base del es-
 tribo (XI) mm

DIAMETRO DORSOVENTRAL VS. DIAM. ANTEROPOSTERIOR DE LA BASE DEL ESTRIBO

$$Y = 4.38 + 0.436X$$



PÁG. 165'

R... C... A...
 P... Pr...

TODOS (teórica) _____

(X) Diám. anteroposterior de
 la base del estribo mm

$$Y = 70.42 + 0.045 X$$

Se advierte (ver gráfica número 5), que todas las especies se distribuyen indistintamente alrededor de la recta teórica que se forma con la función indicada sin que pueda apreciarse alguna diferenciación, excepto las magnitudes de ambas superficies en el caso de los mamíferos pequeños, frente a todos los demás órdenes.

La variable G, o sea el número de veces que la superficie de la ventana vestibular queda comprendida en la superficie de la membrana timpánica, nos ofrece la información contenida en el Cuadro 8-C (ver también anexo estadístico C-4).

CUADRO 8-C VECES QUE LA MEMBRANA CONTIENE A LA VENTANA

	todas	R	T-R
Mn	4.1	4.1	4.5
X	16.4	11.7	17.8
v	47	64	41
Mx	38.5	27.8	38.5

Las relaciones entre los diámetros de la membrana (entrada = e) y de la ventana vestibular (salida = s), se presentan en el Cuadro 9-C. Igualmente aparecen ahí las relaciones entre el diámetro máximo y mínimo, tanto de la entrada como de la salida, para los dos conjuntos de órdenes que resultaron diferenciados en las variables estudiadas en este capítulo.

GRAFICA 5

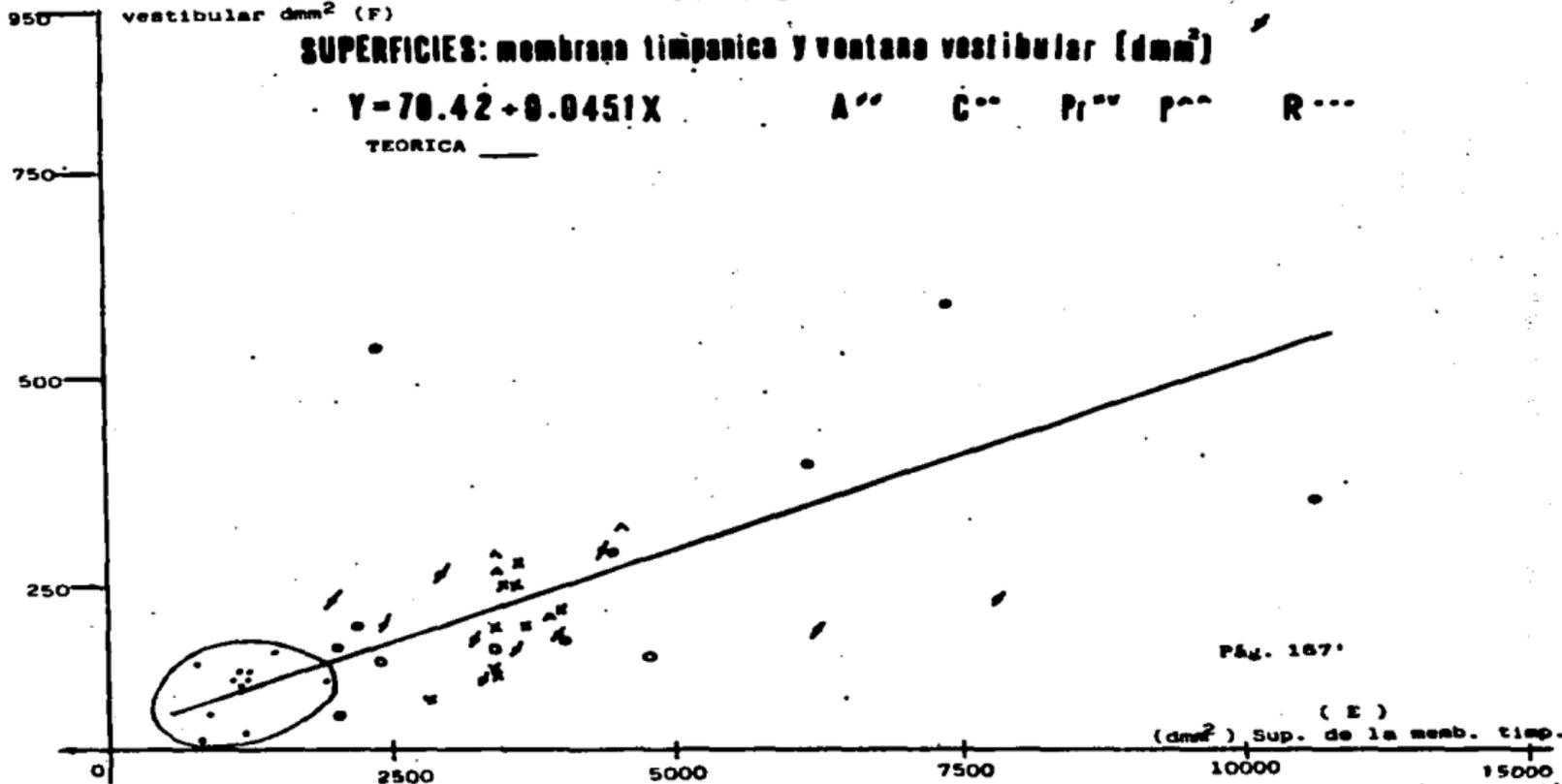
Sup. de la ventana
vestibular dmm^2 (F)

SUPERFICIES: membrana timpánica y ventana vestibular (dmm^2)

$$Y = 70.42 + 0.0451X$$

A'' C'' Pr'' P'' R''

TEORICA —



CUADRO 9-C	RELACION ENTRADA/SALIDA Y			DIAMETRO		
	MAXIMO/MINIMO					
	R			T-R		
	s	s	e/s	s	s	e/s
diámetro máximo \bar{X}	52	16.5	3.2	77	21.5	3.6
diámetro mínimo \bar{X}	30	9.0	3.3	65	14.0	4.6
diám. Máx/min \bar{X}/\bar{X}	1.7	1.8		1.2	1.5	

Finalmente, las correlaciones entre los diámetros máximo y mínimo, siendo todas ellas altamente significativas y sus funciones respectivas se resumen en el Cuadro 10-C.

CUADRO 10-C	CORRELACION Y	COVARIACION	ENTRE LOS
	DIAMETROS		
	entrada		salida
Todas las especies	$r = 0.88$ $y = -17.5 + 1.04 X$		$r = 0.67$ $y = 4.30 + 0.436 X$
para gpo. R	$r = 0.86$ $y = -18.4 + 0.926 X$		"
para T-R	$r = 0.82$ $y = -1.1 + 0.858 X$		"

En resumen:

- La entrada es menos elíptica que la salida.

- En el caso de la membrana timpánica (entrada) la relación entre los diámetros máximo y mínimo puede ser descrita por una función rectilínea, general para todas

las especies, y por funciones diferenciadas para R y para T-R.

- En el caso de la ventana vestibular (salida), la relación entre los diámetros máximo y mínimo solamente puede ser descrita por una función rectilínea, general para todas las especies, sin que se diferencie algún orden o conjunto de órdenes.

- En el caso de la relación entre los diámetros de la membrana timpánica, la función diferenciada del grupo R que regula, la covariación de esos dos diámetros ubica a este grupo en un estrato distinto, no continuo con el resto de las especies (ver nuevamente la gráfica número 3).

- En el caso de la relación entre las superficies de la membrana timpánica y de la ventana vestibular, el grupo R, si bien ocupa la posición inferior izquierda del espacio delimitado por las coordenadas, diferenciándose así de los demás órdenes (ver nuevamente gráfica número 5), no es necesario que se describa este hecho mediante una función de covariación distinta, ya que el conjunto de los pequeños mamíferos se agrupa precisamente alrededor y a lo largo - en un trayecto corto, por cierto - de la recta teórica que describe esa covariación para todas las especies.

- Se describe con mayor precisión para todas las especies a la existente hasta ahora, la relación entre

las superficies de entrada y salida (entre membrana timpánica y ventana vestibular), estableciéndose, en promedio, que la membrana es 12 veces mayor que la ventana vestibular, en el caso de los pequeños mamíferos, y es 18 veces mayor en todos los demás órdenes, incluyendo a los primates, y precisándose también, que en las distintas especies de esos dos grupos de órdenes la relación de ambas superficies oscila 28 veces en el grupo R y hasta 39 veces en el grupo compuesto por los demás órdenes.

- Las funciones que regulan la covariación de los diámetros de la membrana timpánica indican que a medida que esta membrana es mayor, disminuye su elipticidad.

- Las funciones que regulan la covariación de los diámetros de la ventana vestibular, indican que a medida que esta ventana es mayor, aumenta su elipticidad.

D PESO DE LOS HUESECILLOS

En este capítulo se tratarán los anexos estadísticos del D-1 al D-8, las variables XVII, XVIII, XIX, A, B, C, D y gráficas de la 6 a la 14.

Se tomaron los pesos en diezmiligramos en todas las especies, estudiadas. El peso promedio de cada huesecillo, de todas las especies, está claramente diferenciado de los demás. Sus promedios generales se ordenan conforme a lo esperado, es decir, en forma creciente desde el estribo, al yunque y al martillo. Su variabilidad disminuye a medida que el huesecillo es más pesado. Estos hechos se muestran en el Cuadro 1-D (consultar también el anexo estadístico D-1).

CUADRO 1-D PESOS DE LOS HUESECILLOS

	Estribo (XIX)	Yunque (XVIII)	Martillo (XVII)	Suma (A)
Mínimo (Mn)	20	100	190	390
Media (X)	139	394	570	1103
Variabilidad (V)	62	56	42	40
Máximo (Mx)	350	1100	1200	2210
Mx/Mn	17.5	11	6.3	5.7

Pesos en cada orden

Cada grupo de órdenes es característico, diferente a los demás en las magnitudes de los pesos de sus tres huesecillos, considerados en su conjunto, si bien, como ya se dijo, la secuencia de sus magnitudes es la misma

que la de los promedios de todas las especies. Tales pesos adquieren importancia taxonómica, precisamente por la magnitud diferente que tienen en cada huesecillo y en cada uno de los cinco órdenes.

Los promedios originales respectivos sin formar grupos de órdenes son los que aparecen en el Cuadro 2-D (ver gráfica núm. 6).

CUADRO 2-D PESOS PROMEDIO DE CADA HUESECILLO EN CADA ORDEN SIN AGRUPAR.

	Estribo XIX	Yunque XVIII	Martillo XVII	Suma A
R	114	191	289	594
C	34	292	638	964
Pr	220	378	638	1236
A	202	666	565	1433
P	165	548	1005	1718
Todos	139	394	570	1103

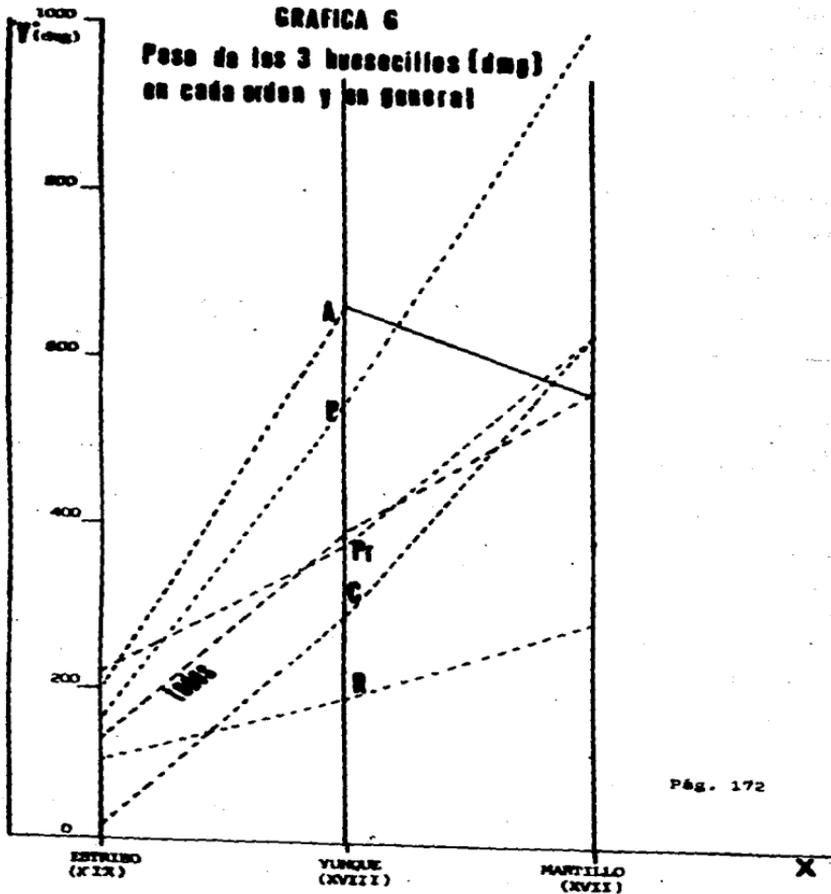
De acuerdo con el procedimiento de agrupamiento explicado en el capítulo A, y al que se ha hecho referencia en los capítulos B y C, se forma para cada huesecillo un modelo triangular de agrupamiento de órdenes, pero constituido cada uno por órdenes diferentes. Los promedios aritméticos de cada huesecillo y grupo se presentan en el Cuadro 3-D (ver también anexo estadístico D-1).

CUADRO 3-D PESOS PROMEDIO DE CADA HUESECILLO POR GRUPOS DE ORDENES.

(XIX)	Ordenes: Estribos:	C 34	R, 114	Pr, A, P 202
(XVIII)	Ordenes: Yunques:	R 191	Pr, C 329	P, A 635

GRAFICA 6

Peso de los 3 huesecillos (dmg)
en cada orden y en general



(XVII)	Ordenes: Martillos:	R 289	Pr, C, A 613	P 1005	
(A)	Ordenes: Suma :	R 594	Pr 1235	C 964	P, A 1509

Se observa en este Cuadro, que en cada variable, el modelo de agrupamiento de órdenes es triangular para los pesos aislados, y rectangular para la suma de ellos. Se tienen, los pesos acumulados de los tres huesecillos, resultantes de la suma de los promedios originales de cada hueso, de la suma de los promedios de cada hueso en cada agrupamiento de órdenes y los que resultan de las sumas individuales de los pesos en cada especie, una vez agrupados los órdenes conforme a los resultados de estas sumas (Variable A). Estos pesos acumulados, por cada orden se presentan en el Cuadro 4-D.

CUADRO 4-D COMPARACION DE LAS SUMAS DE LOS PESOS DE LOS HUESECILLOS SEGUN TRES CRITERIOS.

Suma de promedios	R	C	Pr	A	P	todos
Originales	594	964	1236	1433	1718	1103
Agrupados	594	976	1144	1450	1842	1103
variable A	594	964	1235	1509	1509	1103

Se aprecia en el Cuadro 4-D, que las sumas de los pesos de los huesecillos, realizada conforme a tres criterios diferentes, no difieren de manera importante entre sí, esto es, que los resultados son consistentes, lo que ayuda para apoyar las inferencias que más tarde se discuten.

Pesos relativos

Se determinaron las variables B, C y D con los porcentajes que corresponden a cada huesecillo respecto de la suma de los tres, calculados individualmente, en cada especie.

B = % del martillo, C = % del yunque,
D = % del estribo.

Estas variables tienen la ventaja de que permiten asociar grupos de órdenes con este punto de vista (lo que no puede hacerse si calculamos los porcentajes a partir de los pesos promedios señalados anteriormente).

Los valores estadísticos de estas variables para la totalidad de las especies son los que aparecen en el Cuadro S-D (ver también anexo estadístico D-2).

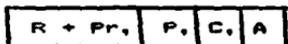
CUADRO S-D PESO PORCENTUAL DE CADA HUESECILLO.

	Porcentaje del peso del			suma
	B martillo	C yunque	D estribo	
Mn	24	11	2	
X	83	34	13	100
v	23	27	34	
Mx	84	57	30	

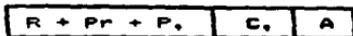
El promedio de masa relativa que tiene cada uno de los huesecillos corresponde a la esperada, esto es, que sea menor la del estribo, mayor la del yunque y superior la del martillo.

Estas mismas variables al examinarse dentro de los grupos de órdenes permiten asociar y diferenciar a estos como sigue (esto se refiere nuevamente al capítulo A).

Variable B, % del peso del martillo y Variable D, % del peso del estribo, configuran un modelo rectangular



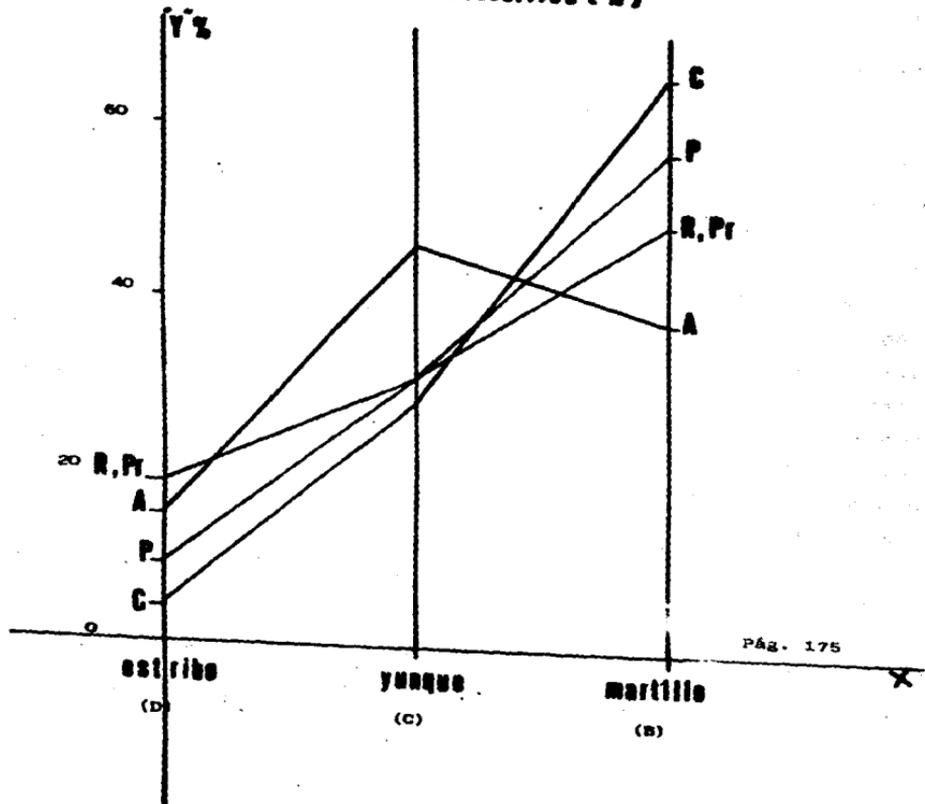
Variable C, % del peso del yunque, configura un modelo triangular



Hay que recordar lo que se dijo en el capítulo A pág. 129, que el modelo rectangular es el más diferenciador de los modelos que encontramos en este trabajo, ya que en ninguna variable surgió el modelo pentagonal. Puede afirmarse que tanto los pesos originales de cada huesecillo como los pesos relativos de ellos, son variables de la mayor importancia taxonómica, como puede apreciarse en el Cuadro 6-D, que resume los datos de los promedios correspondientes a los agrupamientos de órdenes ya indicados, en donde cada orden presenta un perfil de promedio de cada uno de sus tres huesecillos, que no se repite en ningún otro orden (ver también la gráfica número 7).

GRAFICA 7

Peso relativo de los huesillos (%)



CUADRO 6-D PERFILES DE PESOS PROMEDIOS DE LOS HUESECILLOS POR CADA ORDEN.

Datos de los porcentajes por cada orden.

variables	estribo (D)	yunque (C)	martillo (B)	todos suma
R	18	31	50	99
Pr	18	31	50	99
P	10	31	58	99
C	4	29	47	100
A	15	47	39	101
Todos	13	34	53	100

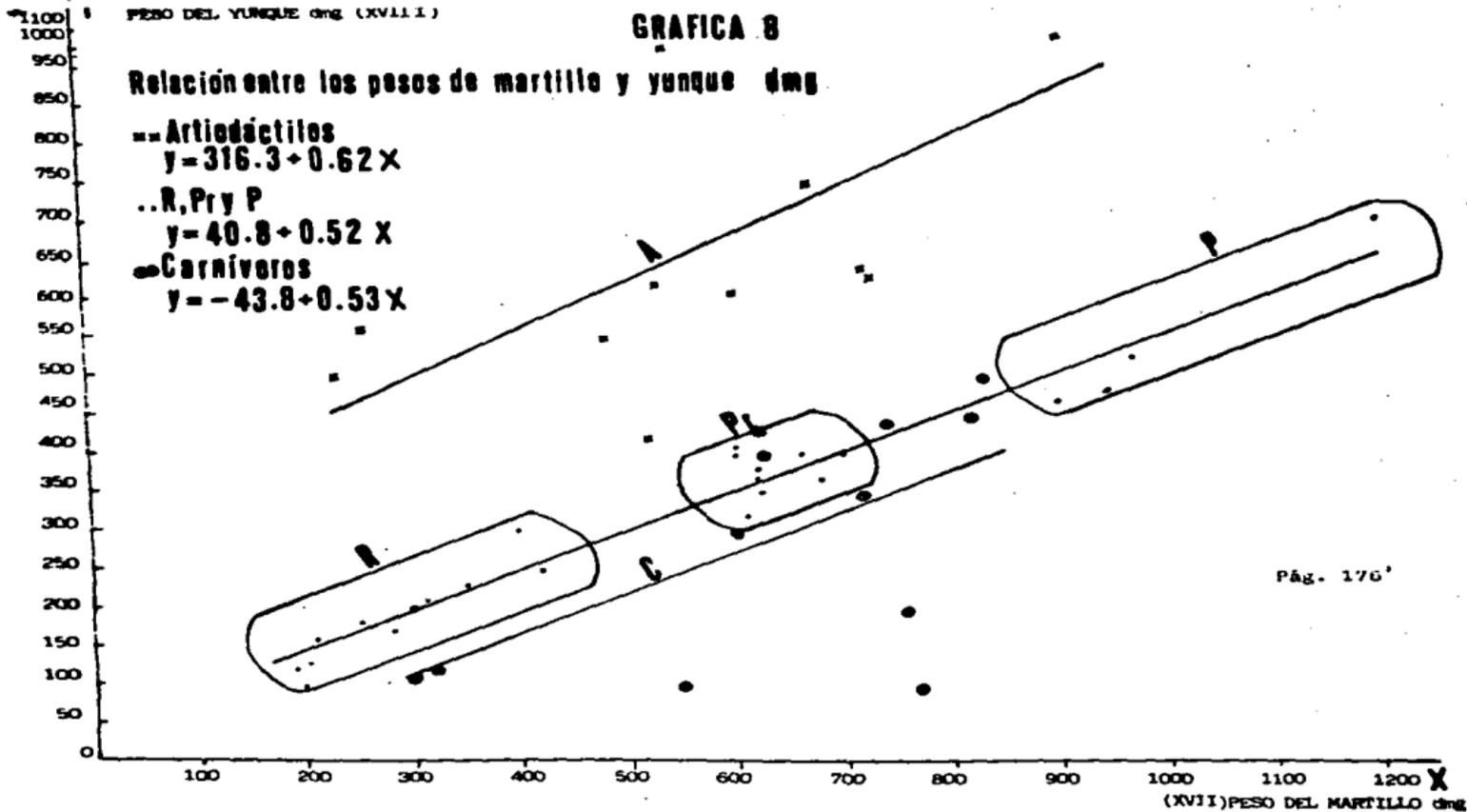
Correlación martillo-yunque

Los pesos de ambos huesecillos se correlacionan en tres niveles o patrones que siguen tendencias paralelas (gráfica número 8 y anexo estadístico D-5), la asociación es muy definida en el grupo formado por los órdenes R+Pr+P y con mucha menor definición en cada uno de los demás órdenes, como puede verse en el Cuadro 7-D (ver anexo estadístico D-3).

CUADRO 7-D CORRELACION MARTILLO - YUNQUE

	R+Pr+P	C	A	T
r	0.98	0.59	0.65	0.55
t	22.09	2.33	2.54	4.38
p	<0.001	<0.025	<0.025	<0.001
n	24	12	11	47

En los tres subconjuntos, diferenciados en el Cuadro 7-D, la tendencia de la correlación es rectilínea y creciente, esto es, al aumentar el peso del martillo (variable x) aumenta el del yunque (variable y) conforme



a las funciones rectilíneas siguientes (anexo estadístico D-3).

A

$$Y = 316.3 + 0.62 X$$

R + Pr + P

$$y = 40.8 + 0.52 X$$

C

$$y = -43.8 + 0.53 X$$

Además, en el grupo de R, Pr, y P, aún cuando usamos la misma función, cada uno de los órdenes ocupa una posición claramente diferenciada en sus valores: más pequeños los de R, medianos los de Pr y grandes los de P; en estos tres órdenes y en los carnívoros sus funciones indican que el yunque es en todos los casos de menor peso que el martillo; en los artiodáctilos la función indica que el peso del yunque inicialmente es mucho mayor que el del martillo (por el valor de "a", que es muy grande), pero tienden a igualarse ambos pesos cuando el del martillo alcanza un valor aproximado de 830 diezmiligramos (esto resulta de calcular cuándo los valores de "x" y "y" son iguales, según la función indicada más arriba para el orden A), y al incrementarse el valor del martillo tiende a invertirse la relación, esto es, se hace menor el peso del yunque que el del martillo.

La correlación de todos los órdenes (T) es menor porque representa sólo una tendencia muy general que no es real ya que no se ajusta a ningún caso particular de los órdenes:

$$Y = 106.4 + 0.50 X$$

Si se calcula la correlación entre las variables B y C, esto es, entre los porcentajes del peso del martillo y yunque se obtienen los resultados indicados en el Cuadro B-D (anexo estadístico D-4).

CUADRO B-D CORRELACIONES ENTRE LOS PORCENTAJES DE LOS PESOS DEL MARTILLO Y DEL YUNQUE.

	A+ R +Pr	C + P	T
r	-0.85	-0.93	-0.82
t	5.39	9.12	9.59
P	< 0.001	< 0.001	< 0.001

Las correlaciones son negativas, esto es, a medida que una de las variables aumenta de valor, la otra disminuye. En cada uno de los dos conjuntos de órdenes diferenciados en el Cuadro B-D, las funciones que describen su covariación son las siguientes:

$$Y = 81.44 - 0.97 X$$

Para el conjunto $R + Pr + A_1$ y

$$Y = 85.14 - 0.85 X$$

Para el conjunto $P + C$

Estas funciones describen que a medida que el peso del martillo ocupa un porcentaje mayor del peso total de los tres huesecillos el porcentaje del peso del yunque disminuye.

Del mismo modo que ocurre en los pesos absolutos (Cuadro 7-D), no existe un patrón general que sea aplicable a todos los órdenes, sino que cada uno de los dos grupos mencionados (Cuadro 8-D), sigue su propia función, aunque ambos siguen tendencias similares decrecientes (gráfica número 9 y anexo estadístico D-6).

Estos patrones que siguen tanto los pesos absolutos como los porcentajes de los pesos del martillo y del yunque, describen el hecho de que en el orden artiodáctilos aparece un yunque más pesado que el martillo no como un caso aberrante sino como un caso particular de la misma norma general que rige a otros órdenes.

Correlación yunque - estribo

Los pesos absolutos no correlacionan entre sí en ninguno de los cinco órdenes (ver anexo estadístico D-3), y si bien la correlación es significativa en el total, su magnitud es baja.

Debe subrayarse, no obstante, que cada uno de los órdenes ocupa un espacio definido en el cuadrante marcado por las coordenadas de sus respectivos pesos (gráfica número 10), y puede entenderse esa distribución como un

GRAFICA 9

Relación entre los pesos relativos del martillo y del yunque

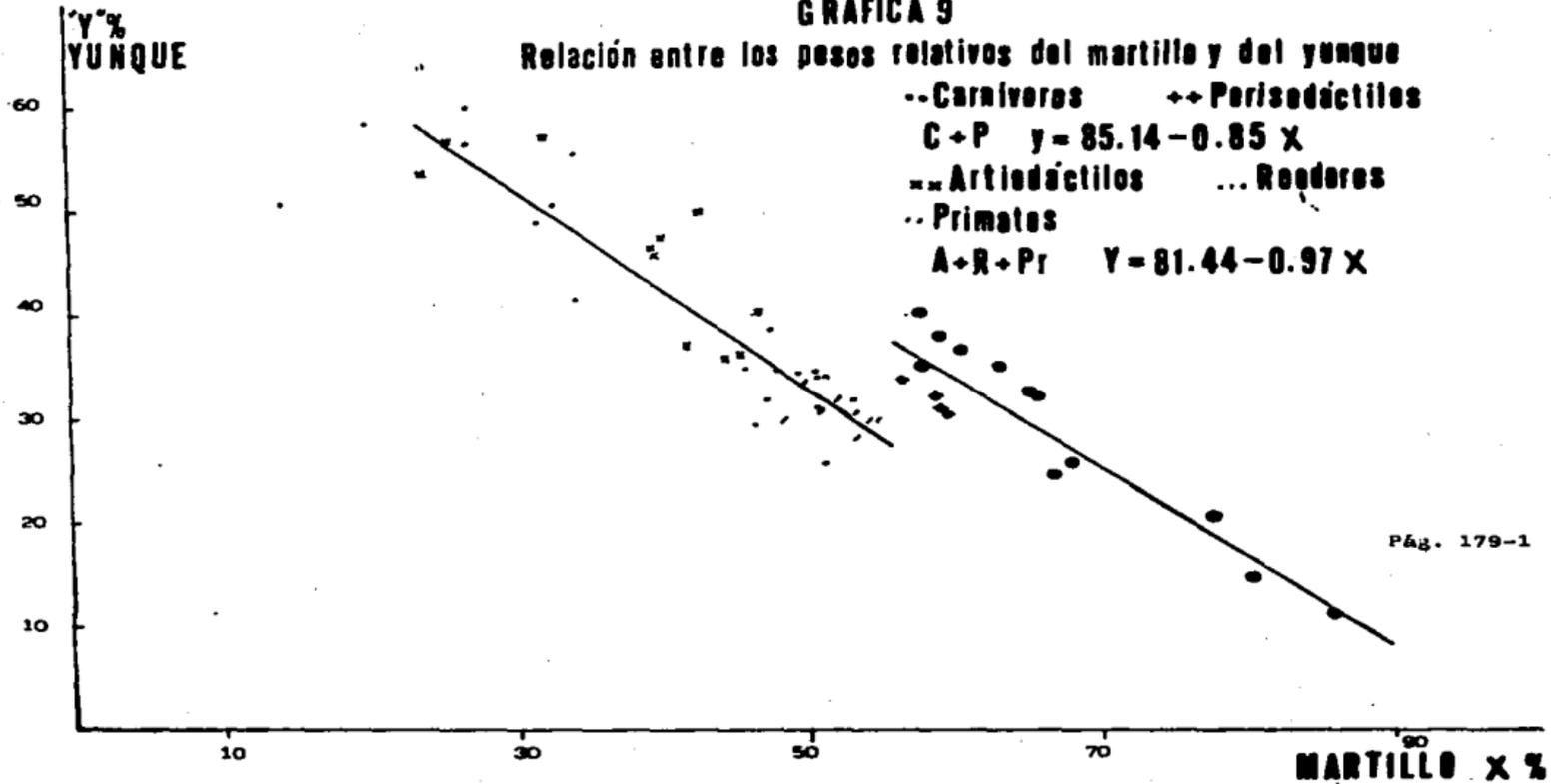
-- Carnívoros ++ Perisodáctilos

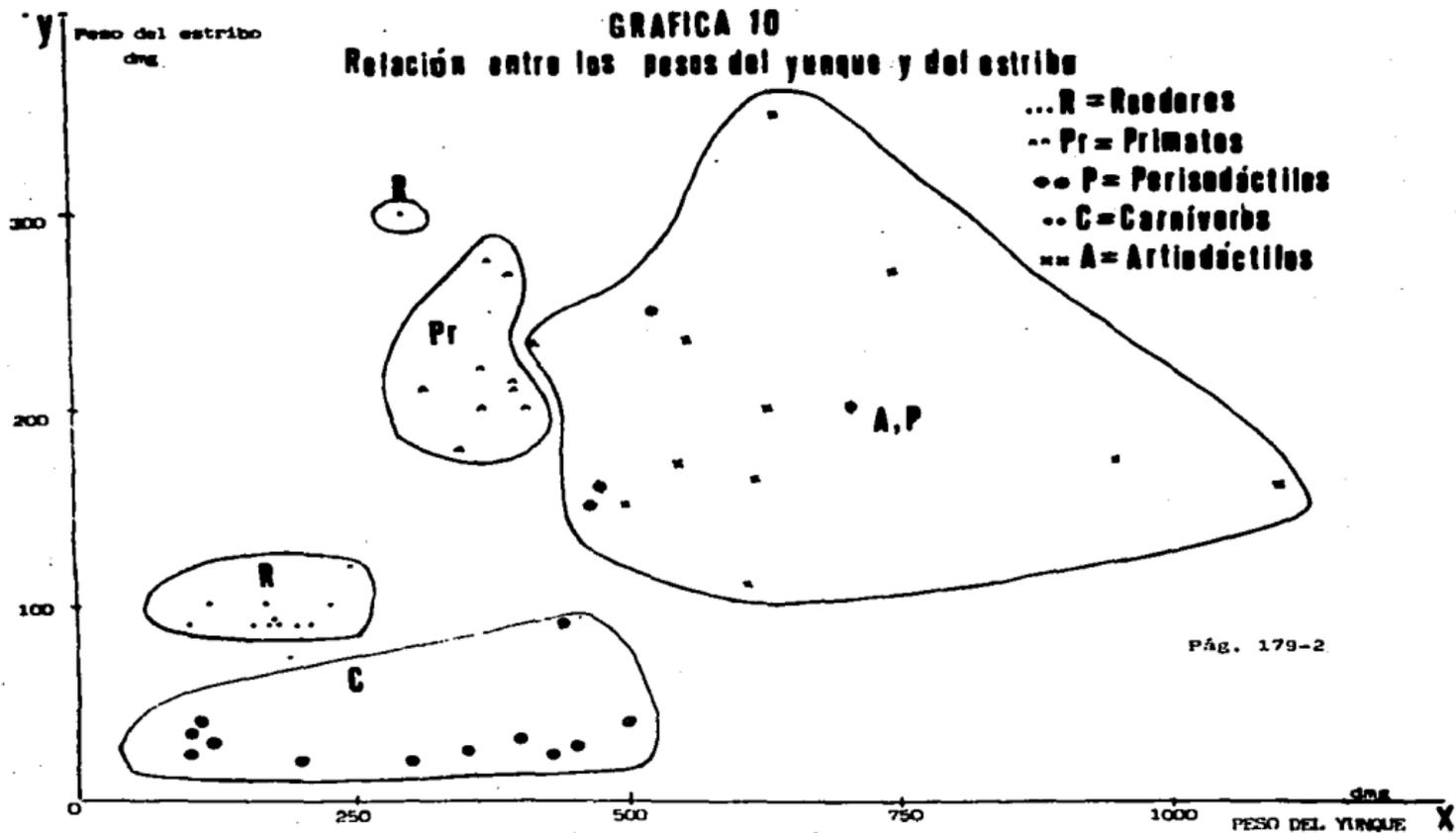
C+P $y = 85.14 - 0.85 x$

= Artiodáctilos ... Rooderos

.. Primates

A+R+Pr $Y = 81.44 - 0.97 x$





mapa taxonómico claramente dibujado. Si se observan otras gráficas anteriormente mostradas, desde este punto de vista, se apreciará que en varias de ellas, algún orden o algún conjunto de órdenes ocupa espacios únicos, especiales, diferenciados, en el cuadrante de las coordenadas, y, desde luego, en esos casos, también se dibuja un mapa taxonómico; sin embargo, la peculiaridad ahora consiste no solamente en la más clara distribución topica de los distintos órdenes (en este caso, por la combinación de los pesos absolutos de yunque y estribo), sino por el hecho de que no hay manera de describir estadísticamente la zona que ocupa cada orden. Se está, en presencia de un nuevo resultado del mayor interés para enriquecer los criterios taxonómicos.

Los pesos relativos de los órdenes C, A y P correlacionan ligeramente (0.52) y covarian según la función (anexo estadístico D-4).

$$\% \text{ estribo} = -0.98 + 0.28 (\% \text{ peso del yunque})$$

Es de observarse que además, cada uno de los órdenes, ocupa una zona diferente del mapa taxonómico.

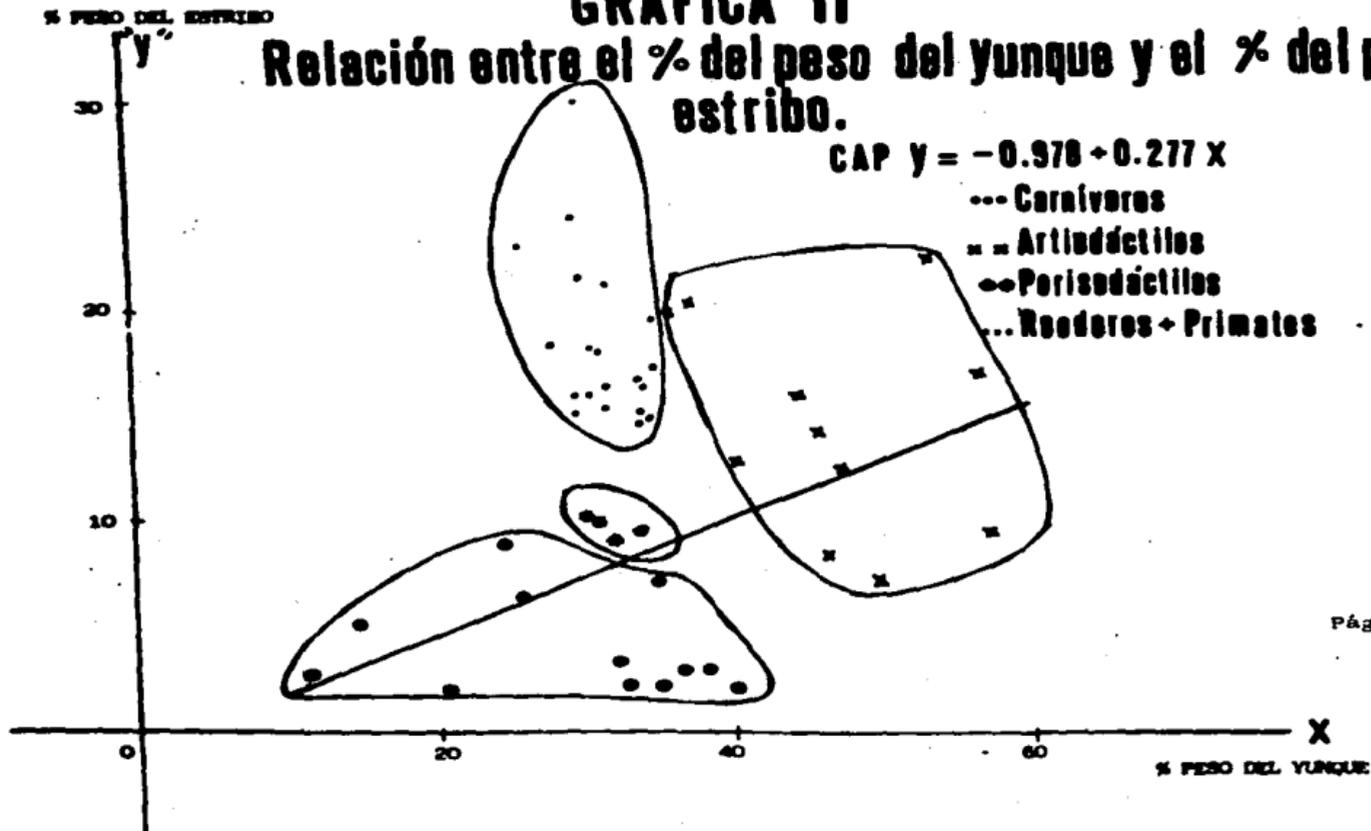
Los pesos relativos de los órdenes R y Pr no se asocian entre sí, aunque sí ocupan una sola zona claramente delimitada del mismo mapa taxonómico, sin que puedan diferenciarse los R de los Pr (gráfica número 11 y anexo estadístico D-7).

GRAFICA 11

Relación entre el % del peso del yunque y el % del peso del estribo.

$$\text{CAP } y = -0.978 + 0.277 X$$

- Carnívoros
- - - Artiodáctilos
- Perisodáctilos
- ... Róedores + Primates



Correlación martillo - estribo

Los pesos absolutos no correlacionan entre sí, en ningún caso y tampoco aparece esa relación en el total (anexo estadístico D-3). pero si ocupan espacios característicos en el mapa taxonómico (gráfica número 12).

Los pesos relativos presentan correlación si se consideran los logaritmos respectivos, y, covarian conforme a una función exponencial decreciente, como se ve en el Cuadro 9-D (anexo estadístico D-4, D-8 y gráfica número 13).

CUADRO 9-D CORRELACION MARTILLO - ESTRIBO POR ORDENES

Y = peso del martillo
X = peso del estribo

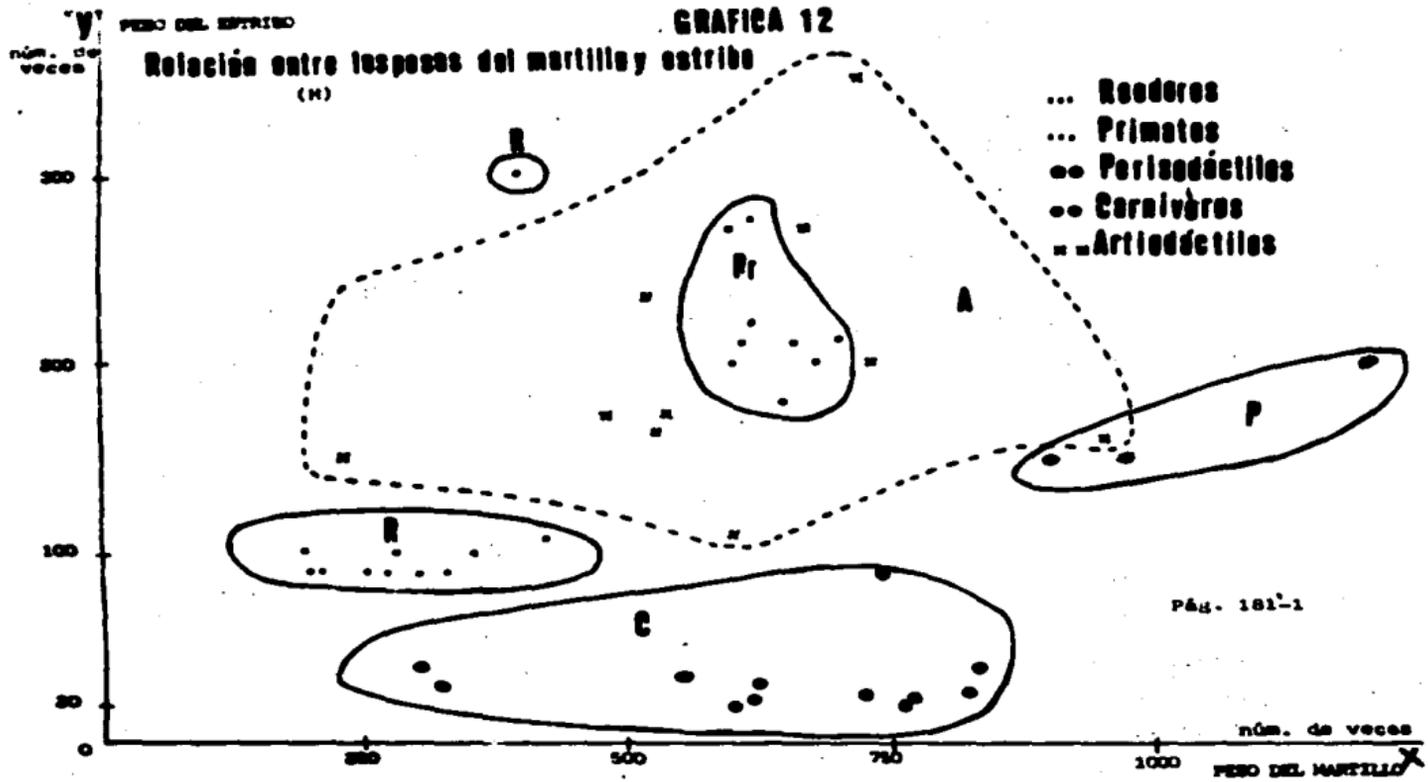
$R + Pr$

$$r = -0.78 \quad t \ 5.25 \quad p < 0.001$$
$$\log Y = 4.70 - 2.03 \log X$$

$C + A + P$

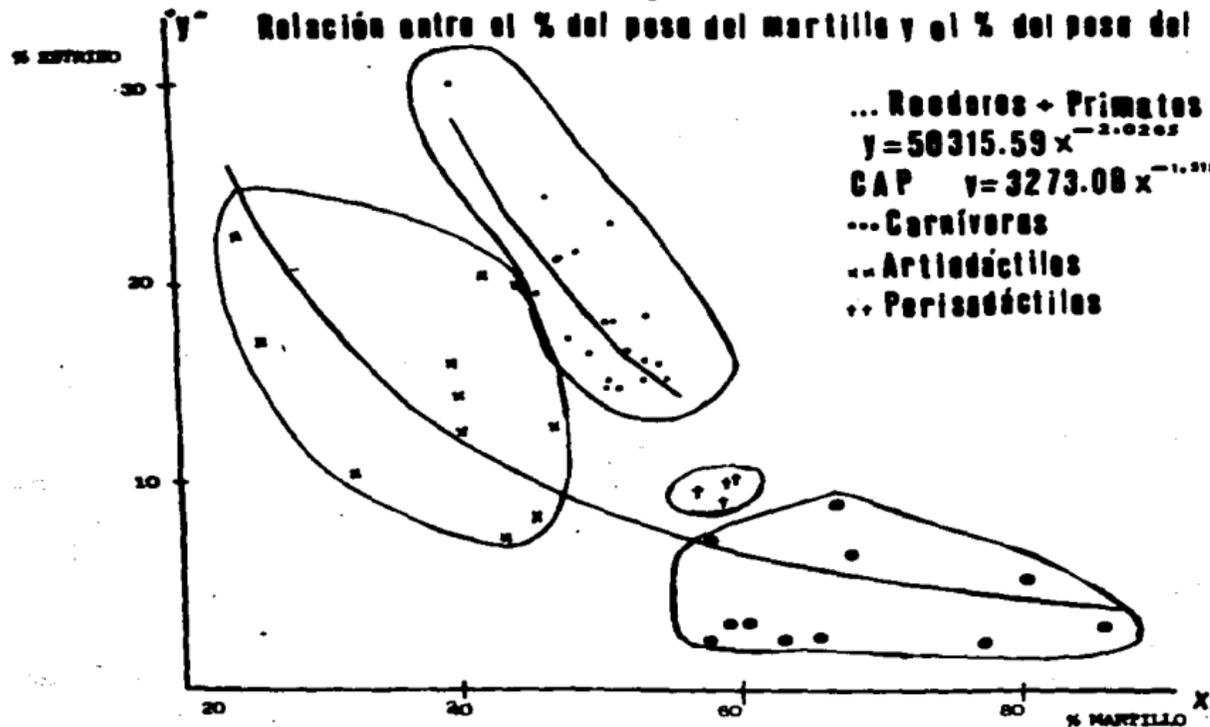
$$r = -0.52 \quad t \ 3.01 \quad p < 0.005$$
$$\log Y = 3.51 - 1.52 \log X$$

Cada uno de estos dos subconjuntos se ubica en un nivel de asociación diferente, y si bien sus tendencias son similares como exponenciales decrecientes, se localizan a niveles muy diferentes entre sí, y presentan también mapas taxonómicos los 4 grupos de órdenes mencionados (gráfica número 13).



GRAFICA 13

Relación entre el % del peso del martillo y el % del peso del estribo



Correlación cavidad timpánica - peso total de los huesecillos

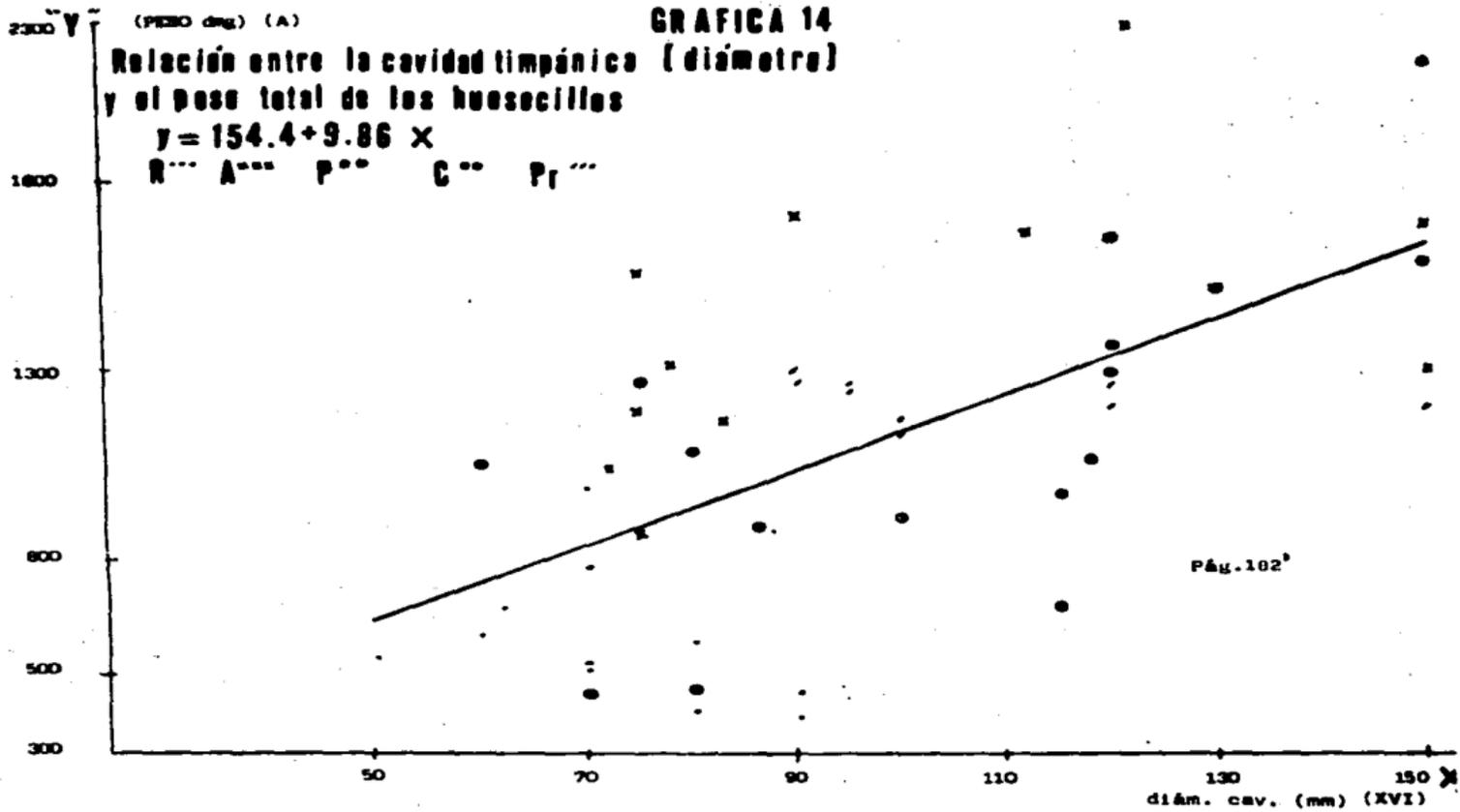
Es posible explorar si existe alguna relación entre el diámetro de la cavidad timpánica, lo que da una idea de su tamaño, y el peso total de los huesecillos, que nos proporciona un criterio de la masa de las palancas óseas contenidas en la cavidad.

Los cálculos indican que existe una correlación significativa en el total de las especies, aunque poco marcada ($r = 0.61$, $t = 5.17$, $p = <0.001$) con tendencia lineal, pero no existe ninguna correlación cuando se considera aisladamente cada uno de los 5 órdenes, tampoco se aprecia correlación alguna al formar grupos de 2 o 3 órdenes, ni aparecen campos definidos para cada orden en el mapa taxonómico (gráfica número 14), de manera que la primera correlación mencionada es solamente un esbozo de alguna covariación general y de poca magnitud.

Otras correlaciones

Es importante mencionar que no se encontró correlación alguna, entre cada orden, ni en agrupamientos de estos; ni en el total de las especies en los siguientes casos:

- 1 - Número de veces que contiene la superficie del tímpano a la de la ventana vestibular, con relación al número de veces que cabe o contiene el peso del martillo al peso del estribo.



2 - El peso del estribo en relación a la superficie de la ventana vestibular.

3 - Peso del martillo, relacionado con la superficie del tímpano.

Solamente de esta última pareja de variables en el gran total, surgió una correlación significativa de 0.49, que es bastante baja para sugerir algo más que una débil asociación.

E TAMAÑO DE LOS HUESECILLOS

Aquí se analizarán las variables I, II, III, IV, V, VI, VIII, IX, X, XII, XIII, XIV, XV, XVI y gráficas de la 15 a la 21.

La estructura general de las dimensiones usadas en este trabajo es como sigue: se consideraron como continentes sucesivos (cada uno conteniendo al siguiente) al organismo total, la cabeza, la cavidad timpánica y de esta última los huesecillos y sus aperturas de entrada y salida. De cada continente se eligió alguna dimensión representativa:

continente	dimensión	variable
organismo completo	largo	XI
cabeza	longitud	XX
cavidad timpánica	diámetro	XVI

- De la cavidad timpánica se midieron los tamaños de las aperturas principales de entrada y salida.

- Finalmente, del contenido de la cavidad timpánica, es decir, de los tres huesecillos, se tomaron sus pesos respectivos (variables XVII, XVIII y XIX), y se obtuvieron doce mediciones de sus diversas longitudes y distancias como se precisó en el capítulo de metodología.

Con las dimensiones y distancias de los huesecillos se formaron 9 grupos de variables (ver el capítulo A (relaciones de la "a" a la "h" de la pag. 124). Se uso

el procedimiento de unificación mencionado en ese capítulo, y que ha sido aplicado repetidas veces con posterioridad.

Para comparar los 5 órdenes entre sí, se usó ese procedimiento de unificación, asociamos: primero, los órdenes que no presentan diferencias significativas en una misma variable, y se probó que cada subconjunto de órdenes difería lo suficiente de los demás; segundo, comparamos verticalmente los grupos de una variable con los grupos de otra variable, cuyos valores eran próximos, con la mira de reducir la cantidad de promedios utilizados. Este proceso se ilustra en los Cuadros 1-E, 2-E u 3-E, en donde aparecen, primero (1-E), los promedios originales, sin reducción, segundo (2-E), los resultados de la reducción horizontal, esto es, de la misma variable en distintos órdenes y finalmente (3-E), los resultados de la reducción vertical o sea de fundir en un mismo promedio más de una variable.

En todas las variables del Cuadro 2-E, los promedios crecen de izquierda a derecha sin tomar en cuenta el total, en la forma en que los órdenes están presentados en el cuadro 3-E: $R \rightarrow Pr \rightarrow P \rightarrow C \rightarrow A$. El grupo R es el más diferenciado con los valores menores, enseguida sigue Pr en segundo lugar de diferenciación y en tercer lugar el conjunto PCA, salvo en las variables X y XIII, en que el grupo PCA se disgrega, y corresponde las dos mediciones, a componentes del estribo (diámetro

CUADRO 1 - E
TAMAÑO DE LOS HUESECILLOS

I.- Promedios originales, sin reduccion

	R	Pr	C	A	P	E
XVI	72	106.67	94.92	98.36	137.5	96.23
	R	Pr	P	C	A	
XIV	51.82	71.78	75.50	77.67	80.91	71.06
IV	46.73	61	88.00	68.17	79.45	66.11
XV	29.55	60.67	63.00	66.25	67.73	56.66
III	30.27	35.11	60.00	49.67	51.18	43.57
VI	17.55	20.22	23.75	23.50	27.91	22.43
II	18.55	21.89	21.25	23.58	25.36	22.30
I	13.09	21.67	22.50	24.17	22.27	20.51
X	16.55	18.67	20.00	23.08	22.55	20.32
VIII	14.91	18.33	20.25	21.42	21.73	19.28
XII	13.00	18.22	17.50	16.33	16.09	15.96
VII	10.00	16.11	16.00	16.17	16.36	14.74
XI	8.91	13.56	17.25	14.42	14.18	13.15
XIII	9.27	10.78	10.50	12.17	16.09	12.00
V	4.91	7.22	11.00	10.25	12.82	9.09
IX	5.27	8.55	10.50	9.75	10.09	8.36

CUADRO 2- E
 FUNDOS CON SERVICIO VERTICAL

	R	Pv	C	A	P	T
IVI	72		99.08		127.5	96.25
IIIV	51.08		76.98			71.06
IV	66.73	61	75.7			66.11
IV	29.38		64.69			36.66
III	22.65		31.25			43.97
VI	17.88	20.22	25.88			22.63
II	18.34		23.61			22.3
I	13.09		23.78			26.31
I	16.28		21.67			26.28
VIII	19.91		26.61			26.31
III	13		16.85			13.96
VII	20		16.19			14.76
II	8.91		14.66			13.15
III	10.75			16.09	16.78	12
V	4.91	7.22	11.61			9.69
IX	5.27		9.38			6.36

CUADRO 3 - E
 FUNDOS CON SERVICIO VERTICAL

	R	Pv	P	C	A	T
VI	72		99.01	127.3	99.01	96.25
IIIV	69.27			76.61		68.99
IV		61				
IV	29.38			64.66		36.66
III	22.65			31.25		43.97
VI	18.68	20.22		24.28		22.36
II	15.38			21.42		
I	16					26.03
VIII						
III	13			16.53		13.33
VII	20					
II	10.51			14.66		12.37
III					16.09	
V	3.68	7.22		11.61		8.72
IX				9.31		

anteroposterior de la base y agujero obturado), los datos del Cuadro 3-E se representan en la gráfica número 15.

CORRELACIONES

Se exploraron algunas correlaciones entre variables del mismo huesecillo y entre algunas del martillo con la membrana y cavidad timpánica. Las funciones de covariación se expresan, en todos los casos, como rectilíneas, y son siempre la variable "x" la que se menciona en primer lugar. Para las funciones rectilíneas la expresión es $y = a + Bx$, en donde las constantes "a" y "b", son las que requieren precisamente en cada caso. El Cuadro 4-E reúne los datos estadísticos que enseguida se presentan.

Estribo

- cabeza / agujero obturado.
- No existe correlación en ningún orden ni en el total.
- Diámetro anteroposterior de la base / pilares (todas las especies). (gráfica núm. 16).

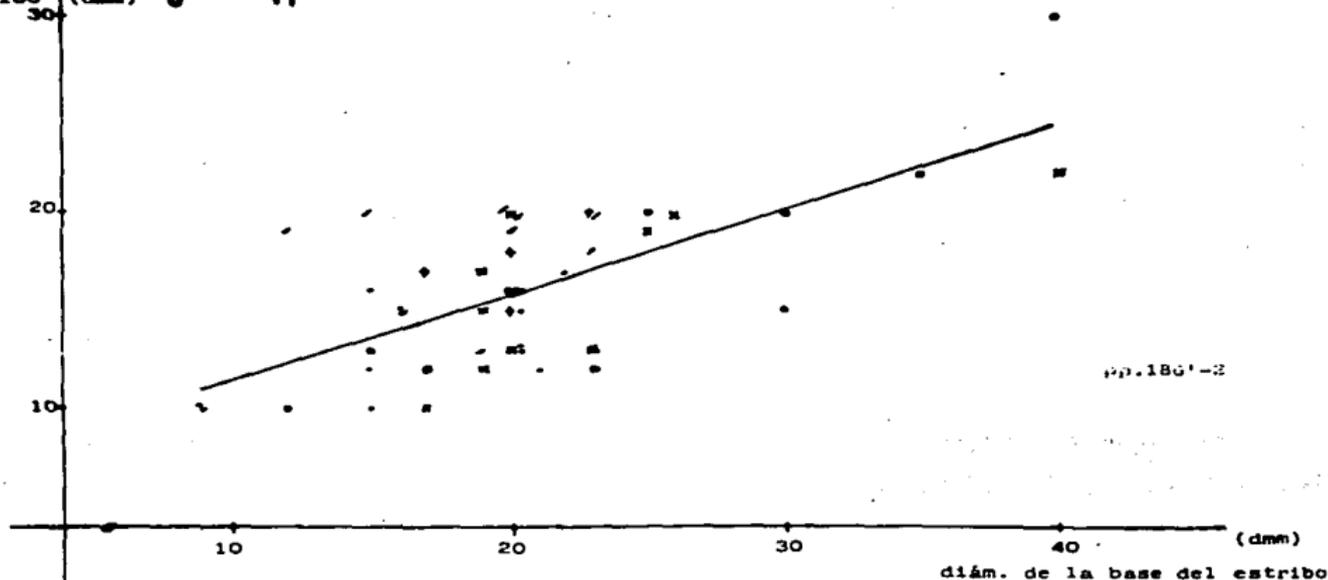
r = 0.69
t = 6.41
p = 0.001
a = 7.06
b = 0.44

GRAFICA 16

Relación entre la base [diam. anteroposterior] y los pilares del estribo
todos $Y = 7.86 + 0.44X$

A** P** R**
C** Pr**

longit. pilares
y el estribo (dmm)



CORRELACIONES ENTRE VARIAS DIMENSIONES LONGITUDINALES DE LOS HUESECILLOS

	Estribo diám. anteropost. base-pilares Todos	Yunque		Martillo	
		cuero-proceso C A P	largo Todos	cabeza- proceso anterior C A P	Todos
r	0.6910	0.5060	0.2748	0.6747	0.5017
t	6.4126	2.933	1.9172	4.5707	3.8906
P	0.001	0.005	0.050	0.001	0.001
a	7.0647	6.9959	12.7668	2.2809	1.0878
b	0.4376	0.5674	0.2889	0.3808	0.3586

	Manubrio del martillo - distancia anillo timpánico		diámetro máximo de la membrana R + Pr	= suma del manubrio y distancia al anillo	
	C + A	Todos		C A P	Todos
r	0.6706	0.5430	0.6157	0.7434	0.7888
t	4.1421	4.3381	3.3149	5.5570	8.6091
P	0.001	0.001	0.005	0.001	0.001
a	7.5246	9.9904	18.7804	20.6540	5.3126
b	0.3222	0.2414	0.5036	0.6903	0.8270

	Diámetro de la cavidad timpánica- longitud total del Martillo	Estribo cabeza-agujero obturado	Membrana diámetros Max.- Min.
r	0.5788	0.2360	0.8848
t	4.7613	1.6292	12.7377
P	0.001	0.100	0.001
a	22.4217	9.0754	12.7377
b	0.4539	0.3498	1.0432

Yunque

- diámetro del cuerpo / proceso largo.
- No existe correlación en el total de los individuos.
- No existe correlación en los órdenes R y Pr.
- Existe correlación en los órdenes C A P (gráfica 17).

CAP	r = 0.51
	t = 2.93
	p = <0.005
	a = 7.00
	b = 0.57

Martillo

- cabeza proceso anterior (ver gráfica número 18). No existe correlación en los órdenes R y Pr existe correlación en el conjunto CAP y en el total.

	C A P	todos
r	0.57	0.50
t	4.57	3.89
p	<0.001	<0.001
a	2.28	1.09
b	0.38	0.36

- manubrio / distancia del anillo timpánico al martillo (ver gráfica 19).
- No existe correlación en los órdenes R, Pr, P.
- Existe correlación en los órdenes C + A y en el total.

	C + A	todos
r	0.67	0.54
t	4.14	4.34
p	<0.001	<0.001
a	7.52	9.99
b	0.31	0.24

GRAFICA 17

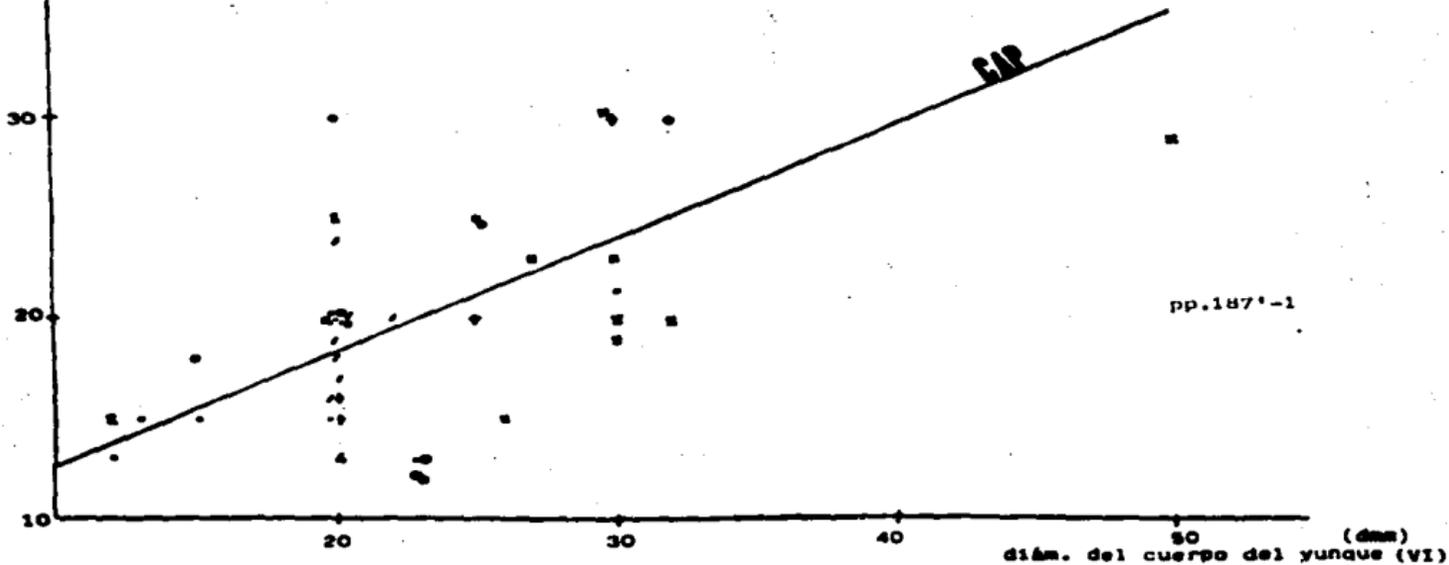
Relación entre el cuerpo y el proceso largo del yunque

(mm) --- carnívoros = = artiodáctilos <>> perisodáctilos

$$Y = 7.00 + 0.57 X$$

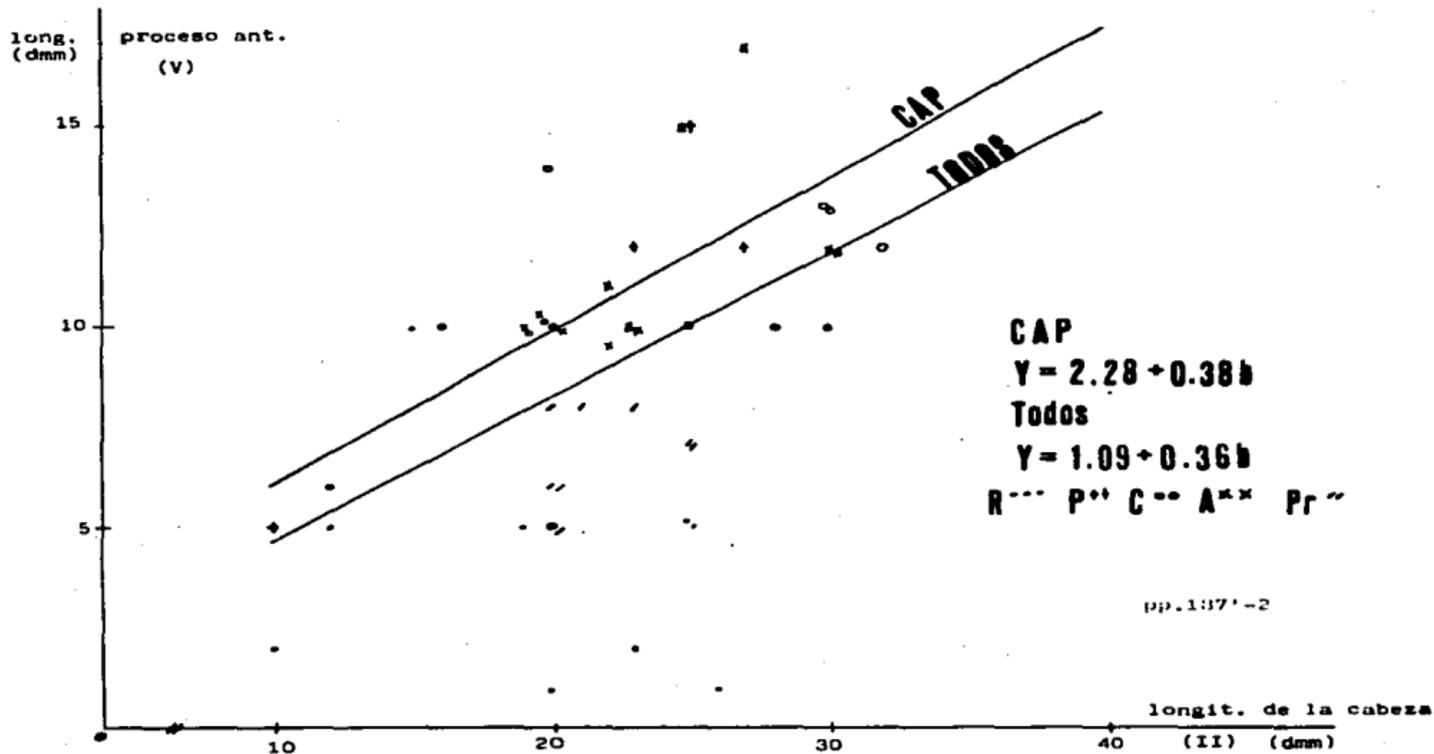
.. Roedores .. Primates

longit. del pro-
ceso
del yunque.
(VIII)



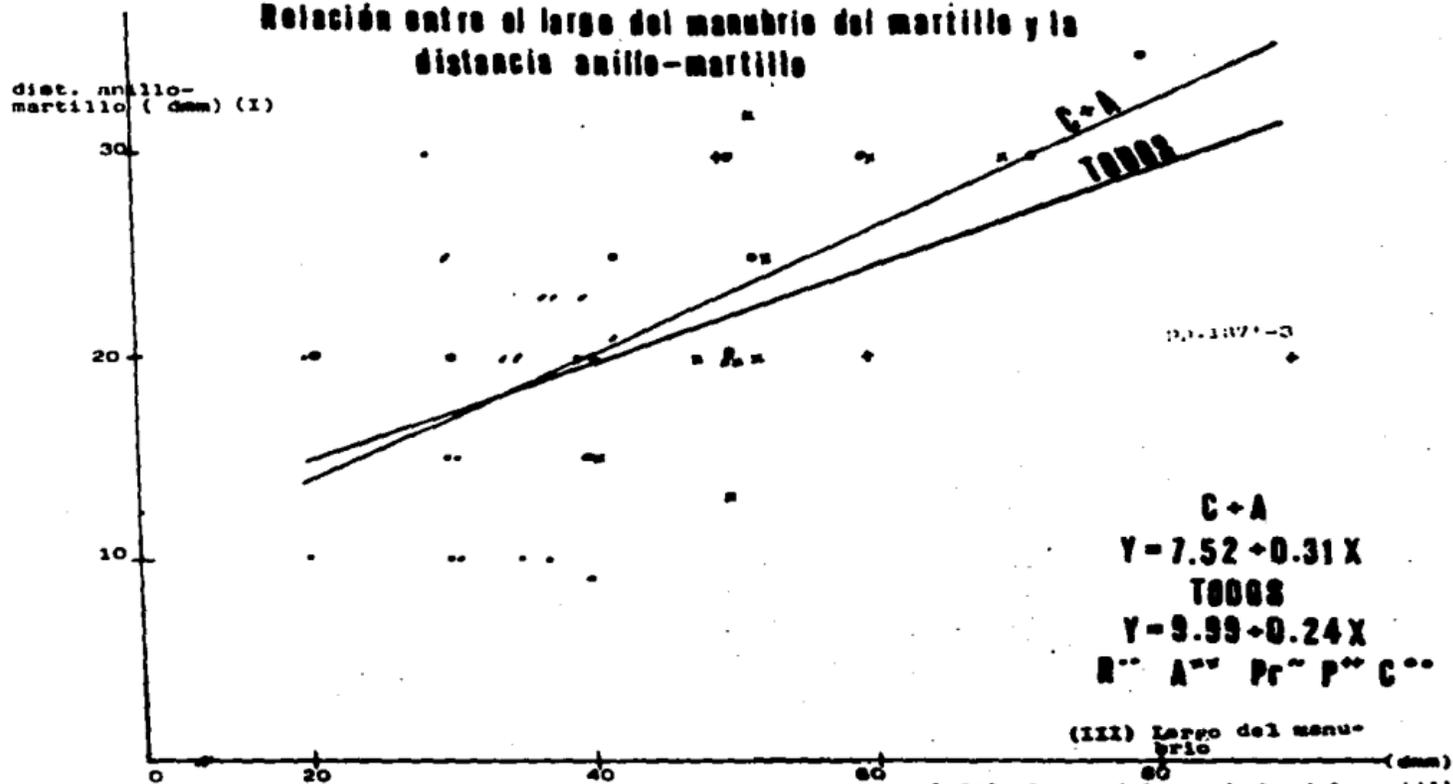
GRAFICA 18

Relación entre la longitud de la cabeza y del proceso anterior del martillo



GRAFICA 19

Relación entre el largo del manubrio del martillo y la distancia anillo-martillo



Membrana timpánica/ martillo

Correlación entre el diámetro máximo de la membrana timpánica y la suma de la longitud del manubrio más la distancia del anillo al martillo (gráfica número 20).

- Existe correlación entre los órdenes C A P , en los órdenes R + Pr y en el total.

	R + Pr	C A P	todos
r	0.62	0.74	0.79
t	3.31	5.86	8.61
p	<0.005	<0.001	<0.001
a	18.78	20.65	5.31
b	0.50	0.69	0.83

Cavidad / martillo

Entre el diámetro de la cavidad timpánica y la longitud total del martillo (gráfica número 21).

- No hay correlación dentro de cada orden pero si la hay en el total de especies.

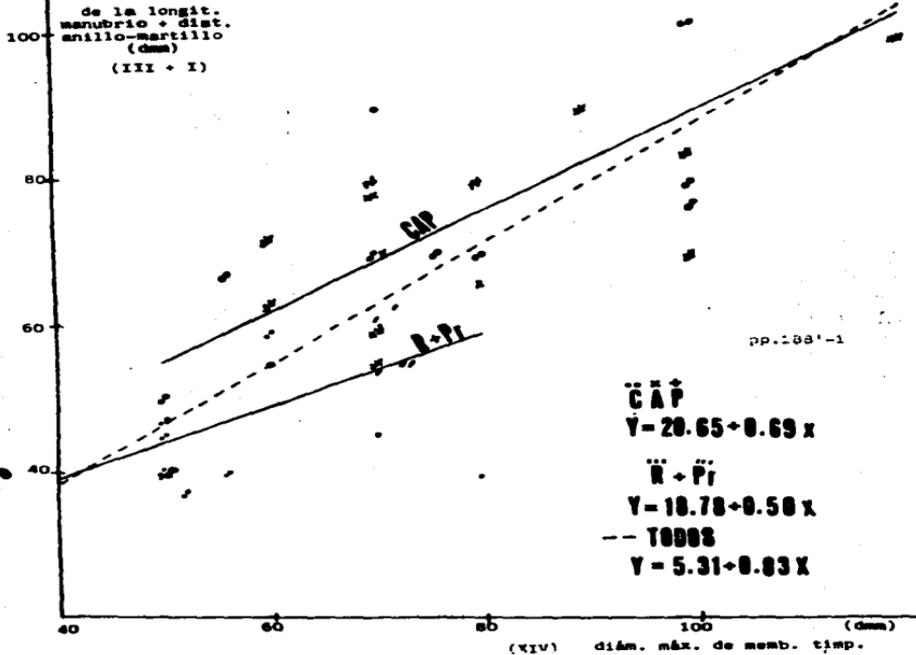
	todos
r	0.58
t	4.76
p	<0.001
a	22.42
b	0.45

Relaciones específicas

En los capítulos C (entrada y salida) y en este capítulo E (tamaño de los huesecillos) se presentan los

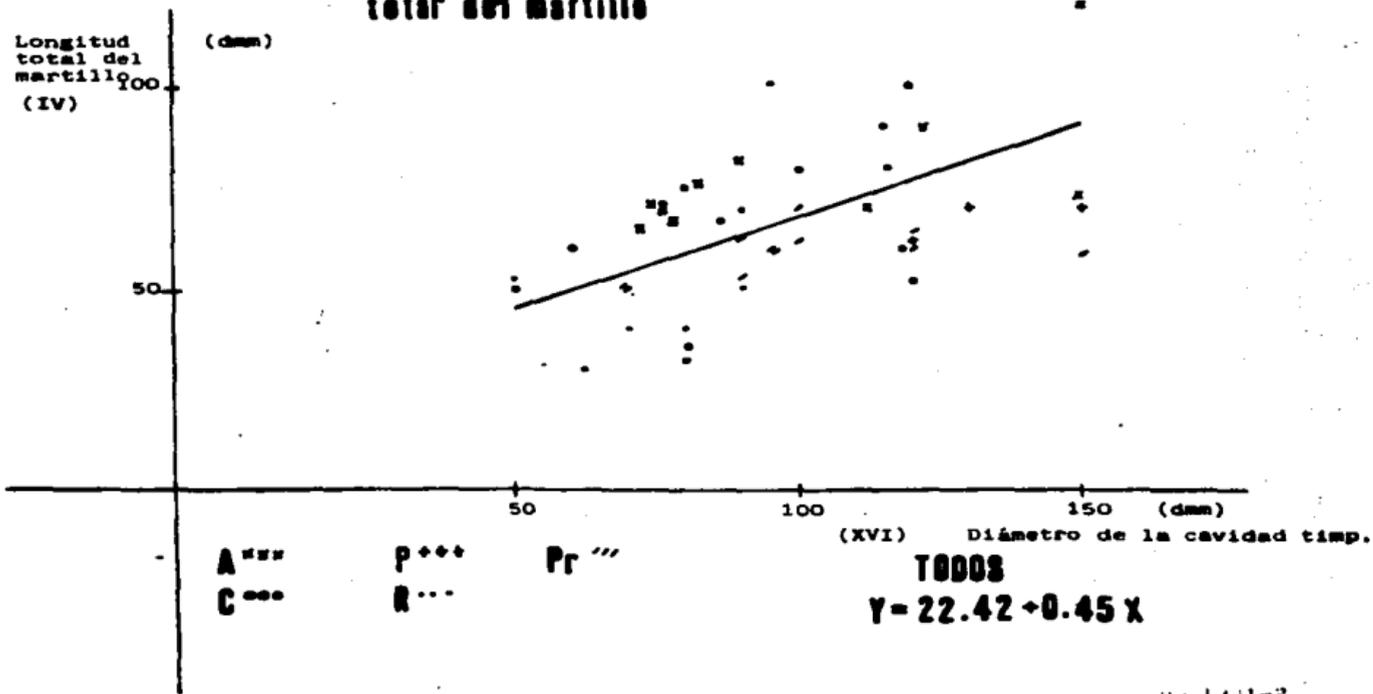
GRAFICA 20

**Relación entre el diámetro máximo de la membrana timpánica (x)
y la suma del manubrio con la distancia antio-martillo (y)**



GRAFICA 21

Relación entre el diámetro de la cavidad timpánica y la longitud total del martillo



promedios esquematizados de esas mismas 16 variables pero por cada uno de los grupos de órdenes, además de las correlaciones respectivas y las gráficas que ilustran las funciones que rigen las variaciones correspondientes de cada par asociado de dimensiones.

En el capítulo A, de presentación general de los promedios de cada variable, se formaron 9 grupos con las 16 variables y se establecieron 8 afirmaciones comparativas entre ellas.

Puede advertirse que esas 8 afirmaciones son válidas para un punto determinado: el cruce de los promedios de las dos variables, calculados los promedios con todos los individuos, pero tales afirmaciones no son válidas cuando se estudia la forma en que covarian dos variables en las distintas especies de un orden, o de un conjunto de órdenes o en el total de las especies. El significado, de tales afirmaciones requiere conocer la correlación y la función que regula tales variaciones, lo que es dado por el coeficiente de correlación y la función de covariación que han sido proporcionadas en este y otros capítulos anteriores. Por este motivo se repiten esas 8 afirmaciones, incluyendo en cada caso la magnitud de la correlación y la función de covariación. (ver capítulo A, Cuadro 5-A, donde aparecen estas afirmaciones limitadas a la comparación de las medias aritméticas de las 47 especies).

a) (IV) longitud total del martillo = 70 % del diámetro de la cavidad timpánica (XVI)
 $r = 0.58 \quad Y = 22.42 + 0.45 X$ (gráfica núm. 21)
donde Y = longitud total del martillo.

b) (XV) diámetro mínimo de la membrana = 80% del diámetro máximo (XIV)
 $r = 0.88 \quad Y = -17.47 + 1.04 X$ (gráfica núm. 3)
donde Y = diámetro máximo.

c) (III + I) manubrio + distancia al anillo timpánico = 90% diámetro máximo de la membrana (XIV)
 $r = 0.79 \quad Y = 5.31 + 0.83 X$ (gráfica núm. 20)
donde Y = suma del manubrio y distancia al anillo.

d) (I) distancia del anillo al martillo = 45% largo del manubrio (III)
 $r = 0.54 \quad Y = 9.99 + 0.24 X$ (gráfica núm. 19)
donde Y = distancia del anillo al martillo.

e) (V) longitud del proceso anterior del martillo = 40% de la cabeza del martillo (II)
 $r = 0.50 \quad Y = 1.09 + 0.36 X$ (gráfica núm. 18)
donde Y = longitud del proceso anterior del martillo.

f) (VIII) longitud del proceso largo del yunque = 90% del diámetro del cuerpo del yunque (VI). En el total no hay correlación y no es válida la afirmación.

ción, pero para el grupo CAP = 85 %, y si es válida esta afirmación.

$r = 0.51$ $Y = 7 + 0.57 X$ (gráfica núm. 17)

donde Y = longitud del proceso largo del yunque.

g (XII) longitud de los pilares = 75 % del diámetro anteroposterior de la base del estribo (X)

$r = 0.69$ $Y = 7.06 + 0.44 X$ (gráfica núm. 16)

donde Y = longitud de los pilares.

h) (IX) tamaño de la cabeza del estribo = 70 % del agujero obturado (XIII)

r = no existe.

Es importante señalar que en ningún par de variables cuya relación se exploró, surgió una distribución espacial específica para cada orden o grupo de órdenes, sino que, en todos los casos ocurrieron superposiciones indistintas no se logró formar un mapa taxonómico como ocurrió con otras medias como fue el caso de los pesos de los huesecillos y de algunas dimensiones de la entrada y de la salida.

VII DISCUSION Y CONCLUSIONES

Las estructuras de los seres vivos han evolucionado tanto fisiológica como morfológicamente a través del tiempo. En el caso de los mamíferos y en particular las estructuras, que en este trabajo nos referimos, a las auditivas, esta evolución ha ocurrido a medida que han ocupado diferentes tipos de hábitats; Van Berjeick, en 1967, dice que esta evolución se presenta propiamente desde el periodo mezozoico de los reptiles tetrapodos. Debemos entender en la evolución de estas estructuras ha ocurrido como un proceso gradual y continuo.

Los huesecillos del oído medio filogenéticamente tienen un precedente con función diferente en los peces y en los anfibios hasta conformarse en los mamíferos. Los primeros vertebrados que desarrollaron el oído medio, son los anuros, hecho importante, porque estos animales cambian del medio acuático a la tierra.

Se considera que las estructuras anatómicas contenidas en el oído medio, son las mismas para todos los mamíferos; sin embargo, se llegan a detectar algunas modificaciones en ellas, que las hacen ser diferentes en unos casos en ciertos órdenes de mamíferos, y que en otros, las hacen ser similares. De esta manera se pueden considerar estas estructuras parámetros importantes y dignos de tomarse en cuenta en auxilio de la taxonomía de los mamíferos a nivel más arriba de los órdenes.

Dado que una rutina para clasificar a los mamíferos hasta ahora es tomar estructuras clave que identifiquen a un determinado organismo por medio de ellas, y separarlo del resto de los ejemplares que no lo tengan, es necesario detectar aquellas estructuras que nos indiquen la diferencia específica entre los organismos.

A pesar de que las clasificaciones se hagan con diversos criterios, éstas tratarán de reflejar, de uno y otro modo, el orden natural que existe en la naturaleza. El éxito que tengan las clasificaciones dependerá en mucho de la selección y forma de tratarse a los caracteres, la manera en que se pueden medir, contar, asignar, el origen, naturaleza, variación y criterio de estimarlos, para una correcta y eficiente aplicación en la taxonomía, por eso en este trabajo, tratamos de ordenar lo mejor posible las características morfológicas del oído medio, para que se tomen en cuenta en la taxonomía de los mamíferos.

Algunas características no ocurren aisladamente, sino se presentan en grupos, dentro de estas características existen las cualitativas y las cuantitativas que van a determinar los agrupamientos entre órdenes, familias o géneros. Por lo que una buena característica taxonómica es aquella que no está sujeta a una amplia variación en individuos similares, y no se

modifique fácilmente con variaciones del medio ambiente, y además debe presentarse constante en una población, características que reúne el contenido del oído medio en mamíferos.

El origen genético de las características, y la manifestación fenotípica de ellas, es la combinación entre los genes y medio ambiente que se refleja en la selección natural de los organismos, en un espacio y tiempo determinados. Si un orden o grupos de órdenes de mamíferos tienen más características diferentes del oído medio, tendrán más diversidad y serán más complejos que los demás.

Hasta hace algunos años, sólo se había tomado en cuenta para la clasificación de los mamíferos, datos morfológicos generales exclusivamente; posteriormente se empezó a considerar datos fisiológicos, genéticos, de comportamiento, ecológicos, hábitos alimenticios, simbióticos, bioquímicos y hasta de nivel proteico; también se han hecho algunos intentos de taxonomía numérica computarizada, basados en la similitud de las características de los organismos, sin tomar en cuenta a la filogenia de ellas, pero una combinación de características morfológicas, filogenéticas y bioestadísticas por medio de correlaciones entre ellas, no se había hecho, ni se habían empleado pruebas, que nos pudieran indicar si una determinada característica es exclusiva de un grupo ó compartida por uno, dos o varios

órdenes. Como por ejemplo dentro del oído medio de los mamíferos, la presencia de los tres huesecillos, su peso y características exclusivas de este en los diferentes órdenes de mamíferos.

A continuación describiremos algunas características morfológicas y morfométricas, que son importantes para apoyar nuestra hipótesis planteada, en cual propusimos: que si los mamíferos tienen un patrón estructural morfológico similar en lo general, y con características propias a nivel de orden, que los diferencien entre sí, entonces las características morfológicas del oído medio serán también similares en lo general y particulares para cada orden. Y podrán tener una aplicación taxonómica en un futuro, una vez complementado este estudio, como se mencionará al final de este trabajo, con la parte fisiológica.

Debido a que no se han tomado en cuenta hasta ahora las estructuras del oído medio en todos los órdenes de mamíferos terrestres, como una clave formal en la taxonomía a nivel orden, sino sólo algunas características del oído externo, a comparación de los reportes hechos en los mamíferos marinos, en los cuales sí se han hecho varios reportes, discutimos los siguientes hechos morfológicos.

1) La bula timpánica puede tener forma de esfera y estar llena de aire, se dice que actúa como una caja de resonancia para amplificar los sonidos, apoyamos este

hecho fisiológico, con el hecho morfológico, de que en la mayoría de los mamíferos con intervalos de audición grandes, presentan una bula timpánica grande. Este factor también dependerá de la conformación ósea de la bula timpánica, pues según Boltz y Lim en 1972, en los quirópteros el hueso timpánico, que forma parte de la bula timpánica, puede unirse al endotimpano, o como en los carnívoros. O puede presentar un septo y dividirse en dos porciones, o ser doble, como nosotros la observamos en los carnívoros y en mamíferos pequeños. O unirse al escamoso como en los fócidos (Lilly y Miller, 1961).

La bula timpánica también puede ser una estructura de aislamiento del oído del resto del cráneo, como sucede en los cetáceos, en que únicamente se une la bula al cráneo por un ligamento, y queda aislada. lo que evita que no interfieran los movimientos de la mandíbula y de otros huesos en el funcionamiento de la audición. (Keen, 1941).

Según Van der Klaauw en 1931, la bula timpánica grande es una característica primitiva. Pensamos que la bula es una buena característica morfológica para la taxonomía en mamíferos, si puede funcionar como cámara de resonancia, por su gran tamaño, es una característica con una evolución más desarrollada para la audición, que la cadena de huesecillos.

Por otro lado, nosotros no encontramos abertura o agujero en la bula en ningún ejemplar, como lo menciona Hunt en 1973.

Webster en 1960, menciona que la bula aumenta la sensibilidad auditiva. Keen en 1941 menciona que la bula es un elemento notable en la base del cráneo para taxonomía, y es de aparición filogenética más reciente que los huesecillos. Nosotros pensamos que todos los mamíferos presentan bula timpánica con más o menos grado de desarrollo en su capacidad de contener el aire.

2) En lo que se refiere al proceso mastoideo, pensamos que es de ontogenia tardía, ya que sólo se encontró bien desarrollado en el humano, y en el resto de los mamíferos sólo se presenta como una prolongación del hueso timpánico y del hueso escamoso. O existe fusionado a la bula timpánica, como lo menciona Kellog y col en 1953. Este hecho se apoya porque el hombre al adquirir la posición erecta, se le desarrollan mucho los músculos del cuello, y la inserción de ellos, se efectúa en el proceso mastoideo precisamente, por lo que está muy desarrollado, y a su vez existe como complemento de esta modificación la reducción del tamaño de la bula timpánica.

Según Minchcliffe en 1969, en los carnívoros y roedores no se observan las celdillas mastoideas, y nosotros, si las llegamos a observar los primates, insectívoros y perisodáctilos.

Según Reysenbach en 1957, en los cetáceos existen muchas celdillas mastoideas, y estas les permiten equilibrar la presión en el oído al llenarse de sangre como un tejido cavernoso durante el buceo.

3) La cavidad timpánica es una estructura muy estable, y es grande por lo que funcionalmente tiene resonancia también, pues en experimentos hechos con cajas grandes para captación de ondas en modelos físicos la resonancia es mayor, que en las cajas pequeñas (Fleisher, 1978). Según Webster en 1960, si se presenta en un mamífero la cavidad timpánica grande, tendrá una bula timpánica también, pero esto lo contradecimos con nuestros resultados obtenidos, pues en la mayoría de los casos, la cavidad timpánica es grande y la bula también.

En el caso de los animales cavadores, como es el caso del topo, en la que la transmisión de sonidos es vía ósea, como una adaptación óptima a este tipo de hábitat subterráneo, o de vida nocturna, tienen una cavidad timpánica mediana, y pensamos que no hay relación entre el tamaño de la cavidad y el tipo de captación de ondas sonoras del oído, aunque sea por vía ósea (a través de vibraciones de los huesos de todo su cuerpo, y no transmisión áerea, Henson, 1961).

4) Los huesecillos del oído medio no sólo son estructuras intermediarias entre la membrana y la cóclea, tienen movimiento de émbolo (Fleisher, 1978). Esto se

puede apoyar un poco con nuestras observaciones, ya que la posición de las articulaciones del yunque y el proceso largo de éste con el estribo, son paralelas al martillo, y el estribo tiene por tanto una movilidad más compleja, al girar el proceso lenticular del yunque, ya que, está más fijo del lado posterior, que del anterior en la mayoría de los casos, por otro lado, debido a la acción del músculo del estribo, se ejerce más balanceo del lado anterior, que del posterior, al jalarlo, este último, por la fuerza de contracción, y mecanismos de contrarrestar a esta fuerza. Este hecho (según Osterfield, 1980), permite cambiar el eje de rotación de los huesecillos y favorece el momento de inercia para obtener una mejor audición. Pensamos que tanto el desarrollo más amplio de la base del estribo, en su porción anterior y giro del proceso lenticular del yunque, en un ángulo más grande, ayuda a que el eje de rotación sea en sitio de más masa de los huesecillos, para facilitar la inercia en la fisiología de transmisión de sonidos.

5) En lo que se refiere a la membrana timpánica según reportes de Fleisher en 1978, es mayor en los mamíferos del desierto, tiene forma de U en los carnívoros y en los ungulados, tiene forma de cono en los cetáceos y es más gruesa y fuerte que en los terrestres. Nosotros observamos que en la mayoría de los ejemplares a la membrana timpánica es ovalada y yace casi vertical, con respecto a la base del cráneo, excepto en los

primates, que presenta una posición inclinada con tendencia a la horizontal, (como la presenta también el humano), es decir hacia adelante y abajo, esto puede explicarse por su posición casi bípeda en los primates, y que cambia su eje, como un proceso evolutivo en este orden en especial.

La membrana timpánica va a tener el límite de crecimiento en sus diámetros, dado por el tamaño del anillo timpánico que limitan su borde, y aunque en casos excepcionales la encontramos redonda, en la mayoría es ovalada, y creemos que no va a llegar a suceder que el diámetro mayor sea rebasado en longitud por el diámetro menor, por los cálculos estadísticos hechos anteriormente.

Según Kellog en 1928, la membrana timpánica se transforma en un cono o ligamento timpánico aplanado con dirección dorsoventral, como se aprecia en la figura 5, es cóncava, mide de 7 a 10 mm en los delfines y en algunas ballenas del orden de los misticetos alcanza a medir de 30 a 40 mm. Esta adaptación mejora la audición bajo el agua, especialmente para sonidos de bajas frecuencias, aísla la cavidad timpánica y su membrana, del cráneo y del medio externo, y tiene menor contacto con el martillo, casi para funcionar como un péndulo dentro de la bula timpánica, que está unida únicamente por un ligamento al cráneo. En general el diámetro de la membrana de los mamíferos terrestres es mayor al del

humano, y esto permite una mayor amplitud de de captación de ondas sonoras. Comparamos estos datos de mamíferos marinos con los terrestres obtenidos en este estudio, porque son los que tienen más reportes respecto a la fisiología de su oído y como no pudimos obtener en este trabajo ejemplares, los consideramos como un punto de comparación con nuestros estudios para complementarlo, con reportes de otros autores.

6 - En lo que se refiere al yunque, según reportes de Reysenbach en 1957, este proceso largo, es el único que se localiza de gran tamaño en los cetáceos. Nosotros hemos observado que el yunque es el menos variable de los tres huesecillos, únicamente en algunos artiodáctilos y primates, el proceso largo es de menor tamaño que el corto. En roedores y marsupiales su cuerpo es pequeño, como excepción. Y como un factor importante, es el único huesecillo como excepción en los artiodáctilos, que pesa más que el resto de huesecillos, y de órdenes estudiados. Factor que consideramos muy importante y clave para la aplicación de él en la taxonomía de mamíferos, a nivel orden, desde luego ampliando el número de representantes estudiados, y de órdenes.

7 - En lo que se refiere al estribo, se dice que la presión de ondas sonoras en la membrana vestibular es de 22 veces mayor que en la membrana timpánica. el diámetro de la base del estribo, en nuestros cálculos encontramos que cabe 16 veces en el de la membrana timpánica. Y es

casi proporcional el aumento del diámetro con el de la presión, en la mayoría de los ejemplares los pilares son más grandes que el cuerpo del estribo. Sólo en algunos primates (como el mono papión, mono rojo y zaraguato, quirópteros y marsupiales), los tienen más cortos que el cuerpo. Pensamos que esto trae como consecuencia que la arteria estapedial al reducirse el calibre del agujero obturado, por ser más cortos los pilares, se desvía, como uno de tantos factores que intervienen en este proceso de desviación.

Según Stephens en 1972, en el desarrollo embriológico del oído durante la ontogenia de los mamíferos, la arteria estapedial tiene su trayectoria a través del agujero obturado del estribo hasta llegar al tercer mes de gestación en los humanos, y a las primeras semanas en otros mamíferos pequeños; después de este periodo desaparece y con la evolución el tamaño de los mamíferos se agrandó el calibre de esta, y el paso de la sangre que conduce, ejerce movimientos de pulsaciones constantes, que impide el equilibrio y reposo de los huesecillos, a movimientos extraños a las ondas de presión auditivas, produciendo "ruido". Al crecer al agujero obturado o ampliarse con el ritmo de crecimiento de esta arteria, tiene un límite dado por los pilares del estribo, por lo tanto, se dice que los pilares del estribo están relacionados con el desvío de esta arteria estapedial. En algunos carnívoros la rama promontoria de la arteria estapedial, está reducida o se pierde. Según

Peterson y col, en 1969, en los carnívoros la arteria va a través de un canal óseo en el borde medial superior de la bula. En los monos va internamente, y en los fócidos este canal está detrás de la pared medial de la bula.

La base del estribo está más sobresalida del lado anterior que en el posterior, en algunos casos, y creemos que esto se debe a que el músculo estapedial (que se inserta en el pilar posterior del estribo), ejerce mayor fuerza en su lado y como consecuencia, se efectúa un equilibrio del otro lado de la base del estribo, desarrollándose más apoyo del lado anterior, más área de contacto. Pero para poder afirmar esto, se necesita medir la fuerza del músculo estapedial por un lado, y por otro, medir el área exacta de la base del estribo y de esta saliente, para poder comprobar este fenómeno.

Parece ser que se ha reportado por algunos autores, (Garfield, 1971, Neef, 1967), que el estribo funciona como una válvula, y que su apoyo sobre la base sería en la porción anterior, por lo tanto, se desarrollaría más masa de contacto de éste último lado, que del otro.

La fuerza que se ejerce en el estribo por los movimientos mecánicos de las ondas sonoras se reparte en los dos pilares del estribo, y se concentra de nuevo en la base del estribo, es por esto que dicha base tiene una forma ovoidal, elíptica, es decir, que tiene menos superficie, que una circular, y por lo tanto se

intensifica la presión en ese sitio, más aún que si fuera circular, esto ayuda a amplificar la presión que se recibe en el estribo y transmitirla a la ventana vestibular.

El agujero obturado grande es una característica de los roedores, y aún en algunos ejemplares grandes, como los artiodáctilos, perisodáctilos, algunos insectívoros, lagomorfos se presenta también. Esto es un factor más del cual va a depender directamente el que la arteria estapedial siga su curso a través de él, en la vida adulta de los mamíferos, o se desvíe a otro curso, ya que se observa que en la mayoría de los ejemplares esta arteria pasa desviada del agujero obturado.

En general la cabeza del estribo es más pequeña en todos los ejemplares, este factor hace que la superficie de contacto entre ellos, y el proceso lenticular, sea casi como un solo pilar continuo, que hace que no se pierda la fuerza de presión.

Se ha visto que en muchos cetáceos se pierde el agujero obturado del estribo y los pilares se llegan a fusionar en el centro, se hacen más compactos y más pesados y da un movimiento de péndulo independiente del resto del cráneo. En la mayoría de los ejemplares aquí estudiados, hemos observado que el estribo, es el huesecillo más delgado en cuanto a tejido óseo, ya que en ocasiones se ve traslúcido, pensamos que debe ser más ligero que el resto de los huesecillos, lo que permite

que la presión que va a transmitir no disminuya su fuerza, con la cantidad excesiva de masa que pueda tener, y por esto los dos pilares le dan la fuerza necesaria para que no se rompa, como podría suceder en el caso de ser un solo pilar o columela, como el que tienen los anuros y las aves.

El diámetro dorsoventral de la base del estribo es más angosto que el anteroposterior y es más elíptica en los roedores que en el resto de los ejemplares.

Según Fye Ade en 1968, no todos los mamíferos tienen músculo estapedial, y su ausencia es una adaptación a las bajas frecuencias. (reportado en roedores y trabeculados). Nosotros, lo hemos observado bien desarrollado en la mayoría de los ejemplares, y pensamos que también es un músculo que evita daños que las altas intensidades de sonido puedan causar al oído medio.

B - Respecto a los pliegues mucosos, los únicos que tienen pliegue mucoso de la membrana timpánica son el hombre, el hipopótamo, el tlacuache, el canguro, murciélago, mono araña, tejón, lince, gato montés, león, tapir, chivo, venado con rayas y antilope. Le damos mucha importancia a este pliegue pues tiene poco de que se reportó por nosotros en la literatura (Lara, y col, 1972, Lara y Cuspinera, 1976).

Pensamos que los pliegues mucosos dividen en compartimentos a la cavidad y esto favorece el hecho que

en ellos se puede detener en un momento dado las infecciones que puedan existir, como una barrera natural de defensa del organismo, y no se siga la infección.

Estos pliegues sirven de sostén de los huesecillos, músculos y vasos.

Hemos observado que en algunos casos en los humanos, los pliegues mucosos se pueden calcificar con la edad y producir la paulatina pérdida de la audición. hacen más rígida a las estructuras con la edad la mayoría de estos se calcifican. Además de servir de sostén a los huesecillos, músculos y vasos, los pliegues sirven para formar compartimentos dentro de la cavidad timpánica, y en un momento dado pueden detener algunas infecciones que se presenten en el oído medio. Por otro lado, su presencia puede ser el camino de la osificación hacia los ligamentos, y producir posteriormente otosclerosis o endurecimiento de los medios de fijación de los huesecillos, con la consecuente pérdida paulatina de la audición.

9 - En lo que se refiere al martillo, es el huesecillo que presenta más variaciones morfológicas del resto de las estructuras del oído medio, casi siempre su manubrio está en contacto con la mitad de la membrana del tímpano, y en algunos casos rebasa de la mitad. Esto le dá más rigidez a la membrana y mayor vibración de manera general, sin que se produzcan ondas de rebote en él, por

la manera en que se inserta el manubrio en la membrana, y de esta manera no se pierde la fuerza de presión de las ondas sonoras.

Sólo en roedores se presenta el manubrio con tejido óseo poco denso, el resto de los órdenes lo presentan muy denso.

10 - Los perisodáctilos, y el tejón tienen espina timpánica posterior en el martillo, los artiodáctilos y primates también tienen la lámina ósea desarrollada, y el resto carece de ambas estructuras en su martillo, pensamos que esta espina y lámina ósea le da fuerza de apoyo al martillo paralela al manubrio, para que no se pierda el eje de rotación normal de los huesecillos, pues en el caso de los artiodáctilos, observamos que la articulación entre el martillo y yunque es dura, y se va perdiendo, y se va volviendo una sola osificación entre ambos huesecillos, y esto podría traer como consecuencia que se desarrolle otro punto de apoyo.

El proceso grácil sólo se observa en los primates y ésta poco desarrollado en roedores.

Hay mayor rigidez en la membrana si tiene mayor superficie de contacto con ella el manubrio del martillo. Y hace que vibre menos por el peso y resistencia que soporta en su parte medial, y responderá al menor choque de las vibraciones sonoras, sobre todo las de alta frecuencia. Entre más rígida sea la membrana, más se

favorece la recepción de altas frecuencias, y por lo tanto aumenta la vibración intradésea y la no linealidad del oído. Hallpike y col en 1960, mencionan, que los tonos altos se transmiten mejor si hay más estiramiento en la membrana, y que la impedancia se disminuye si hay más rigidez en ella.

En 1957 Reysenbach, Lilly en 1961, y Odend en 1966 reportan que en los cetáceos no existe el manubrio del martillo, sino que se ha reabsorbido, se compacta el martillo al máximo, y tiene contacto con el cono timpánico sólo en un pequeño extremo, debido a que la membrana está reducida también a un ligamento o cono timpánico.

El ángulo que se forma entre los huesecillos, en sus articulaciones, pensamos que mejora el eje de rotación de los mismos huesecillos, para que quede el eje en el sitio de más masa ósea, de esta manera la impedancia se reduce, y se transmiten óptimamente las vibraciones sonoras al oído interno.

11 - Respecto al anillo timpánico, es el hueso que sostiene a la membrana y deriva del hueso angular de los peces y reptiles, como ya se mencionó, pensamos que la inclinación que tenga con respecto al piso de la cavidad puede deberse, a la gran dilatación o aumento de tamaño de la cóclea de algunos ejemplares. Según Keen y col, en 1941, esta inclinación del anillo timpánico es una característica primitiva y poco especializada, pensamos

que también es más marcada en los primates, por su posición casi bípeda, y también bípeda en el humano.

Las estructuras morfológicas y morfométricas del oído medio son importantes para auxilio de la taxonomía de los mamíferos a nivel más arriba de los órdenes.

Esto es, debido a que no encontramos diferencias muy significativas a nivel de especies, ni de géneros, ni de familias de los mamíferos, se consideren las características del oído medio a nivel de orden, y además proponemos que haya un superorden, o una infraclase que agrupe a los pequeños mamíferos (marsupiales, insectívoros, quirópteros, lagomorfos y roedores), que tienen características muy similares en lo que se refiere al oído medio y que sus magnitudes no son significativas estadísticamente, del resto de órdenes de mamíferos como se observa en los resultados morfométricos.

A su vez faltaría complementar con más representantes de los órdenes de mamíferos aquí estudiados y nuevos representantes de otros órdenes que no se pudieron obtener. Para que quedara completo este estudio en lo que se refiere a la morfología del oído medio en mamíferos, con aplicación taxonómica.

Como una segunda propuesta a una serie de nuevas investigaciones además de las morfológicas y morfométricas del oído medio, de las fisiológicas, para complemento del estudio anterior.

Y una serie de investigaciones posteriores de cada una de las características morfológicas, fisiológicas, ecológicas, geográficas, genéticas de los mamíferos tratadas con una evaluación numérica de sus similitudes entre los grupos de órdenes por medio de la computadora, sin perder de vista el punto filogénico, tan importante y que no se ha podido incluir en este tipo de taxonomía numérica y que también relaciona la explicación significativa de las características que han evolucionado y las que lo están haciendo.

Proponemos para poder hacer un estudio completo de la fisiología auditiva en estos mamíferos se tomen en cuenta los siguientes puntos:

Los intervalos de audición tan variados en los diferentes animales y que van a depender de muchos factores, y entre ellos se mencionan:

a) El desarrollo del oído externo, medio e interno, que tienen los diferentes animales, en relación con un determinado medio ambiente.

b) La temperatura (templada o alta), que está en el medio ambiente donde se capta el sonido.

c) El medio físico en que se propagan las ondas sonoras (más rápido en el agua que en el aire).

d) La velocidad de transmisión del sonido depende de la distancia desde donde se produce al sitio de captación de éste.

e) El grado de dependencia de la audición, para la sobrevivencia.

f) El grado de desarrollo del núcleo auditivo cerebral en los animales.

g) La especialización de la cóclea a la recepción de ondas de frecuencias altas o bajas.

h) el medio ambiente en que se localice el animal.

i) Además de otras características como las genéticas, de comportamiento, geográficas, etc.

La función básica del oído medio es recibir las ondas sonoras, amplificarlas y transmitir las, provocando un cambio de la presión en la perilinfa y en la endolinfa del oído interno. Los intervalos de audición de los diferentes animales depende de muchos factores, y entre ellos se mencionan los siguientes: el grado de especialización anatómica a nivel del oído medio y del interno que tienen los diferentes animales en un determinado medio ambiente, aprovechando óptimamente factores como son: temperatura, medio físico en que se transmiten las ondas sonoras, velocidad de transmisión del sonido, grado de dependencia de la audición para la

sobrevivencia, grado de complejidad de el núcleo auditivo cerebral, evolución y especialización de la cóclea a la recepción y de ondas de frecuencia altas o bajas y medio ambiente en que se localiza el animal (Harrison, 1979).

Para el estudio de los intervalos de audición que tienen los diferentes órdenes de mamíferos es necesario tener los equipos adecuados con las unidades de medición uniformes y la certeza de que efectivamente el ejemplar está captando la emisión de ondas sonoras de diferentes frecuencias, para comparar estos datos con los de la morfología de su oído y de esta manera tener una visión más completa de la morfofisiología del oído en mamíferos silvestres.

Respecto a los resultados morfométricos tenemos las siguientes observaciones:

Los órdenes se asocian entre si cuando la variable que se maneje adquiere la misma magnitud estadísticamente hablando, y son diferentes de las demás por sus medias aritméticas y la significación de sus diferencias. Se representan asociaciones entre si y diferencias por puntos o vértices dentro de los esquemas gráficos de grupos de órdenes (figuras 24 y 25). Pensamos que estos esquemas tienen mucha aplicación, porque señalan la manera en que las magnitudes de las variables estudiadas de los cinco órdenes se computan, ya sea que indique, si un orden presenta la magnitud de su variable exclusiva, que haga que se diferencie del resto,

o si esa magnitud es la misma para 2 o más órdenes. Además nos indica cuáles órdenes tienen más similitudes entre sí, considerando las medias aritméticas de sus variables, y cuáles tienen más diferencias. Esto, nos indica que orden tiene más diversidad de características. Esto es muy importante para que se considere en la taxonomía actual de los mamíferos. Dentro de este esquema gráfico observamos que ninguna asociación entre los 5 órdenes de mamíferos se produjo en la forma pentagonal, esto es, que todas las características hayan sido exclusivas de cada orden o diferenciados totalmente unos órdenes de otros. Ni tampoco se produjo el esquema puntual, donde todas las características de los 5 órdenes hayan sido iguales, ó sea que ninguna variable sea totalmente indiferenciada.

Al anotar las características exclusivas de cada uno de los 5 grupos de órdenes que se diferencian por sí solos en cuanto a las magnitudes de sus variables, que son diferentes estadísticamente, y no están asociados con los demás, tenemos diferentes frecuencias:

El grupo de pequeños mamíferos (R), se diferencia en 24 características de los demás.

El grupo Pr (primates), se diferencia en 6 características de los demás.

El grupo de P (perisodáctilos), se diferencia en 6 características de los demás.

El grupo C (carnívoros), se diferencia en 6 características de los demás.

El grupo A (artiodáctilos), se diferencia en 4 características de los demás.

En el Cuadro 1-F se muestran las 31 características estudiadas morfométricamente, e indica cuáles de estas características son exclusivas de cada orden por la magnitud que tienen sus medias y que tienen diferencias significativas.

CUADRO 1-F CARACTERISTICAS EXCLUSIVAS PARA CADA ORDEN.

esquema	variables	GRUPO (R)
lineal,	I, II, VII, VIII, IX, X,	XI, XII, XIV, XV, E, F, G.
triangular,	IV, V, VI, XVI, XVII, XVIII,	XIX, XX, XXI.
rectangular,	A, I'.	
		GRUPO (Pr)
lineal,		
triangular,	IV, V, VI, XX	
rectangular,	A.	
		GRUPO (A)
lineal,	XIII, C	
triangular,		
rectangular,	B, D.	
		GRUPO (P)
lineal,		
triangular,	XVI, XVII, H	
rectangular,	I', B, D.	
		GRUPO (C)
lineal,		
triangular,	XIX, H, J.	
rectangular,	A, B, D.	

Numeración de las características Del martillo:
 I - distancia anillo-martillo, II - largo cabeza martillo,
 III - largo manubrio, IV - largo total martillo, V -
 proceso anterior martillo.

Del yunque:
VI - diámetro cuerpo, VII - proceso corto, VIII - proceso largo.

Del estribo:
IX - diámetro cabeza, X - diámetro anteroposterior de la base, XI - diámetro dorsoventral de la base, XII - largo de pilares, XIII - amplitud del agujero obturado.

de la membrana timpánica:
XIV - diámetro máximo, XV - diámetro mínimo.

De la cavidad timpánica:
XVI - diámetro.

Pesos:
XVII peso martillo, XVIII, peso yunque, XIX peso estribo.

Largo de la cabeza:
XX - diámetro anteroposterior de la cabeza.
XXI - largo total del cuerpo.

Estos resultados se pueden usar como auxiliares en la taxonomía, pues es un método en el que se toma en cuenta tanto la filogenia, la evolución y las similitudes y diferencias numéricas de las características, por lo que es un criterio diferente a los utilizados anteriormente, en los que se basan en unas u otras características, pero no mezclan la taxonomía numérica, con la filogenia. Solamente que esto requiere hacer un programa complejo de análisis, usando los siguientes criterios que se sugieren para este propósito:

1) Usar las variables en las que un orden determinado presente una media aritmética diferente a todas las demás, desde el punto de vista estadístico.

2) Usar las variables en las que el valor máximo de un orden o grupo de órdenes sea igual o inferior al valor mínimo en el otro.

3) Hacer un plan de comparación por medias aritméticas, errores estándar, probabilidad de azar entre los grupos de mamíferos, en que un orden determinado sea indiferenciado y los demás grupos de mamíferos en los que ese mismo orden sea diferenciado.

Las agrupaciones que se hagan para ver en un momento dado que características diferencian a un orden y con que características se asocian a otro u otros, nos permite darle una base más sólida a los criterios usados en las clasificaciones taxonómicas con estas técnicas de análisis estadísticos, que de alguna manera, son técnicas, como ya dijimos taxonómicas numéricas, pero incluyendo a la filogenia.

Al comparar los coeficientes de variabilidad de la membrana timpánica, cavidad, martillo, yunque y estribo, observamos que las variables del cuadro 2-F tienen variabilidad exclusiva en esos grupos.

Para mayor detalle, consultar el anexo F-1, donde se calcularon las variabilidades de cada característica, su media por órdenes y grupos de órdenes, y las medias de ellos.

CUADRO 2-F
COEFICIENTES DE VARIABILIDAD EXCLUSIVAS DE CADA ORDEN:

Esquemas	Características	Ordenes con Variabilidades Exclusivas	Variabilidad (v)
MARTILLO			
lineal	II	R	32
lineal	III	(R, Pr)*	20
triangular	IV	R y Pr	24
triangular	V	R y Pr	77
triangular	XVII	R y Pr	27
rectangular	B	P, A y C	7
triangular	M	P y C	34
YUNQUE			
triangular	VI	R y Pr	24
lineal	VII	RR	13
lineal	VIII	R	25
triangular	XVIII	R, P y A	30
lineal	C	A	19
ESTRIBO			
lineal	IX	R	28
lineal	XII	RA	19
lineal	XIII	A	34
triangular	XIX	R y C	54
lineal	X	RR	27
lineal	XI	RR	31
lineal	F	R	38
rectangular	A	R, Pr y C	30
MEMBRANA TIMPANICA			
lineal	I	R	47
lineal	XIV	RR	16
lineal	XV	R	30
lineal	E	RR	31
lineal	G	R	65
CAVIDAD TIMPANICA			
triangular	XVI	R y P	17
rectangular	I'	R, Pr y P	46
triangular	J	C, R y P	35
CABEZA Y LARGO DEL CUERPO			
triangular	XX	R y Pr	32
triangular	XXI	R, Pr y C	85

Esto significa que la estructura que tiene más variabilidad es el el largo total del animal (XXI), y que su valor es de 85. Y en orden descendente de variabilidad le sigue la superficie de la membrana del tímpano entre la superficie de la ventana vestibular (G), con valor de 65, y después el peso del estribo (XIX), con valor de 54. Y también se observa que el peso del martillo con respecto al peso total de los tres huesecillos tiene menos variabilidad que el resto de las variables (valor 7). También observamos que el grupo de pequeños mamíferos es el que predomina en exclusividad en cuanto a sus coeficientes de variabilidad del resto de los órdenes, lo que apoya también, el hecho de separarlos en un superorden, como se propuso anteriormente.

Así mismo la variable III, que se refiere a la longitud del manubrio del martillo no tiene un orden con variabilidad exclusiva, sino un grupo que lo forman los órdenes R, Pre. Por lo tanto no es tan buena esta característica para la taxonomía.

La mayoría de los grupos tienen variabilidades que van entre los 20 y los 35, que en comparación con la variabilidad más alta de 85, no son tan grandes, y se puede decir que en general estas características morfológicas del oído son buenos parámetros para apoyar a la taxonomía.

En la mayoría de las características el grupo de pequeños mamíferos o R, es el que tiene variabilidades más exclusivas, que el resto de órdenes, y lo caracterizan en particular, por ellas, y esto viene a apoyar el que exista una categoría arriba del orden de los mamíferos, como superorden o infraclase que agrupe a estos pequeños animalitos, por sus características estadísticamente tan similares.

El grupo Pr, también tiene en muchos casos una variabilidad muy exclusiva de este grupo, que hace que se distinga de los demás, por esta característica.

Una de las características estadísticamente importantes, es la relativa constancia del diámetro de la cavidad timpánica, independientemente que la cabeza sea muy pequeña o muy grande, y por lo tanto es una estructura muy estable. El tamaño máximo de la cavidad es tres veces mayor que el mínimo, en cambio el tamaño máximo de la cabeza es 20 veces mayor que el de la cabeza más pequeña. Por otro lado, el porcentaje que de la cabeza ocupa la cavidad, es inversamente proporcional al tamaño de la cabeza, es decir, cada vez que aumente la cabeza la proporción de la cavidad disminuye. La correlación obtenida entre el porcentaje de la cavidad/cabeza y la longitud de la cabeza es muy alta ($r = -0.94$), donde $p = < 0.001$.

El grupo R tiene la cavidad y cabeza más pequeña de todos los demás, pero el porcentaje que ocupa la cavidad de la cabeza es el mayor (19.6 %) a comparación del que ocupa en los perisodáctilos (5.6%) a pesar de que su cabeza es igual a la de los carnívoros y artiodáctilos. Estas características son aprovechables taxonómicamente, porque tienen progresión aritmética.

Se calculó la siguiente relación entre estas variables:

La cavidad cabe 19 veces en la cabeza y 103 veces en el largo del cuerpo; la cabeza cabe 5.5 veces en el largo en promedio general.

Cuando hay correlación la descripción de las variables utilizando únicamente medias aritméticas resulta pobremente descriptiva, es más importante describir la covariación que hay de una variable con respecto a la otra en cada uno de los puntos dados.

Las relaciones que hay entre el largo del cuerpo, la cabeza / cavidad, y % de la cabeza/largo, y % cavidad/cabeza, van en sentido ascendente en los siguientes órdenes: $R > Pr > C > A > P$, y se agrupan los órdenes $R > P > (Pr = A) > C$, y $R > Pr > P > (A = C)$ en la variables, y la relaciones, y por lo tanto, cada uno de los órdenes en estas 5 características tienen un perfil característico único no compartido con ningún orden.

Con todas las 47 especies se mostró que:

- Todas las correlaciones son significativas y no son debidas al azar.

- Son positivas cuando se usan las unidades originales, y negativas cuando se usan los porcentajes.

- Son mayores las correlaciones al usar los logaritmos en el caso de cabeza y largo, y son mayores aún cuando se usan logaritmos y porcentajes.

- El uso de logaritmos para el cálculo de correlaciones es más apropiado para describir fenómenos biológicos, que el uso de las funciones rectilíneas, con sus unidades originales, porque existe mayor posibilidad de extrapolación.

En la correlación cabeza y porcentaje de cavidad/cabeza, las dos agrupaciones exclusivas que se destacan son en pequeños mamíferos, que el resto.

Las características referentes al análisis de la relación entre la membrana timpánica y la ventana vestibular nos dicen que la ventana vestibular cabe desde 4 hasta 40 veces en la membrana timpánica y la menor es la del grupo de pequeños mamíferos o R, y hay correlaciones altas entre los diámetros de ambas membranas.

La forma elíptica de las membranas hace que tengan mas presión y tienen menos masa o superficie que la forma:

circular, y esto ayuda a que no se pierda la presión de las ondas sonoras recibidas, y transmitirla de una manera más concentrada, dada por esa superficie elíptica, y tiene superficie relativa cada vez menor cuanto más alargada sea su elipse.

Los roedores tienen una superficie 4 veces más chica que los demás órdenes en su membrana timpánica, y los demás no tienen diferencias estadísticamente significativas.

Las medias de los diámetros máximos de las membranas de R, son más pequeños que los de los demás órdenes, igual al 67 % de los otros. Y la media del diámetro mínimo de R, igual al 46% del diámetro de los otros. Por lo tanto tienen una membrana más elíptica que las de los demás grupos, y esto favorece la transmisión, porque la superficie relativa de la elipse es menor que la superficie relativa del círculo, porque se aumenta la presión entre menos superficie haya, concentrándose más.

A medida que la membrana timpánica es más grande, disminuye su forma elíptica, pero esta tendencia tiene un límite de crecimiento producido por la cavidad timpánica, que es ósea, y esta cavidad biológicamente tiene un límite de crecimiento, dado por el tamaño mismo del cráneo, y por características genéticas y evolutivas, por lo que la membrana también tiene límite, razón por la cual no llegaría a ser circular teóricamente, por los cálculos que obtuvimos de la relación que existe entre

una estructura y otra, y sus correlaciones descritos en resultados, y puesto que la función del coeficiente de la variable X (diámetro mínimo), es inferior a la unidad en los grupos R y Todos - R, por lo tanto se mantiene la hipótesis elipsoidal.

Como caso especial, en la ventana vestibular, como excepción, se vió que en 4 especies (antilope Nyala, pécarí, gato y lobo), la medida de los diámetros de esta son iguales, o sea que es una membrana circular.

En la membrana timpánica el promedio del diámetro mínimo es igual al 80 % del promedio del máximo.

En la ventana vestibular el promedio del mínimo es el 65% del promedio del máximo, y la ventana es más elíptica y tiene menos superficie relativa. La superficie de la membrana timpánica del grupo R es dos veces menor que el resto de los órdenes y éstos últimos no tienen diferencias significativas entre sí.

Los coeficientes de correlación entre los diámetros no dan diferenciación entre uno y otro orden ($r = 0.67$) (gráfica 4), la asociación se da en todos los diámetros y éstos señalan una norma biológica general, representada por una función rectilínea, y dada por su comportamiento morfológico y posiblemente filogenético.

Entre la comparación de ambas membranas timpánicas se vió que existe un modelo lineal para el grupo R, donde

estos son diferentes del resto de los ordenes, y en todas las demás su correlación constituye un continuo, y no hay diferenciación. En lo que se refiere a la covariación de sus superficies, la función es rectilínea, en esto, las magnitudes de las superficies, en el caso de los pequeños mamíferos o grupo R, es una zona limitada, y menor que el resto, y el coeficientes de correlación es de $r = 0.68$. El promedio de veces que la membrana timpánica contiene a la membrana vestibular es desde 11, en el grupo R, hasta 18 en el resto de los ordenes (Cuadro B-C).

- La entrada es menos elíptica que la salida.

- Como contraste vemos que las funciones que regulan la covariación de los diámetros de la membrana timpánica indican que a medida que ésta es mayor, disminuye su elipticidad, en cambio las funciones que regulan la covariación de los diámetros de la ventana vestibular, indican que a medida que esta ventana es mayor, aumenta su elipticidad.

El análisis que se hizo para los pesos de los huesecillos nos dice que los pesos absolutos y relativos tienen un gran significado taxonómico, porque en el grupo de los artiodáctilos es más pesado el yunque que el martillo, como excepción, y en los demás es más pesado el martillo, lo cual los diferencia del resto de órdenes.

La variabilidad de los promedios de los pesos de los huesecillos disminuye a medida que el huesecillo es más

pesado. Esto es porque hay más masa en el huesecillo más pesado, y los cambios que tenga en masa, no se notan mucho a comparación de los cambios que hay en una masa más pequeña, si los comparamos.

Los pesos tienen diferentes magnitudes en cada grupo y se diferencian entre sí, esto es muy importante taxonómicamente, porque definen a cada orden por características particulares del resto de los demás. Se consideró que los promedios aritméticos de cada huesecillo hace que formen grupos triangulares, para los pesos aislados, es decir los grupos y la suma de ellos es un esquema rectangular. Se analizan de acuerdo a los porcentajes y así, en los artiodáctilos el yunque es el huesecillo de más peso (gráfica 6) y el martillo es el que menos peso tiene en todos los especímenes de este grupo. En el resto de los órdenes el martillo es el que más pesa comparado con los otros huesecillos, y el estribo es el menos pesado.

En general podemos decir que hay una asociación entre los pesos del martillo y el yunque, si aumenta el peso del martillo también aumenta el del yunque y viceversa. Y esta asociación está definida en el grupo formado por los órdenes Redores + Primates + Perisodáctilos y menos en los demás.

A medida que el peso del martillo ocupa un porcentaje mayor del peso total de los otros huesecillos el porcentaje del peso del yunque disminuye.

Es importante señalar que en la gráfica 8, la covariación de los pesos absolutos y en el porcentaje de los pesos del martillo y yunque describen en los artiodáctilos un yunque más pesado que el martillo y no es un caso que se considere aberrante, sino como particular, porque sigue la misma norma biológica general, ya mencionada, que rige a otros órdenes.

Los pesos relativos si tienen correlación, y covarian conforme a una función exponencial decreciente. Entre la cavidad timpánica y el peso total de los huesecillos si hay correlación significativa en el total, pero no la hay en cada uno de los 5 órdenes, ni tampoco existen mapas taxonómicos.

Respecto al tamaño de los huesecillos:

En todas las variables los promedios crecen de izquierda a derecha según la gráfica 15. donde los Roedores (R) es el más diferenciado con menores valores después le sigue el orden de los Primates (Pr), y después Carnívoros, Artiodáctilos y Perisodáctilos (CAP).

Se hicieron varias correlaciones entre variables del mismo huesecillo, y entre algunas del martillo con la membrana y cavidad timpánica. Las funciones de asociación son en todos los casos rectilíneas y en las que existe correlación, son aquellas entre el diámetro del cuerpo y proceso largo del yunque, en los grupos ACP.

En la cabeza y el proceso anterior existe correlación entre ACP y el total de los grupos.

Entre el manubrio y distancia del anillo al martillo existe correlación en C + A y en el total de los órdenes.

Entre la cavidad y el martillo hay correlación en el total de los órdenes.

Con estas mediciones no se formó un mapa taxonómico como en los pesos ni hay una distribución espacial específica para cada orden, sino que en todos los casos ocurrieron superposiciones indistintas.

Se propone en este trabajo que existen 4 modelos de asociación entre dos variables en este estudio:

1) El primer modelo en el que existe una función estadística que rige a todos los órdenes de carácter general y por cada orden o grupo de órdenes hay una zona específica que se diferencia del resto de los órdenes, representados esquemáticamente en las coordenadas X y Y, de las gráficas de los resultados. Y de aquí se puede inferir que existe una norma biológica que rige a estas características porque tienen una tendencia definida y limitada, o sea que dentro de cada uno de los órdenes, o agrupamientos de ellos si ocurre la superposición de valores de unos u otros, ya sea genéticamente, o por

influencia del medio, o por la misma tendencia evolutiva de esos órdenes.

Entre las características de este modelo se encuentran:

La longitud del espécimen en cm y el % de la cabeza/largo, donde quedan agrupados en una zona, los órdenes CAP, por un lado, el grupo Pr en otro, y otro el R (gráfica 2). Los diámetros de la membrana timpánica (gráfica 3), en la que R tiene una zona delimitada con su función, y Pr +CAP tienen otra función, y se agrupan alrededor de la curva teórica, con la función correspondiente a cada grupo, y todos los grupos tienen una función teórica homóloga con exponenciales negativas paralela, pero a estratos diferentes, y con coeficiente de correlación muy altos $r = -0.939$, donde propusimos una ley que rige a las variables largo y % cabeza/largo, que es a medida que la primera es mayor el % de la segunda es menor conforme a una función exponencial negativa.

La relación entre los pesos del martillo y yunque, donde existe un mapa de localización o mapa taxonómico de los diferentes órdenes en una zona bien definida, y que existe una función en cada grupo y no hay una función en el total de los órdenes. (gráfica 8)

En la relación entre los pesos relativos del martillo y del yunque en % (gráfica 9). Donde se delimitan muy poco las zonas abarcadas por cada orden,

pero si presentan función estadística, y no llegan a formar lo que llamamos un mapa taxonómico.

En la relación entre el por ciento del peso del martillo y el por ciento del peso del estribo, y además de la función, en este caso, existe mapa taxonómico en 4 grupos de órdenes. (gráfica 13). En donde se define bien su zona delimitada en los diferentes órdenes o grupo de ellos, por factores biológicos.

En la relación que hay entre las longitudes de la cabeza y del proceso anterior del martillo (gráfica 18). En donde nuevamente el grupo CAP se diferencia del resto y existe una función para todos.

En la relación entre el largo del manubrio del martillo y la distancia del anillo-martillo en dmm y en donde se diferencian los grupos C + A y el grupo de todos. (gráfica 19). Todas estas características, nos dan la pauta para considerarla en la taxonomía como exclusivas de estos grupos en cada caso.

En la relación entre el diámetro máximo de la membrana timpánica y la suma del manubrio con la distancia del anillo al martillo, donde se diferencian los grupos CAP por un lado y los R + Pr por otro, existiendo una función general para todos (gráfica 20).

El segundo modelo propuesto, en el que existe una función general que abarca todos los órdenes pero no hay diferenciación de los órdenes o grupos de órdenes

especificamente, y dentro de este modelo existen las siguientes variables:

El diámetro anteroposterior de la cabeza y el porcentaje cavidad timpánica / cabeza, donde hay una pequeña zona delimitada por los grupos Pr+CAP por un extremo y R por el otro (gráfica 1). Y se muestra la covariación en cada agrupamiento de órdenes. Las 47 especies se distribuyen a lo largo de la curva teórica, aunque se separe en una zona el grupo R de los demás. Y se comportan con la tendencia de la ley general teórica. lo mismo sucede en los siguientes casos.

El diámetro dorsoventral de la base del estribo y el diámetro anteroposterior de la base del estribo. (gráfica 4). Donde se representa por una función rectilínea general, y no hay coeficiente de correlación entre los diámetros, pero si lo hay en zonas o mapas taxonómicos, como costelaciones en ejes de coordenadas, poco delimitadas para cada grupo.

La superficie de la ventana vestibular y la superficie de la membrana timpánica (gráfica 5).

La relación entre el diámetro de la cavidad timpánica y el peso total de los huesecillos. (gráfica 14).

La relación entre el diámetro anteroposterior de la base del estribo y los pilares en dam (gráfica 16).

La relación entre el cuerpo y el proceso largo del yunque (gráfica 17).

La relación entre el diámetro de la cavidad timpánica y la longitud total del martillo (gráfica 21).

El modelo 3 al que le pusimos mapa taxonómico en el que en muchas ocasiones, no existe correlación para cada grupo ni función matemática, pero cada grupo se distingue del resto, porque tiene una zona ocupada en un espacio bien definido diferente de los demás. Y este mapa los distingue en ese par de variables. Esto es, el resultado de no encontrar relaciones, ni función general que los rijan, sino una zona delimitada por los valores de sus características propias que en una gráfica se muestra por una área delimitada para cada orden, o grupo de órdenes que están regidas por su propia biología.

La relación entre los pesos del yunque y del estribo, no hay correlación entre sí, pero cada uno ocupa un espacio definido en las coordenadas de la gráfica 10, y se tiene una distribución de mapa taxonómico.

La relación entre el porcentaje del peso del yunque y el porcentaje del peso del estribo (gráfica 11).

La relación entre los pesos del martillo y del estribo, donde no hay correlación, pero sí ocupan espacios característicos en el mapa taxonómico. (gráfica 12).

En el modelo 4 no hay mapa taxonómico, ni correlación, ni función rectilínea que abarque los órdenes, sino que una nube de puntos de datos, sin delimitarse en una zona determinada, la cual corresponda a un orden o grupos de órdenes, y no se distingue tendencia alguna, por lo tanto no hay diferencias para los grupos u órdenes en estas características.

Las observaciones más importantes de esta parte son: que la metodología que aquí se investigó para el estudio de las características morfométricas no se había llevado a cabo con anterioridad, solamente utilizando la metodología estadística tradicional, aquí se construye una nueva técnica de gráficas llamada mapas taxonómicos, en los que señalan en ejes de coordenadas los puntos exactos localizados en el espacio que ocupan las diferentes magnitudes de las variables de los órdenes, señalándolo como un sitio tipo constelación en un espacio específico, y aunque no tiene función que rija a sus variables, éstas se diferencian a simple vista en la gráfica, en algunos casos, en otros además de presentar el mapa taxonómico hay una función o funciones que rigen a esas variables. Se señalan también cuales son las características más importantes y constantes de las variables aquí estudiadas, para que se tomen en cuenta en la taxonomía de mamíferos. Por otro lado, se le da una explicación físico-estadístico-biológica a la forma de la membrana timpánica y ventana vestibular. Y se propone

que exista un superorden en el que se agrupen los pequeños mamíferos (R), los cuáles tienen características muy comunes entre ellos biológica y estadísticamente. Por otro lado, se relaciona con la metodología hecha en este trabajo a la taxonomía clásica, que toma en cuenta a la filogenia, y a la taxonomía numérica, que considera similitudes y diferencias entre sus ejemplares, como un modelo, para futuras investigaciones de otras características de los seres vivos.

Esta tesis se hizo con el propósito de estudiar las características morfológicas del oído medio, las relaciones y diferencias que existen de ellas en algunos ejemplares de 9 órdenes de mamíferos que pudimos reunir de los zoológicos, y que por medio de sus descripciones morfológicas, pesos medidas de diámetros, longitudes, cálculo de superficies de sus estructuras, y de la relación estadística que se hizo entre 10 variables relativas o compuestas más relevantes que obtuvimos de este grupo heterogéneo de mamíferos, pudimos conocer el comportamiento similar o diferente de las variables o características morfométricas en este grupo tan amplio; y como estas variables se relacionan entre ellas mismas, se diferencian en algunos órdenes o grupo de órdenes de los demás, por las magnitudes de cada variable o por las relaciones en los diferentes órdenes, así como su covariación, su comportamiento en las gráficas, donde lo más relevante que investigamos es el mapa taxonómico,

como una serie de constelaciones en un espacio dado por las coordenadas en una gráfica, en el que cada grupo ocupa un lugar definido en el espacio, aunque muchas veces no tenga función que riga a esas variables. Por otro lado investigamos que tanta variabilidad tienen las características en los diferentes órdenes, y cuales variabilidades son exclusivas de un orden, y cuáles variables son exclusivas también por su media aritmética. Apoyando la hipótesis propuesta en un principio. Todo esto para reforzar la morfología y morfometría del oído medio en los mamíferos, sobre todo los que están en vías de extinción y que tenga aplicación en la taxonomía actual, relacionando características filogenéticas, morfológicas, morfométricas y de taxonomía numérica computarizada, con el método expuesto en este trabajo, para beneficio del estudio de la Biología de los mamíferos.

VIII LITERATURA CONSULTADA

- AFANASIEV, E. y YURINA, N. A.: Histología. Ed. Mir, Moscú URSS. pp 309-318, 1983.
- ALLIN, E.: Evolution of the mammalian middle ear. J. Morph. 147: 403-438, 1928.
- ALVAREZ del Villar, J.: Anatomía comparada básica. Ed. Trillas, México. pp. 474-487, 1979.
- ALY, E. M. y SHAWTY, E. S.: The ossicular chain in mammals. Ann. Otol. 76, (4): 903-909, 1967.
- ANSON, B. J. y BAST, T.H.: Development of the stapes of the human ear. Quart. Bull. N. W. Univ. Med. Sch. 33, (a): 44-59, 1959.
- ANSON, B. J. y BAST, T. H.: Special senses. Callanders Surgical Anatomy. Ed. Saunders, Philadelphia, pp. 180-189, 1960.
- BARR, M. L., y KIERNAN, J. A.: El sistema nervioso humano. Un punto de vista anatómico. 4a. ed. Ed. Harla. México. pp. 339-349, 1983.
- BEECHER, M. D.: Studies on the hearing of the owl monkey. (*Aotus trivigatus*). Lab. Anim. Sci. 38: 1068-1072, 1976.
- BEECHER, M. D.: Hearing in the owl monkey I. Auditory sensitivity. J. Comp. Physiol. Psychol. 86, (5): 898-901, 1974.
- BLASE de, A. y MARTIN, R. E.: A manual of Mammalogy. With keys to families of the world. W. M. C. Brown Co. Pub. Iowa, 2a. Ed. pp. 1-303, 1975.
- BODEMER, C. W.: Embriología moderna. Ed. Interamericana. México, pp. 256-257, 1972.
- BOLTZ and LIM.: Audición en foca, león marino. Arch. Biol. (Esp.) 53: 1022-1029, 1972.
- BOOTH, E. S.: The mammals. Ed. W.M.C. Brown Co. Pub. N.Y. 3rd. Ed. pp. 1-198, 1971.
- BURT, W. H., GROSSENHEIDER, R. P.: Mammals. Ed. Houghton Mifflin Co. pp. 1-275, 1976.
- CASTRILLON, V.: Física. Ed. Enseñanza S. A. México, pp. 391-425, 1969.
- CEBALLOS, G. G., y GALINDO, L. C.: Mamíferos silvestres. Ed. Limusa, México, pp. 48-249, 1984.

- CORMACK, D. H.: Fundamentos de histología. Ed. Harla, México, pp. 510-517, 1986.
- CHERRUBINO, M. y BALDASSINI, G.: Aspetti strutturali e funzionali della catena ossiculare. Arch. Ital. Otol. 73: 12-31, 1962.
- FITZGERALD, J. T.: Embriología humana, un enfoque regional. Ed. Harper Row. pp. 206-209, 1980.
- FLEISCHER, G.: Evolutionary principles of the mammalian middle ear. In Advances in Anatomy, Embryology and Cell Biology. Springer Verlag Ed. Berlin Heidelberg. N. Y. vol. 55: 7-67, 1978.
- GARFIELD, D. D.: Applied morphology of the ear. Acta Otol. 71: 211-232, 1971.
- HALLOWELL, D.: Auditory system: Directional hearing. In Handbook of sensory communication. Ed. Keidel cap. 7, (3): 119-141, 322-560, 1960.
- HALLPIKE, C. S.: Some observations on bone conduction. J. Laryng. 43: 1-24, 1930.
- HALLPIKE, R. y SMITH, R.: The mechanism of bone conduction. In Sensory Physiology. Ed. Keidel. Ann. Otol. St. Louis, 69, (3): 5-28, 1960.
- HAMILTON, W. J., BOYD, J. D. y MOSSMAN, H. W.: Embriología Humana. 4a. ed. Interamericana. Buenos Aires. pp. 176-538, 1973.
- HARRISON, J. M.: The control of responding by sounds. Unusual effect of reinforcement. J. Exptl. Anal. Behav. 32: 167-181, 1979.
- HARRISON, M. L.: Los mamíferos. Colección Historia Natural. Ed. Destino Barcelona. tomo 15: pp 51-173, tomo 16: pp. 7-225, tomo 17: pp 503-679, 1977.
- HENSON D. Dell. W. D.: Some morphological and functional aspects of certain structures of the middle ear in bats and insectivores. Kan. Univ. Sci. Bull. 42, (3): 151-255, 1961.
- HENSON D. W. Jr.: The activity and function of the middle ear muscles in echolocating bats. J. Physiol. 180: 871-887, 1965.
- HILDEBRAND, M.: Anatomía y embriología de los vertebrados. Ed. Limusa. México, pp. 68-485, 1982.

- HINCHCLIFFE, R., y PYE, A.: Variations in the middle ear of the mammalia. *J. Zool. Lond.* 157: 277-288, 1969.
- HUNT, R. M. Jr.: The auditory bulla in carnivora. An anatomical basis for reappraisal of carnivora evolution. *J. Morph.* 143: 21-76, 1973.
- JUNQUEIRA, L. C. y CARNEIRO, J.: *Histologia básica*. Ed. Salvat, Barcelona, pp. 426, 1977.
- KEEN, J. A. y Grobelaar, C. S.: The comparative anatomy of the tympanic bulla and auditory ossicles with a note suggesting their function. *Trans. Roy. Soc. South Africa.* 28: 307-329, 1941.
- KELLOG, R.: The history of whales their adaptation to life in the water. *Quart. Rev. Biol.* III: 175-208, 1928.
- KELLOG, W. N., KOHLER, R. y MORRIS, H. N.: Porpoise sounds as sonar signals. *Science* 17: 239-243, 1953.
- KIANG, N. Y.: Auditory nerve activity in cats exposed to ototoxic drugs and high intensity sounds. *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.* 75, (6): 752-768, 1976.
- KNOME, A. G., KUPRIA, V. V. y MIKHAILOV, V. P.: *Morphology*. Ed. Mir, Leningrad. pp. 25-30, 1970.
- KORAYASHI, M.: The articulations of the auditory ossicles and their ligaments of various species of mammalian animals. *Hirosh. J. Med. Sci.* 4: 319-349, 1955.
- LANGMAN, J.: *Embriología médica*. Ed. Williams y Wilkins, Co. New York. 17: 344-353, 1976.
- LARA de, G. S., SEGURA, M., AVELLA, G., ALAMINDO I., ROSAS L.: Semimacroscopic studies of the chorda tympani. *Acta Anat.* 83: 372-381, 1972.
- LARA de, G. S., y CUSPINERA, M. E.: Semimacroscopic studies of the mucous fold in the posterosuperior quadrant of the tympanic membrane of the middle ear in some mammals. *Acta Anat.* 107: 318-325, 1980.
- LEESON, C. R. y LEESON, T. S.: *Histología*. Ed. Interamericana, México pp. 417-422, 1967.
- LILLY, J. C. y MILLER, A. M.: Sounds emitted by the bottlenose dolphin. *Science.* 133: 1689-1693, 1961.
- MINELLI, A. y RUFFO, S.: Mamíferos I, II, III, IV, V y VI de la Colección Nueva Enciclopedia del Reino Animal. Ed. Proexa, México, pp. 1-183, 1980.

MONTAGNA, W.: *Anatomia comparada*. 4a. ed. Ed. Omega, Barcelona, pp. 288, 298-303, 1976.

MOORE, K. L.: Study guide and review manual of human embryology. Ed. W. B. Saunders, Co. Philadelphia. pp. 5-59, 63, 119-129, 1975.

NEEF, W. D.: Neural mechanisms of auditory discrimination. In *Handbook of Sensory communication II*. Ed. Keidel. 15: 259-278, 1967.

NELSON, Y.S., LIBERMAN, M. C., y LEVINE, R. A.: Auditory nerve activity in cats exposed to ototoxic drugs and high intensity sounds. *Ann. Otol. Rhinol. and Laryngol.* 75: 752-768, 1976.

ORR, R. T.: *Biología de los vertebrados*. Ed. Interamericana, México, 4a. ed. pp. 278, 203-206, 264, 1978.

OSTERFELD, E.: Middle ear gas composition during nitrous oxide ventilation in dogs. *Acta Otolaryngol.* 89: 105-108, 1980.

PAPARELLA, M. M.: Pathogenesis of middle ear effusions. *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.* 85, (2) 63-65, 1976.

PETERSON, E., HEATON, W. C. y WRUBLE, S. D.: Levels of auditory response in fissiped carnivores. *J. Mammal.* 50: 566-579, 1969.

PIAGET, J.: *Introducción a la epistemología genética*. Ed. Paidós, México pp. 15-53, 1987.

FIRLOT.: *Morfología evolutiva de los cordados*. Ed. Omega, Barcelona. pp. 801-822, 1967.

PIRAUX, H.: *Diccionario general de acústica y electroacústica*. Ed. Paraninfo, Madrid, pp. 315-316, 331-335, 1967.

PYE ADE, H.: Structural variations in the mammalian middle ear. *Med. Biol. Illus.* 18: 122-127, 1968.

RAMPRAHAD, F., COREY, S., y RONALD, K.: The harp seal. *Pagophilus groenlandicus*. The gross and microscopic structure of the middle ear. *Can. J. Zool.* 51 (6): 589-600, 1973.

REYSENBACH, F. W.: Hearing in whales. *Acta Otolaryng. Stock. Suppl.* 134: 1-114, 1957.

SAINI, V. K. y HALIFAX, N. S.: Vascular pattern of human tympanic membrane. *Canada Arch. Otolaryng.* 79: 193-200, 1963.

- SCHMIDT-NIELSEN, K.: Animal physiology adaptation and environment. 2a. ed. Ed. Cambridge Univ. Press. London. pp. 460-472, 1980.
- SEBASTIAN, G., BADARACO, J., y POSTA, D. G.: Audiología Práctica. Ed. Médica Panamericana, B. Aires, pp. 1-199, 1987.
- SINELNIKOV, R. D.: Atlas de Anatomía Humana. Tomo III. Ed. Mir, pp. 334-340, 1977.
- SNELL, S. R.: Embriología Médica. 2a. ed. Ed. Interamericana, S. A. México, pp. 282-284, 1976.
- SOSA, O. V.: Taxonomía. La clasificación de los seres vivientes. Ed. CECOSA, España, pp. 23-75, 1987.
- STARKER, L. A.: Fauna silvestre de México. Ed. Inst. Mex. de Recursos Naturales Renovables. pp. 365-601, 1987.
- STEPHENS, C. E.: Development of the middle and inner ear in the golden hamster. Acta Otolaryngol. 296: 1-51, 1972.
- STEVENS, S. y WARSHOFSKY, F.: Sonido y audición. Colección Científica de "Time Life de México", pp. 38-83, 1982.
- TEMPLADO, J.: Historia de las teorías evolucionistas. Ed. Alhambra mexicana, Madrid, pp. 121-146, 1988.
- TESTUT, L. y LATARJET, A.: Tratado de Anatomía Humana. Ed. Salvat, Barcelona. III: 785-786, 1966.
- THOMAS, J. B.: Introducción a la embriología humana. Ed. Lea Fabiger, 676-678, 1968.
- TONNDORF, J.: Bone conduction. In Handbook of Sensory Communication. Ed. Keidel cap. II. 3: 37-84, 1950.
- TRAUTMANN, A. y FIEGIGER, T. J.: Histología y anatomía macroscópica comparada de los animales domésticos. Ed. Labor, Barcelona, pp. 38-99, 1950.
- TUMARKIN, A.: On the evolution of the auditory conducting apparatus: a new theory based on functional considerations. Evolution. IX, (3): 221-243, 1955.
- VAN BEKESY, G.: Vibration of the head in a sound field and its role in hearing by bone conduction. J. Acoust. Soc. Amer. 20, (6): 749-760, 1948.
- VAN BERJEICK, W. A.: The evolution of vertebrate hearing. In Contributions to sensory physiology. Ed. W. D. Neff vol. 2, Academic Press, New York, pp. 1-100, 1967.

VAN DER KLAUS, E.: Article 1. On the auditory bulla in some fossil mammals, with a general introduction to this region of the skull. Bull. Amer. Mus. Nat. His. 62: 1-352, 1931.

VAN DE WATER T., MADERSON, P. y JASKOLL, T. F.: The morphogenesis of the middle and external ear. Original Article Series in Birth Defects, 16. (4): 147-180, 1980.

VAUGHAN, T. H.: Mammiferos. Ed. Interamericana. Mc Graw Hill. 3a. ed. pp. 42-188, 1986.

VILLEE, C. A., WALKER, W. F. y BARNES, R. D. Jr. Zoologia 6a. ed. Interamericana, Mexico. pp. 811-836, 1987.

WALKER, E. P., WARNICK, F., HAMELET, S. C., LANZE, K. I., DAVIES, M. A., UBILE, M. E., and WRIGHT, P.: Mammals of the world. Ord. Ed. Vol. I y II, John Hopkins Univ. Press, Baltimore. pp. 1-395, 1975.

WEBSTER, D. B.: Ear structure and function in modern mammals. Am. Zool. 6: 451-465, 1966.

WEICHERT, C. K. y PRESCH, W.: Elementos de anatomia de los cordados. 4a. ed. Ed. Mac Graw Hill Co. Mexico. pp. 68, 448-470, 1981.

WILKIE, M. C.: The attachment of the auditory ossicles in the Common mole Talpia Europae. Proc. Zool. Soc. Lond. 30: 61-65, 1929.

WOODFORD, C. M., HENDERSON, D., HAMERNIK, R. P. y FELDMAN, A. S.: Acoustic reflex threshold of the chinchilla as a function of stimulus duration and frequency. J. Acoust. Soc. Am. 59, (5): 1204-7, 1976.

ZOLLNER, F.: Otorrinolaringologia. Ed. Salvat. Barcelona. pp. 29-44, 1977.

ZUGIBE, F. T.: Diagnostic histochemistry. I Theoretical considerations. Ed. Saint Louis Mosby. pp. 160-202, 1970.

ZWISLOCKI, J. J.: Sound analysis in the ear: a history of discoveries. Am. Scient. 69: 184-192, 1981.

CAVIDAD TIMPANICA

Cavidad-Cabeza

	correlaciones Cabeza-cavidad	log. cabeza-cavidad	cabeza-% cavidad	log. cabeza-log. % cavidad
r	0.4965	0.4974	-0.7586	-0.9392
t	3.8569	3.8462	7.8105	18.3485
p	0.001	0.001	0.001	0.001
a	72.3075	12.0223	18.8817	2.5769
b	0.1332	39.3341	-0.0573	-0.8189
n	47	47	47	47

Descripción de cada variable

	Cavidad (dmm)	cabeza (mm)	cavidad/cabeza (%)
Mínimo (Ma)	50	21.00	2.4
Media (\bar{X})	96.23	180.34	8.58
sigma (s)	27.26	101.60	7.67
variabilidad (V)	28.33	56.34	89.79
Máximo (Ma)	150.0	430 y 320	42.86
Mx/Ma	3	20.5 y 13.2	17.9
número (N)	47	47	47

DESCRIPCION DE CADA ORDEN

	CAVIDAD TIMPANICA			CABEZA			PROPORCION CAVIDAD/CABEZA EN S			
	SVI			SI			1°			
	R	PrCoB	P	R	Pr	PrCoB	R	Pr	P	CoA
a	b	c	a	b	c	a	b	c	d	
Mínimo	50.00	60.00	120.00	21.00	115.00	163.00	10.45	7.09	4.60	2.60
Media	172.00	99.41	137.50	40.91	127.77	254.67	19.56	0.41	5.60	3.06
Desv. stand.	112.33	26.36	15.00	12.89	15.60	56.99	8.93	1.63	1.04	0.91
Variabilidad	117.12	26.50	10.91	31.50	12.32	22.22	45.71	19.30	10.60	23.57
Rango	190.00	150.00	150.00	67.00	167.00	430.00	42.06	12.00	6.96	6.12
Máx/Mín.	11.00	2.50	1.25	3.20	1.50	3.00	4.10	1.70	1.60	2.60
Frecuencia	111.00	32.00	4.00	11.00	9.00	27.00	11.00	9.00	4.00	23.00
	div.	prueba	prob.	div.	prueba	prob.	div.	prueba	prob.	
	medias	t		medias	t		medias	t		
a-b	127.41	3.56	0.001	86.87	13.56	0.001	11.13	3.67	0.001	
b-c	138.09	3.03	0.005	126.89	6.68	0.001	2.81	3.13	0.005	
a-c	165.50	8.63	0.001	213.76	12.30	0.001	13.98	3.06	0.005	
a-d							15.60	8.43	0.001	
b-d							4.90	10.09	0.001	
c-d							1.76	3.47	0.001	

CABEZA-LARGOcorrelaciones

	largo-cabeza	largo-% cabeza	log. largo-log. % cabeza
r	0.7346	-0.3705	-0.3006
t	7.2619	2.6758	2.1146
p	0.001	0.010	0.025
s	79.4085	26.52	1.62
b	1.0206	-0.0546	-0.1837
n	47	47	47

DESCRIPCION DE CADA VARIABLE

	largo (cm)	cabeza/largo (%)
Mínimo (Mn)	9.00	5.58
Media (\bar{X})	98.99	21.12
sigma (s)	73.12	10.77
Variabilidad (V)	73.94	50.98
Máximo (Mx)	400.00	61.46
Mx/Mn	44.4	11.00
Número de casos (n)	47	47

DESCRIPCION DE CADA ORDEN

	L A R G O			PORCIENTO CABEZA/LARGO		
	R	Pr + C	P + A'	R + P	Pr + A	C
	a	b	c	a	b	c
Mn	9.0	31.0	65.0	5.58	9.17	18.0
\bar{X}	38.09	84.67	163.4	14.51	19.94	31.35
s	32.27	40.94	82.24	5.03	8.07	12.81
V	84.71	48.36	50.33	34.64	40.45	40.86
Mx	120.0	170.0	400.0	23.33	38.71	61.46
$\frac{Mx}{Mn}$	13.3	5.5	6.1	4.2	4.2	3.4
n	11	21	15	15	20	12
	dif. medias	t	p	dif. medias	t	p
a-b	46.58	3.27	0.005	5.43	2.29	0.025
b-c	78.73	3.79	0.001	11.41	2.67	0.010
a-c	125.31	4.77	0.001	16.84	4.68	0.001

CORRELACIONES POR ORDENES

CABEZA ---- % CAVIDAD/CABEZA

	R	Pr	P	C	A	Total
r	-0.757	-0.3286	0.8285	0.1121	-0.548	-0.7586
t	3.475	0.9205	2.0923	0.3567	1.9654	7.8103
p	0.005	---	---	---	0.030	0.001
a	40.995	---	---	---	6.0343	18.8817
b	-0.524	---	---	---	-0.0079	-0.0573

log. CABEZA -- log. CAVIDAD/ CABEZA

	R	Pr	P	C	A	Pr+P+C+A	Total
r	-0.8862	-0.3685	-0.825	0.1414	-0.5127	-0.7747	-0.937
t	5.7391	1.0488	2.0647	0.4322	1.7914	7.1427	17.9946
p	0.001	---	---	---	---	0.001	0.001
a	2.9405	---	---	---	---	2.7289	2.5692
b	-1.0559	---	---	---	---	-0.8818	-0.8148

LARGO - CABEZA

	R	Pr	P	C	A	total
r	0.8468	0.9349	0.488	0.6588	0.7486	0.7346
t	4.776	6.9694	0.7907	2.7692	3.3872	7.2619
p	0.001	0.001	-	0.010	0.005	0.001
a	28.0263	101.851	-	195.29	157.4049	79.4085
b	0.3382	0.364	-	0.6203	0.6352	1.0206

LARGO --- % CABEZA/ LARGO

	R	Pr	P	C	A	Total
r	-0.8468	-0.7989	-0.7698	-0.8142	-0.6983	-0.3705
t	4.776	3.5142	1.7056	4.4347	2.9266	2.6758
p	0.001	0.005	---	0.001	0.010	0.010
a	20.2353	33.297	---	55.1663	28.5473	26.52
b	-0.1509	-0.1701	---	-0.2556	-0.0586	-0.0546

log. LARGO -- log. % CABEZA

	R	Pr	P	C	A	P+C+A	Total
r	-0.9461	-0.9890	-0.8248	-0.947	-0.8086	-0.9078	-0.3006
t	8.765	17.724	2.063	9.318	4.123	10.823	2.1146
p	0.001	0.001	---	0.001	0.005	0.001	0.023
a	2.0256	2.7399	---	3.0141	2.6031	2.9803	1.6199
b	-0.6145	-0.8003	---	-0.8002	-0.6312	-0.7983	-0.1837

r = índice de correlación
t = prueba de t
p = probabilidad
a = función de la recta
b = función de la recta

RELACION DEL LARGO DEL CUERPO (cms) Y DEL
PORCENTAJE DE LA CABEZA/LARGO (% /cms).

Valores reales y teóricos de la Gráfica # 2

R				Pr			
largo cm	% cabeza/largo			largo cm	% cabeza/largo		
	real	teórico 1	teórico 2		real	teórico 1	teórico 2
9	23.3	27.5	27.8	31	38.7	35.2	22.2
16	18.8	19.3	25.0	43	28.4	27.1	20.9
18	21.1	18.0	24.5	48	24.5	24.8	20.5
21	15.7	16.3	23.8	55	20.9	22.2	20.0
23	16.1	15.4	23.4	75	16.9	17.3	18.9
25	16.8	14.7	23.1	75	16.7	17.3	18.9
32	13.4	12.6	22.1	80	15.1	16.4	18.6
41	8.1	10.8	21.1	83	16.2	16.0	18.5
41	13.7	10.8	21.1	170	9.8	9.0	16.2
73	6.9	7.6	19.0				
120	5.6	5.6	17.3				

CAP			
largo cm	% cabeza/largo		
	real	teórico 1	teórico 2
48	61.5	43.5	20.5
48	46.5	43.5	20.5
51	41.6	41.4	20.2
65	34.0	34.1	19.4
70	31.3	32.2	19.1
75	32.9	30.4	18.9
75	26.0	30.4	18.9
80	29.0	28.9	18.6
85	27.7	27.5	18.4
88	16.3	26.8	18.3
93	23.6	25.6	18.2
104	23.6	23.4	17.8
110	28.9	22.4	17.6
110	23.3	22.4	17.6
143	22.2	18.2	16.8
145	18.6	18.0	16.7
145	18.0	18.0	16.7
150	18.3	17.5	16.6
151	14.3	17.4	16.6
165	14.1	16.2	16.3
170	18.8	15.8	16.2
180	9.2	15.1	16.1
183	17.1	14.9	16.0
200	13.9	13.9	15.7
200	13.4	13.9	15.7
235	11.6	12.2	15.3
400	10.8	8.0	13.9

(R) % cabeza/largo

$$= 106.1 X^{-0.615} = \text{teórico 1}$$

(Pr) % cabeza/largo

$$= 549.5 X^{-0.800} = \text{teórico 1}$$

(CAP) % cabeza/largo

$$= 955.7 X^{-0.798} = \text{teórico 1}$$

(todos) % cabeza/largo

$$= 41.7 X^{-0.184} = \text{teórico 2}$$

ANEXO ESTADISTICO NUMERO C - 1

ENTRADA - SALIDA

MEMBRANA TIMPANICA

	XIV - diámetro máximo			XV - diámetro mínimo		
	R	PR+CAP	T	R	PR+CAP	T
	a	b		a	b	
Mn	40	50	40	20	40	20
\bar{X}	51.82	76.94	71.06	29.55	64.94	56.66
S	8.41	16.95	18.70	9	17.72	22.05
V	16.23	22.03	26.31	30.48	27.28	38.91
Mx	70	120	120	50	120	120
Mx/Mn	1.75	2.4	3	2.5	3	6
n	11	36	47	11	36	47
	dif.	t	p	dif.	t	p
a - b	25.12	4.68	0.001	35.39	6.30	0.001

Correlación entre los diámetros (XIV - XV)

	r	t	p	n	función
R	0.8649	5.1693	0.001	11	$Y = -18.424974 + 0.925745 X$
PR+CAP	0.8209	8.3821	0.001	36	$Y = -1.075574 + 0.858022 X$
T	0.8848	12.7377	0.001	47	$Y = -17.4713 + 1.04316 X$

E - superficie

	R	PR+CAP	T
	a	b	
Mn	628	1885	628
\bar{X}	1106.27	4113.03	3409.32
S	345	2160.35	2287.54
V	31.19	52.52	67.10
Mx	1885	11310	11310
Mx/Mn	3	6	18
n	11	36	47
	dif.	t	p
a - b	3006.76	4.57	0.001

BASE DEL ESTRIBO

X - diámetro anteroposterior (dmm)

	R a	PR+CAP b+c	PR+P b	CA c	R+PR+P a+b	T
Mn	9	12	12	12	9	9
\bar{X}	16.54	21.47	19.08	22.83	17.92	20.32
S	4.55	6.66	3.30	7.70	4.04	6.53
V	27.48	31.02	17.31	33.75	22.56	32.15
Mx	22	40	23	40	23	40
Mx/Mn	2.4	3.3	1.9	3.3	2.6	4.4
n	11	36	13	23	24	47
	dif. medias	t	P			
a-(b+c)	4.93	2.29	0.025			
a - b	2.53	1.58	-			
a - c	6.28	2.49	0.010			
b - c	3.75	1.66	-			
(a+b)-c	4.91	2.75	0.005			

BASE DEL ESTRIBO

XI diámetro dorsoventral (dmm)

	R s	Pr + CAP b	T		
Mn	4	9	4		dif. medias
\bar{X}	8.91	14.44	13.15	b-a	5.53
s	2.74	3.79	4.26	t =	4.40
v	30.72	26.24	32.42	p =	<0.001
Mx.	13	30	30		
n	11	36	47		

- F Superficie de la ventana vestibular (dmm²)

	R s	Pr + CAP b	T		
Mn	28.3	94.2	28.3		dif. medias
\bar{X}	118.39	256.45	224.14	b-a	138.06
s	45.39	158.60	151.91	t =	2.79
v	38.33	61.84	67.78	p =	<0.005
Mx.	172.8	942.5	942.5		
n	11	36	47		

correlación entre los diámetros (X-XI) = "X" = variable X = diámetro anteropost.
"y" = " XI = " dorsovent.

	r	t	p	n
todos	0.6678	6.0190	<0.001	47

$$y = 4.2963 + 0.4357 X$$

correlación entre las superficies de la membrana timpánica (variable E)
y de la ventana vestibular (variable F) donde

y = variable F y X = variable E.

	r	t	p
todos	0.6789	6.2035	<0.001.

$$y = 70.4180 + 0.04509 x$$

G veces que la superficie de la entrada contiene
a la salida.

	R a	Pr + CAP b	T	dif. medias	
Mn	4.1	4.5	4.1	b-a	6.09
\bar{X}	11.70	17.79	16.36		
s	7.56	7.32	7.74		
v	64.63	41.14	47.33	t =	2.34
Mx	27.78	38.46	38.46		
n	11	36	36	p	0.025

ANEXO ESTADISTICO NUMERO D-1

PESO DE LOS HUESCILLOS

Peso en diez miligramos

Descripción de cada variable (peso, en diez-miligramos)

		XVI martillo	XVII yunque	XVIII estribo	A suma
mínimo (Mn)		190	100	20	390
media (M)		570.55	394.11	138.72	1103.38
sigua (s)		238.74	220.37	86.17	440.23
variabilidad (V)		41.84	55.92	62.11	39.90
máximo (Mx)		1200	1100	350	2210
Mx/Mn		6.3	11	17.5	5.7
n		47	47	47	47

Descripción de cada orden

	Peso del martillo			Peso del yunque			Peso del estribo		
	R a	PR+C+A b	P c	R a	PR+C b	P+A c	R a	PR+A+P b	C c
Mn	190	254	950	100	100	420	89	110	20
X	289.09	613	1005	190.91	328.71	634.67	114.45	202.33	33.75
s	77.26	163.13	133.29	56.83	125.45	184.15	62.23	52.35	19.01
V	26.73	26.61	13.26	29.77	38.16	29.02	54.37	25.87	56.33
Mx	420	950	1200	300	550	1100	300	350	90
Mx/Mn	2.2	3.7	1.3	3	5.5	2.6	3.4	3.2	4.5
n	11	32	4	11	21	15	11	24	12
	dif. medias	t	p	dif. medias	t	p	dif. medias	t	p
a-b	323.91	6.31	0.001	137.81	3.44	0.001	87.88	4.35	0.001
b-c	392	4.60	0.001	305.95	5.94	0.001	168.58	10.74	0.001
a-c	472.78	10.33	0.001	443.76	7.69	0.001	80.70	4.29	0.001

Suma de los pesos de los huescillos

	R a	PR b	P c	C d	A e	dif. medias	t	p	
	Mn	390	1.140	1520	450	881	a-b	640.76	10.40
X	594.45	1235.22	1717.5	963.75	1433.45	a-c	1123.04	9.54	0.001
s	177.39	54.42	267.0	301.74	376.15	a-d	369.30	3.53	0.001
V	29.84	4.41	15.55	31.31	26.24	b-c	482.28	5.46	0.001
Mx	1000	131.2	2110	1370	2210	b-d	271.47	2.85	0.010
Mx/Mn	2.6	1.2	1.4	3	2.5	c-d	753.75	4.43	0.001
						e-e	839.	6.69	0.001
n	11	9	4	12	11	b-e	198.23	1.56	-
						c-e	283.67	1.37	-
						d-e	469.70	3.32	0.005

Porcentaje del peso de cada huesecillo

B.- % peso del martillo

	R+PR (a)	P (b)	C (c)	A (d)	Todos			
Mn	40	56.9	58.1	24.2	24.2			
X	50.19	58.41	67.39	38.56	52.56		dif. medias	t
s	3.53	1.05	9.24	7.65	12.17	a-b	8.23	4.55
V	7.03	1.79	13.71	19.84	23.15	a-c	17.20	7.53
Mx	55.1	59.7	86.1	46.8	86.1	a-d	11.63	5.82
Mx/Mn	1.4	1.05	1.5	1.9	3.6	b-c	8.97	1.90
						b-d	19.86	5.06
						c-d	28.83	8.11
n	20	4	12	11	47			P

C.- % peso del yunque

	A (a)	R+PR+P (b)	C (c)	Todos				
Mn	35.80	25.6	11.2	11.20				
X	46.76	31.43	28.72	34.32	a-b	15.33	9.65	0.001
s	7.19	2.30	9.42	9.20	a-c	18.04	5.12	0.001
V	15.38	7.32	32.80	26.80	b-c	2.71	1.36	-
Mx	57.2	34.6	40.1	57.20				
Mx/Mn	1.6	1.4	3.6	5.1				
n	11	24	12	47				

D.- % peso del estribo

	R+PR (a)	P (b)	C (c)	A (a)	Todos			
Mn	14.7	9.1	2	7.2	2			
X	18.44	9.65	3.89	14.67	13.10	a-b	8.80	4.39
s	3.93	0.44	2.37	5.02	7.03	a-c	13.97	10.66
V	21.30	4.60	60.96	34.19	53.65	a-d	3.77	2.32
Mx	30	10.1	8.9	22.4	30	b-c	5.18	3.47
Mx/Mn	2	1.1	4.5	3.1	15	b-d	5.02	1.95
						c-d	10.20	6.03
n	20	4	12	11	47			0.001

Correlación entre los pesos absolutos

martillo - yunque

	R+PR+P	C	A	T
r	0.9782	0.5940	0.6468	0.5463
t	22.0939	2.3348	2.5442	4.3758
p	0.001	0.025	0.025	0.001
s	40.78933962	-43.7643362	316.2736708	106.3845085
b	0.51862874	0.52607706	0.61922972	0.5042958
n	24	12	11	47

yunque - estribo

	R	PR	P	C	A	T
r	0.6828	0.2742	0.9359	0.2665	-0.1282	0.4594
t	2.8037	0.7544	3.7573	0.8744	0.3878	3.4695
p	0.025	-	0.050	-	-	0.001

martillo - estribo

	R	PR	P	C	A	T
r	0.5561	-0.4164	0.9665	0.0472	0.1477	0.1431
t	2.0073	1.2117	5.3253	0.1494	0.4480	0.9699
p	0.050	-	0.025	-	-	-

Correlación entre los pesos relativos

% martillo - % yunque

	A+R+PR	C+P	T
r	-0.8500	-0.9252	-0.8194
t	5.3852	9.1196	9.5882
p	0.001	0.001	0.001
a	81.44015651	85.14468465	66.88976157
b	-0.96854529	-0.8546332	-0.61963151
n	31	27	47

% yunque - % estribo

	R+PR	CAP	T
r	-0.4545	0.521	0.1108
t	2.1649	3.0523	0.7481
p	0.025	0.005	
a		-0.97831933	
b		0.277037083	
n			

log % martillo - Log % estribo

	R+PR	CAP	T
r	-0.7780	-0.5154	-0.4931
t	5.2542	3.0075	3.8022
p	0.001	0.005	0.001
a	4.70170259	3.514957100	3.880667617
b	-2.02646047	-1.51811834	-1.65175098
(R+PR) y =	50315.59236	x - 2.02646047	
(CAP) y =	3273.083667	x - 1.51811834	
(T) y =	7594.45913	x - 1.65175098	

GRAFICA NUMERO 3
RELACION ENTRE EL PESO DEL MARTILLO Y EL DEL VORICE
(en Gramilogramos)

Martillo	B		Martillo	C	
	Real	Teórico 1		Real	Teórico 2
100	130	139	300	110	116
200	160	145	350	120	125
250	160	150	551	160	206
300	180	170	600	300	272
370	180	181	620	400	282
380	170	186	625	400	286
390	200	196	720	360	325
410	210	202	740	443	346
430	230	222	760	280	356
450	300	240	770	180	361
420	250	259	820	400	380
	70	Teórico 1	830	500	393
600	400	352		A	Teórico 3
650	410	-	230	500	400
610	330	357	250	500	474
630	370	361	400	500	614
620	380	-	520	420	630
680	380	370	527	620	643
690	400	383	530	500	640
680	370	383	600	610	680
700	400	404	670	700	721
	0	Teórico 1	720	600	752
800	470	507	730	620	760
850	480	513	850	1100	900
1000	710	663			

(B, C, D)	y = 40.8	+	0.52	x	=	teórico 1
(C)	y = 43.0	+	0.53	x	=	teórico 2
(D)	y = 36.3	+	0.62	x	=	teórico 3

GRAFICA # 9
% PESO MARTILLO - % YUNQUE

C			P		
% martillo	% yunque		% martillo	% yunque	
C Real	Teórico 1		P Real	Teórico 1	
86.1	11.2	11.6	59.7	30.2	34.1
80.3	14.6	16.5	59.2	30.9	34.6
77.6	20.4	18.8	58.8	32.1	34.9
68.1	25.5	26.9	56.9	33.6	36.5
66.7	74.4	28.1			
65.7	32.0	29.0			
65.2	32.6	29.4			
63.2	34.7	31.1			
60.6	36.5	33.4			
59.2	37.9	34.6			
58.1	34.8	35.5			
57.8	40.1	35.7			
% martillo	A	% yunque	Teórico 2		
46.8	40.4		36.1		
45.5	46.2		37.4		
44.3	35.8		38.5		
43.0	49.8		39.8		
42.1	37.4		40.7		
40.2	47.3		42.5		
39.9	45.8		42.8		
39.6	44.4		43.1		
32.4	57.2		50.1		
26.1	56.8		56.2		
24.2	53.4	58	40	30	

R+PR		Teórico 2
55.1	29.7	28.1
54.4	29.6	28.8
53.5	28.1	29.6
53.4	30.5	29.7
53.2	31.6	29.9
52	31.5	31.1
51.5	33.8	31.6
51.3	25.6	31.8
51.2	30.6	31.9
50.9	30.9	32.1
50.9	34.0	"
50.8	34.4	32.2
50	33.3	33.0
49.6	33.9	33.4
48.6	29.8	34.4
48.1	34.6	34.9
47.2	31.5	35.7
46.3	29.3	36.6
45.7	34.8	37.2
40	30	42.7

C-P
(x) % peso martillo - % peso yunque (y)
y = 85.145 - 0.855 x = valor teórico 1

A+R+PR
y = 81.440 - 0.969 x = valor teórico 2

GRAFICA NUMERO 11

Relación del porcentaje del peso del yunque con el porcentaje del peso del estribo.

C			R + Pr	
% yunque	% estribo		% yunque	% estribo
	real	teórico 1		
11.2	2.7	2.1	25.5	23.1
14.6	5.1	3.1	28.1	18.4
20.4	2.0	4.7	29.3	24.4
24.4	8.9	5.8	29.5	16.0
25.5	6.4	8.1	29.7	15.2
32.0	2.3	7.9	29.8	21.6
32.6	2.2	8.1	30.0	30.0
34.7	2.1	8.6	30.5	16.1
34.8	7.1	8.7	30.6	18.2
36.5	2.9	9.1	30.9	18.2
37.9	2.9	9.5	31.5	21.3
40.1	2.1	10.1	31.5	16.5
			31.6	15.2
			33.3	16.7
			33.8	14.7
			33.9	16.5
			34.0	15.1
			34.4	14.8
			34.6	17.3
			34.8	19.8
P				
30.2	10.1	7.4		
30.9	9.9	7.6		
32.1	9.1	7.9		
33.6	9.5	8.3		
A				
35.8	19.9	8.9		
37.4	20.5	9.4		
40.4	12.8	10.2		
44.4	16.0	11.3		
45.8	14.3	11.7		
46.2	8.3	11.8		
47.3	12.5	12.1		
49.8	7.2	12.8		
53.4	22.4	13.8		
56.8	17.1	14.8		
57.2	10.4	14.9		

CAP

$$Y = -0.978 + 0.277X = \text{valor teórico 1}$$

GRAFICA NUMERO 13

RELACION DEL % DEL PESO DEL MARTILLO CON EL % DEL PESO DEL ESTRIBO

% martillo	A		% martillo	R+PR	
	Real	Teórico I		Real	Teórico I
24.2	22.4	25.6	40	30	28.5
26.1	17.1	23.1	45.7	19.6	21.8
32.4	10.4	16.7	46.3	24.4	21.2
39.6	16.0	12.3	47.2	21.3	20.4
39.9	14.3	12.1	48.1	17.3	19.6
40.2	12.5	12.0	48.6	21.6	19.2
42.1	20.5	11.2	49.6	16.5	18.4
			50	16.7	18.1
43.0	7.2	10.8	50.8	14.8	17.6
44.3	19.9	10.4	50.9	18.2	17.5
45.5	8.3	10.0	50.9	15.1	-
46.8	12.8	9.5	51.2	18.2	17.3
			51.3	23.1	17.2
56.9	9.5	7.1	51.5	14.7	17.1
58.8	9.1	6.7	52	16.5	16.8
59.2	9.9	-	53.2	15.2	16.0
59.7	10.1	6.6	53.4	16.1	15.9
	C		53.5	18.4	15.8
57.8	2.1	6.9	54.4	16	15.3
58.1	7.1	-	55.1	15.2	14.9
59.2	2.9	6.7			
60.6	2.9	6.4			
63.2	2.1	6.0			
65.2	2.2	5.8			
65.7	2.3	5.7			
66.7	8.9	5.6			
68.1	6.4	5.4			
77.6	2.0	4.4			
80.3	5.1	4.2			
86.1	2.7	3.8			

R+PR

$$y = 50315.59 x^{-2.0265} = \text{valor teórico 1}$$

CAP

$$y = 3273.08 x^{-1.518} = \text{valor teórico 1}$$

X INDICES ESPECIALIZADOS

Indice de figuras, esquemas y abreviaturas.

Fig. 1	- Huesos de los peces que dieron origen a los huesecillos del oído medio de los mamíferos a través de la evolución	5'
2	- Vista lateral de los huesos de un reptil	7'-1
3	- Morfología del oído externo y medio en la filogenia de los tetrápodos	7'-2
	Clave de abreviaturas de la Figura 3	7'-3
4	- Modelo del oído en mamíferos	10'
5	- Oído medio de cetáceos	14'
6	- Vista lateral de la disposición de los elementos del oído en mamíferos	17'-1
7	- Pared lateral de la cavidad timpánica	17'-2
8	- Pliegue estapodial	18'-1
9	- Porciones que constituyen a los huesecillos del oído	20'
10	- Estribo y ventana vestibular	21'
11	- División de la membrana timpánica en cuadrantes	27'
12	- Morfogénesis del oído medio en amniotas	36'
13	- Diagrama del origen embriológico de los huesecillos	37'-1
14	- Huesecillos incluidos en mesénquima	37'-2
15	- Osificación del oído medio en mamíferos	38'
16	- Fenestración de la ventana coclear o redonda	46'
17	- Vía acústica	56'
18	- Medidas del martillo, yunque y estribo	80'-1
19	- Medidas de la membrana timpánica y de la base del estribo	80'-2
20	- Medidas de la cavidad timpánica y anillo-martillo	80'-3
21	- Huesecillos del oído de quirópteros	99'
22	- Huesecillos del oído de insectívoros	102'
23	- Bula timpánica de roedores y carnívoros	111'
24	- Esquema de las posibilidades de asociación-diferenciación entre los 5 órdenes	130'
25	- Esquemas gráficos de los grupos de órdenes asociados por diferentes variables	131'
	Clave de abreviaturas de las fotografías	18'-3

Indice de fotografías

Foto 1	Pliegue mucoso de la membrana timpánica de humano a 25X	18'-2
2	Vasos sanguíneos de la capa propia en la membrana del tímpano en humano, a 320X	18'-2
3	Membrana timpánica de un humano con contraste de las fibras radiales y pliegue mucoso que llega al manubrio a 16X	18'-2
4	Corte histológico de un martillo de rata decalcificado a 400X	18'-2

5	Anillo timpánico plano en un mono verde a 10X.	87'-2
6	Anillo timpánico elevado del piso, con formación ósea a un lado en un oído de perro a 16X	87'-2
7	Oído de chivo con el anillo timpánico también elevado del piso de la cavidad a 6X.	89'-2
8	Celdillas mastoideas en un oído de pony a 6X.	89'-2
9	Oído de pecarí con celdillas mastoideas a 6X	90'
10	Oído de teñón, con celdillas y cavidad grande a 6X.	90'
11	Pliegue meloar posterior en oído de mapache a 10X.	90'
12	Oído de Macaco Rhesus a 10X, con el hueso timpánico angosto	90'
13	Oído de chivo a 25X, con saliente ósea para el paso de la cuerda del tímpano.	90'
14	Oído de lince con pliegue desde la saliente ósea, para el paso de la cuerda del tímpano a 10X.	93'
15	Oído de perro a 10X, con pliegue superior del martillo	93'
16	Oído de lobo con la membrana timpánica ovalada y el cuello del martillo grande, a 6X	93'
17	Oído de mono zaraguato a 6X, con la membrana timpánica redonda	93'
18	Oído de canguro a 10X, con la membrana timpánica plana y poco convexa	93'
19	Oído de hipopótamo con pliegue mucoso de la membrana timpánica a 16X.	95'
20	Oído de mono atoles a 25X, con pliegue mucoso de la membrana timpánica	95'
21	Oído de humano a 25X, con pliegue mucoso de la membrana timpánica, va desde el manubrio.	95'
22	Oído de gato a 16X, sin pliegue mucoso de la membrana timpánica	95'
23	Oído de rata a 10X, sin pliegue mucoso de la membrana, y con la porción flácida a la vista	95'
24	Martillo de chivo a 10X, con el manubrio que abarca el 50% del largo de la membrana	97'
25	Oído de venado cola blanca a 10X, con el manubrio del martillo abarcando más del 50% del largo de la membrana timpánica	97'
26	Martillo de rata con tejido óseo poco denso, sabre todo en la lámina ósea a 25X	97'
27	Martillos de jaguar, zorra y marta (de iz. a der.) con tejido óseo compacto y terminación en espátula, el manubrio a 25X.	97'
28	Martillo de perro con relieve en el manubrio y terminación en espátula a 25X	97'
29	Martillo y yunque de pecarí a 16X, con manubrio terminado en espátula	99'

30	Martillo y yunque de marta, el martillo con ángulo menor de 60 grados entre la cabeza y el manubrio a 10X.	99
31	Martillo y yunque de asno a 10X, con el ángulo entre la cabeza y el manubrio mayor de 60 grados	99
32	Martillo de tapir a 16X, con espina ósea formando vertice con el proceso anterior	99
33	Martillos de venado a rayas, jabali e hipopótamo sin espina ósea ni lámina ósea a 10X	99
34	Martillo de humano con la cabeza alargada y proceso lateral desarrollado a 6X.	101
35	Martillo y yunque de jaguar a 10X, con el proceso anterior bien desarrollado.	101
36	Oído de gato montés a 6X, con el músculo tensor del tímpano desarrollado	101
37	Yunque de perro a 25X, con el proceso largo mayor que el proceso breve	101
38	Yunque de coapiti a 10X, con el proceso corto mayor que el proceso largo	101
39	Martillo y yunque de mono capuchino a 16X con el ángulo pronunciado en el proceso lenticular	101
40	Martillo y yunque de cabra enana a 25X, con un proceso lenticular grueso	105
41	Estribo de tlacuache a 16X, con los pilares mas cortos que la base	105
42	Estribo de león, lince, tejón, mapache, marta y zorra a 10X	105
43	Estribo de cuyo con los pilares acanalados y de hueso poco denso a 25X.	105
44	Estribo de mono zaraguato con los pilares compactos a 25X	105
45	Estribos de ardilla gris (iz) y roja (der) a 16X con la base mas grande del lado anterior, una, y posterior la otra, y con el agujero obturado grande	108
46	Estribo de jabali con agujero obturado pequeño y base grande a 6X.	108
47	Estribo de chivo a 10X con el ligamento anular un poco sobresalido del lado anterior	108
48	Oído de zorra a 10X con unión fibrosa ó sinartrosis de la membrana y el martillo	108
49	Membrana timpánica reseçada de un gato a 400X, con las fibras radiales y circulares a la vista	108

Indice de Cuadros

	Lista de variables estudiadas	80
Cuadro I	Características morfológicas.	88
	Clave que desarrollamos para identificación de las características morfológicas del oído medio en mamíferos	88

1-A	Datos originales de medidas y pesos de las XXI características	118'-1
2-A	Datos originales de las medidas compuestas, o relativas	118'-2
3-A	Descripción estadística de cada variable	119
4-A	Agrupación de variables equivalentes	123
5-A	Relaciones entre los grupos de variables	124
6-A	Distribución de coeficientes de variabilidad	126
7-A	Explicación de las posibles relaciones de las variables representadas en figuras	129
1-B	Cavidad timpánica, cabeza del espécimen y su relación porcentual	135
2-B	Correlaciones de cavidad timpánica y cabeza	137
3-B	Medias aritméticas en los cinco órdenes de la cavidad, cabeza y % cavidad/cabeza.	139
4-B	Largo del cuerpo y de la cabeza con respecto al largo total del espécimen	141
5-B	Comparación de medias aritméticas de la cavidad timpánica, cabeza y largo total	141
6-B	Correlación cabeza y % cabeza/largo, con largo total	142
7-B	Medias aritméticas de largo y % de la cabeza/largo de los cinco órdenes	143
8-B	Medias aritméticas de largo, cabeza, cavidad, % cabeza/largo y % cavidad/cabeza en los cinco órdenes	143
9-B	Correlaciones de las variables XVI, I, XX, J, XXI.	145
10-B	Coefficientes de correlación (r), y su nivel de significación (p).	148
11-B	Funciones que rigen la relación en cada agrupamiento de órdenes y en el total	149
1-C	Membrana timpánica - diámetros y superficie	155
2-C	Membrana timpánica por grupos de órdenes	157
3-C	Membrana timpánica - correlación entre diámetros	159
4-C	Ventana vestibular - diámetros y superficies	162
5-C	Superficies de la membrana timpánica y la ventana vestibular	163
6-C	Ventana vestibular - valores estadísticos por grupos de órdenes	164
7-C	Relación entre la entrada y la salida	166
8-C	Veces que la membrana contiene a la ventana	167
9-C	Relación entrada/salida y diámetro máximo/mínimo	168
10-C	Correlación y covariación entre los diámetros	168
1-D	Pesos de los huesecillos	171
2-D	Pesos promedio de cada huesecillo en cada orden sin agrupar	172
3-D	Pesos promedio de cada huesecillo por gru-	

	pos de órdenes	172
4-D	Comparación de las sumas de los pesos de los huesecillos según tres criterios.	173
5-D	Peso porcentual de cada huesecillo	174
6-D	Perfiles de pesos promedios de los huesecillos por cada orden	176
7-D	Correlación martillo - yunque	176
8-D	Correlaciones entre los porcentajes de los pesos del martillo y del yunque	178
9-D	Correlación martillo - estribo por órdenes	181
1-E	Tamaño de los huesecillos. I. Promedios originales sin reducción	185'-1
2-E	Promedios con reducción longitudinal	185'-2
3-E	Promedios con reducción vertical	185'-2
4-E	Correlación entre varias dimensiones longitudinales de los huesecillos	186'
1-F	Características morfométricas exclusivas de los 5 grupos de órdenes de las 31 variables estudiadas	214
2-F	Coefficientes de variabilidad exclusivas de cada orden	217

Indice de las gráficas

Gráfica:	1	Diámetro anteroposterior de la cabeza en mm (XX) vs cavidad timpánica/cabeza en % (I)	149'
	2	Longitud del espécimen en cms (XXI) vs por ciento de la cabeza/largo (J)	151'
	3	Diámetro máximo (XIV) y diámetro mínimo de la membrana timpánica (XV)	159'
	4	Diámetro dorsoventral (XI) vs diámetro anteroposterior de la base del estribo	165'
	5	Superficies: de la membrana timpánica (F) y de la ventana vestibular (E)	167'
	6	Peso de los tres huesecillos del oído; del estribo (XIX), yunque (XVIII), y martillo (XVII)	172'
	7	Peso relativo de los huesecillos en % del estribo (D), del yunque (C) y del martillo (B)	175'
	8	Relación entre los pesos del martillo (XVII) del yunque (XVIII)	176'
	9	Relación entre los pesos relativos del martillo y del yunque en %	179'-1
	10	Relación entre los pesos del yunque y del estribo	179'-2
	11	Relación entre el % del peso del yunque y el % del peso del estribo	180'
	12	Relación entre los pesos del martillo y estribo (H)	181'-1
	13	Relación entre el % del peso del martillo y el % del peso del estribo	181'-2
	14	Relación entre el diámetro de la cavidad timpánica y el peso total de	

	los huesecillos (variables XVI y A) en dag.	182'
15	Longitud de los huesecillos (I a XIII) en dma y de la membrana timpánica (XIV y XV) en cada orden.	186'-1
16	Relación entre el diámetro anteroposterior de la base del esrifo y sus pilares en dma	186'-2
17	Relación entre el cuerpo y proceso largo del yunque. (variables VIII y VI)	187'-1
18	Relación entre la longitud de la cabeza y del proceso anterior del martillo, variables V y II.	187'-2
19	Relación entre el largo del manubrio del martillo y la distancia anillo-martillo. Variables I y III	187'-3
20	Relación entre el diámetro máximo de la membrana timpánica (XIV) y la suma del manubrio con la distancia anillo-martillo (III+ I).	188'-1
21	Relación entre el diámetro máximo de la cavidad timpánica y la longitud total del martillo, variables XVI y IV	188'-2

IX Anexos estadísticos de los resultados. 241

Anexos estadísticos B Cavidad timpánica :

B-1	Relación de cavidad timpánica/cabeza y descripción de cada variable	241
B-2	Diámetro anteroposterior de la cabeza y porcentaje de cavidad timpánica/cabeza. Valores reales y teóricos de la <u>gráfica número 1</u>	242
B-3	Descripción de cada orden, y su relación cavidad timpánica-cabeza y proporción cavidad/cabeza en %	243
B-4	Correlaciones de cabeza / largo, descripción de cada variable.	244
B-5	Descripción de cada orden. Largo y por ciento de cabeza/largo.	245
B-6	Correlaciones por órdenes. De cabeza y % de cavidad/cabeza.	246
B-7	Relación del Largo del cuerpo y del porcentaje de cabeza/largo, valores reales y teóricos de la <u>gráfica número 2</u>	247

Anexos estadísticos C Entrada y Salidas

C-1	Membrana timpánica variables XIV y XV y la correlación entre los diámetros máx y mín. de la membrana tím-
-----	---

	pánica y superficie.	248
C-2	Base del estribo. Diámetro antero-posterior del estribo (variable X). . .	249
C-3	Base del estribo. Diámetro dorso-ventral (XI) y superficie de la ventana vestibular (variable F).	250
C-4	Número de veces que la superficie de la membrana timpánica o de la entrada contiene a la de la salida o vestibular (variable G).	251

Anexos Estadísticos D Peso de los huesecillos:

D-1	Descripción de cada orden y variable y suma de los pesos de los huesecillos.	252
D-2	Porcentaje del peso de cada huesecillo.	253
D-3	Correlación entre los pesos absolutos.	254
D-4	Correlación entre los pesos relativos.	255
D-5	Relación entre el peso del martillo y del yunque en dmm, <u>gráfica número 8</u>	256
D-6	Relación del porcentaje del peso del martillo y % del yunque. <u>gráfica número 9</u>	257
D-7	Relación del porcentaje del peso del yunque con el porcentaje del peso del estribo. <u>gráfica número 10</u> . . .	258
D-8	Relación del porcentaje del peso del martillo con el porcentaje del peso del estribo <u>gráfica número 13</u>	259

Anexo Estadístico de la Discusión

F-1	Promedios de las variabilidades de cada orden y de cada característica	260
-----	--	-----