



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

MORFOLOGIA DE LAS REDES ADMIRABLES
DE LA CABEZA EN RUMIANTES,
PORCINOS Y CARNIVOROS DOMESTICOS
"ESTUDIO RECAPITULATIVO"

T E S I S

Que para obtener el título de:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

P r e s e n t a :

René Fernández Román

ASESORES:

M. V. Z. Santiago Aja Guardiola

M. V. Z. Luis Miguel Berjón Macías



México, D. F.

1993

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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 está 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.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

C O N T E N I D O

	Pág.
RESUMEN	1
INTRODUCCION	3
OBJETIVO Y PROCEDIMIENTO	9
CONSIDERACIONES GENERALES	10
ASPECTOS ANATOMICOS	14
DISCUSION DE LOS RESULTADOS CON RELACION A LA ANATOMIA	25
ASPECTOS FISIOLÓGICOS	33
DISCUSION DE LOS RESULTADOS CON RELACION A LA FISIOLÓGIA	44
ASPECTOS HISTOLÓGICOS	48
DISCUSION DE LOS RESULTADOS CON RELACION A LA HISTOLOGÍA	51
BIBLIOGRAFIA	53

R E S U M E N

Fernández Román, Rene. Morfología de las redes admirables de la cabeza en Ruminantes, Porcinos y Carnívoros domésticos. "Estudio Recapitulativo". Asesorado por: MVZ. Santiago Aja Guardiola y MVZ. Luis Miguel Berjón Macías.

Se revisó literatura acerca de las redes admirables (*retia mirabilis*) de la cabeza en ruminantes, porcinos y carnívoros domésticos, haciendo un análisis y discusión de los conocimientos generados a la fecha.

Con relación a los aspectos anatómicos, fueron halladas diversas definiciones, las cuales no siempre coinciden; también fueron observados errores en la descripción, especialmente por el uso inadecuado de la terminología. Por otro lado, se aclara que no existen redes admirables venosas como se había sugerido, y, que hay una diferencia estructural entre red admirable (*rete mirabile*) y red arteriosa, las cuales han sido confundidas por algunos autores; existen también, opiniones divergentes acerca del flujo sanguíneo.

En los aspectos fisiológicos, se encontró que además de la termorregulación, conocimiento ampliamente difundido, las redes admirables actúan como un sistema de seguridad para proteger al cerebro de presiones sanguíneas altas o bajas; sirven como reservorio de sangre en caso de flujo interrumpido; auxilian en el retorno venoso; y se encontró

que intervienen en el intercambio de sustancias químicas y hormonales.

Con relación a los aspectos histológicos se encuentra poca información y desacuerdo en los aspectos morfológicos.

En este trabajo se aclaran conceptos, situaciones y morfología de las redes admirables, proponiendo además temas de investigación para el futuro.

INTRODUCCION

El sistema circulatorio, se ha desarrollado a lo largo de la evolución de las formas superiores de la vida animal, como respuesta a las exigencias de la complejidad del organismo; dicho sistema está integrado por tubos ramificados que recorren todo el cuerpo, cuya función principal es asegurar que todos los tejidos tengan un adecuado aporte sanguíneo (69).

El flujo sanguíneo en general, es dirigido hacia la red microcirculatoria, pasando consecutivamente una arteria, una arteriola, llegando a la red capilar para abandonar a ésta por medio de una vénula que drena hacia la vena; sin embargo, en algunos casos, la ruta establecida presenta modificaciones estructurales que la alejan un tanto de la secuencia citada. Tal es el caso de muchos vertebrados que han desarrollado en su sistema vascular sanguíneo una compleja trama de vasos paralelos u anastomosados libremente entre sí, formando unas mallas o redes localizadas en el trayecto de una arteria o una vena, que se reúnen nuevamente en un único vaso efluente (43).

La primera noticia acerca de las redes se remonta hacia el año 300 a.C. cuando Herófilo las describió por vez primera en un vertebrado (probablemente al diseccionar una cabeza de oveja), aunque fué Galeno quien medio milenio más tarde las

hizo famosas asignándoles las funciones que creyo propias de la estructura , dándoles el nombre de *rete mirabile* (red admirable). Durante el renacimiento, Vesalio demostró que no existía en el hombre (2). Las redes admirables, objeto de diversos estudios durante el siglo XIX, no son una formación poco frecuente o una curiosidad anatómica que se presenta en especies inferiores, sino que han sido descritas en diferentes mamíferos y posteriormente en peces y aves. Así, se conocen redes admirables en la base del cráneo, orbita del ojo, espacio epidural, torax y sistema intercostal, pseudobranquias, vejiga natatoria, cavidad pelviana, riñones, miembros locomotores y en la cola. No se conocen en monotremas, marsupiales, primates, roedores, lagomorfos y perisodáctilos (2,47,55,60).

El interés personal sobre este tema, nace de la observación de dicha estructura en la disección de la base del cráneo de ruminantes, y habiendo investigado en los libros de Anatomía, Fisiología e Histología veterinarias, se observó que la información en la mayoría de casos era nula, si bien algunos tratan el tema en forma breve o inespecífica.

Con relación a los aspectos anatómicos de las redes admirables, Chauveau, las cita como parte del sistema arterial en los ruminantes, y señala la presencia de redes en la órbita y el piso de la cavidad craneana. Estas últimas , según indica , no están presentes en equinos , perro, gato ,

conejo y humano. En los perros menciona que la arteria carótida interna forma una especie de plexo, que es el inicio de la red admirable de rumiantes y cerdo. Por otra parte refiere en el gato la presencia de una red admirable en el origen de la arteria "maxilar interna". Según este autor, la finalidad de tales redes parece ser la de "moderar la impetuosidad del flujo sanguíneo y la de prevenir las congestiones y compresiones del tejido nervioso" (12). Sisson, informa que en los rumiantes varias arterias contribuyen a la formación de la red admirable cerebral en la proximidad de la glándula "pituitaria", y también, que la arteria oftálmica externa forma una red admirable en la órbita. Por otra parte, menciona que las arterias palatinas mayores forman una red admirable alrededor del canal incisivo. En el caso de los cerdos indica las arterias que concurren a la formación de la red admirable (63). Prince, no hace uso del término de red admirable, sino de "red vascular", definida como un sistema de arterias y venas mezcladas. En el bovino y el ovino, señala "redes vasculares internas" (en la cavidad craneana) así como "redes externas" (en la órbita). En el cerdo, menciona una "red externa", y, en la cabra una "red interna". Reconoce en el gato una "red externa", situada tanto fuera como dentro de la órbita (57). McLeod, señala y sitúa a la red admirable cerebral de bovinos, de la cual menciona sus afluentes arteriales (49).

Schwarze, menciona en rumiantes adultos la falta de arteria carótida interna, por lo que el cerebro recibe sangre de la red admirable interdural o epidural; indica, asimismo, la presencia de una red admirable orbital, formada por la arteria oftálmica externa, y, otra red formada por la arteria palatina mayor, localizada alrededor de la fisura incisiva. Con relación a los cerdos adultos, refiere la atrofia de la porción distal de la arteria carótida interna y la existencia de una red admirable interdural o epidural, que recibe contribución de la arteria meníngea media. En el caso del gato, señala que la arteria carótida interna se continúa con una red admirable interdural o epidural, de la cual procede la "carótida cerebral" (65). Parlot, afirma que hay capilares insertos en un trayecto arterial o venoso (red admirable), asociados a la intensidad de intercambios osmóticos, encontrándose en los glándulas renales, el hígado y el cuerpo rojo de la vejiga natatoria (47). Habel, describe en bovinos una "red admirable del cerebro", dentro del seno cavernoso, que es abastecida por varias arterias e indica su situación (31). Getty, define a la red admirable como una red intercalada en el curso de una arteria (27). Venzie, reconoce en rumiantes los vasos afluentes y efluentes de la red admirable, señalando, que posiblemente irriga a la hipófisis, y que sangre venosa de esta glándula regresa a la red (68). Shoshni, menciona la atrofia de la arteria carótida

interna, y señala los vasos afluentes de las redes admirables epidurales rostral, oftálmica y epidural caudal en vacunos (25). Nanda, señala en vacunos a las arterias formadoras de las redes admirables epidurales rostral y caudal localizadas en el seno cavernoso. En el caso de la oveja y cabra, refiere que la red admirable epidural rostral es similar a la del vacuno, pero no presentan red admirable epidural caudal. En el caballo, indica que además de la red admirable epidural rostral, existe una red interanastomótica conectando a las redes de ambos lados de la hipófisis y localizada en un seno intercavernoso. En el perro, expone que ramas anastomóticas de la "arteria maxilar interna" son consideradas por algunos autores como red admirable, en tanto que otros la consideran una red rudimentaria. Acerca del gato, establece una discusión sobre la nomenclatura utilizada por diversos autores, pero no hace descripción de dicha red en esta especie (51).

Con relación a los aspectos fisiológicos, Gordon señala que muchos homeotermos tienen complejas redes admirables en la parte proximal de las ramas de los vasos que funcionan como intercambiadoras de calor por contracorriente (29). Phillip, reconoce a la "red carotídea" como intercambiadora de calor, describe su estructura macroscópica y la correlaciona con cambios en la temperatura de la sangre arterial y el flujo de aire a través de las cavidades nasales

(55). Hildrich, menciona que la red admirable en el hígado puede actuar como una "bomba venosa". También, la considera un excelente mecanismo de intercambio de calor que permite a la sangre cerebral permanecer 1°C por debajo de la temperatura de la sangre arterial central (75).

Con relación a los aspectos histológicos de las redes, solo Trautman define a la red admirable y señala que se encuentra en la porción de las arterias en hígado y riñón, sin describirla (64).

Al analizar la información, se observa la discrepancia en la nomenclatura de las redes y confusión en los aspectos morfológicos y en las relaciones topográficas. Otras consideraciones que permanecen sin respuesta, son los mecanismos específicos involucrados en el control de presión y flujo sanguíneo, y en el intercambio de calor entre la sangre cerebral y la sangre central; además, la información acerca de las características histológicas es nula.

O B J E T I V O

El objetivo de este trabajo fue hacer una recopilación, revisión, análisis y discusión de los conocimientos acumulados en los últimos 50 años respecto al concepto, definición, nomenclatura, características anatómicas, histológicas y funcionales de las redes admirables de la cabeza en especies domésticas, para presentar ante el estudiante y profesional del área biológica una visión global sobre dichas estructuras.

P R O C E D I M I E N T O

El presente estudio recapitulativo se basó en la recopilación de la información de los artículos científicos publicados en los diversos índices especializados y revistas que se encuentran disponibles en la Hemeroteca y Biblioteca de la Facultad de Medicina veterinaria y Zootecnia, del Instituto de Investigaciones Biónmicas de la U.N.A.M. e información obtenida del Centro de Información Científica y Humanística (C.I.C.H.) de la U.N.A.M. a través del banco de datos. La información así obtenida es presentada bajo el siguiente capitulo:

- I Consideraciones Generales
- II Aspectos Anatómicos
- III Aspectos Histológicos
- IV Aspectos Fisiológicos

CONSIDERACIONES GENERALES

Algunos autores definen a la red admirable arterial como una malla compacta, la cual resulta de numerosas ramificaciones interanastomóticas entrelazadas libremente, que surgen de una arteria aferente para reunirse nuevamente en una arteria eferente (5,6,8,16,23,48,59,62,66,67).

Devillers, también describe las redes como "anastomosis plexiformes de arterias y de venas u ovillos de vasos donde dominan las arterias" (17).

Se han observado además, varios tipos de redes, uno de los que el origen arterial es completamente ramificado y sus ramas convergen otra vez en una arteria: este tipo se denomina "bipolar", por tener una gran arteria en ambos polos (16,46,47,62), o "anficéntrica" (47); En el otro tipo, el vaso que origina la red se continúa por el centro de la misma, quedando entonces rodeada por un haz de vasos, a este tipo se le llama "fascicular (62), red tipo envoltura, estratificada o en derivación" (46,47).

Otros autores, sin embargo, hablan de un haz de pequeñas arterias y venas, mezcladas juntas, en las que el flujo sanguíneo ocurre en contradirección (57,60) encontrándose estas en glomerulos renales, hígado y cuerpo rojo de la vejiga natatoria (40,56).

A definición de "red unipolar", en la que la arteria
efrente desaparece dentro de la red, llamandose también
"difusa" (47), se llega así a la descripción de red vascular
(13,57,67).

Para Martínez (1967), el término "rete admirable" se
presta a confusión pues se designa con ese nombre a por lo
menos 3 formaciones diferentes :

- a) "Redes capilares cuyas ramas aferentes y eferentes son de
la misma especie".
- b) "A la división súbita de un grueso tronco arterial en
ramas paralelas".
- c) "Redes en tres dimensiones, con divisiones y anastomosis,
que hacen perder la individualidad a las arterias" (47).

Las redes admirables de la cabeza quedan enmarcadas en
la definición de malla compacta (5,6,9,19,23,48,59,62,66,67).
y se encuentran situadas dentro de lechos venosos que son el
seno cavernoso, y el seno basilar del sistema basal, en el
encefalo (59,61,62). Aunque en la literatura es común el
término "Red carotídea" , debido a que se establece en el
curso de la arteria carótida interna (1, 3, 4, 5, 6, 10, 9, 9,
11, 13, 14, 20, 23, 36, 37, 38, 39, 40, 40, 50, 54, 59, 65),
su primera descripción se hizo con el nombre de "red
admirable" (2, 16, 17, 18, 19, 22, 24, 34, 42, 44, 45, 58,
60, 61, 62); posteriormente se denominó red admirable
carotídea (26), red intradural (47), red interna (57), red

interdural o epidural (61), red admirable del cerebro (31), y finalmente se ha establecido una red admirable epidural rostral (23,27,28,53,70), y red admirable epidural caudal (23,27,70) en rumiantes y suinos, nombres que son avalados por la Nomina Anatómica Veterinaria Ta.ed. (*Rete mirabile epidurale rostrale* y *Rete mirabile epidurale caudale* 70). También, se consideran dentro de esta terminología anatómica la red admirable oftálmica (*Rete mirabile ophthalmicum*) en rumiantes (62,70) conocida también como red interna (23), y la red admirable de la arteria maxilar (*Rete mirabile a.maxillaris*) (44,62,70) en el gato, la cual también fue conocida como "red admirable extracraneana (3,14,47, 54), red externa (15,57) o red carotídea externa" (65).

La presencia de redes admirables en la cabeza parece estar asociada a la ausencia o degeneración del segmento proximal a la red de las arterias carótidas interna derecha e izquierda, que son las principales fuentes de abastecimiento arterial al cerebro en animales sin redes (14,25,26,62); no obstante, la arteria carótida interna contribuye a la formación de la red admirable epidural rostral en el animal joven, y en animales de pocas semanas de edad, el calibre de dicha arteria es semejante al de la arteria anastomótica, rama de la arteria maxilar, pero después del nacimiento el segmento extracraneano muestra una regresión progresiva, estando ausente en caprinos de 9 meses

y en bovinos mayores de 18 meses (8.26,38,40,47,62). Un cordón fibroso proximal a la red, que se conecta ventralmente en el extremo caudal de la red admirable epidural rostral, queda como vestigio, sin embargo, el segmento a través de la red y distal a ella persiste, y emerge de la cara dorsomedial, atravesando la duramadre antes de dividirse en ramas rostral y caudal, las cuales conectan a la red con el círculo arterioso cerebral (8.9,14,23,48, 49,58). La arteria basilar puede ser considerada como una rama del círculo arterial cerebral, ya que su dirección es caudal y emerge de dicha estructura (8.9,14,26,70). Otros autores, por lo contrario, la mencionan como una arteria aferente al cerebro (27,62); asimismo, se informa que probablemente la red irriga a la hipófisis y que sangre venosa de esta, regresa a la red (68).

ASPECTOS ANATOMICOS

En la vaca, la arteria carótida interna involuciona, y contribuye a la red admirable epidural rostral únicamente en el animal joven; normalmente está ausente en animales mayores de 18 meses. Sin embargo, la porción que forma a la red, persiste y conserva su individualidad dando origen a la red admirable epidural rostral (8,9,10,62,70).

La red admirable epidural rostral consiste de dos mitades, derecha e izquierda, a ambos lados de la hipófisis, las cuales están en comunicación rostral y caudal por medio de numerosos vasos comunicantes; ambas mitades rodean el cuerpo de la hipófisis (8,9,27). Getty, sin embargo, menciona que la red se localiza caudal a la hipófisis y que se comunica con ella (22). Uehara, probablemente confundiendo las anastomosis con redes, sitúa a las mitades en posición rostral y caudal, y una extensión en forma de V, que consiste de una pequeña red de arterias entrelazadas, situadas en el foramen óptico (56), mencionada por otros autores como red quiasmática (14,23,62,70). Simons, afirma que la red quiasmática forma una conexión intracraneal entre las arterias oftálmica derecha e izquierda, situadas en el quiasma óptico dentro del seno intercavernoso, además menciona que es una red grande y compacta formando una verdadera red admirable (62), lo cual está en desacuerdo con la anterior descripción de Uehara (56).

La red admirable epidural rostral se extiende desde el foramen orbitorredondo rostralmente, y justo mas allá del foramen oval caudalmente, situada en el interior del seno cavernoso, ventral a la dura mater. Dicha red recibe aporte de las arterias maxilar y meningeo media (23, 25, 31, 51, 52, 62, 70) otros autores mencionan al plexo basiesfenoidal o basioccipital (B,14), que corresponde a la red admirable epidural caudal, como aferente a esta red, en tanto que en bovinos se menciona a la arteria carótida interna en vías de involución (66). Las arterias que surgen de la red admirable epidural rostral son: la carótida interna, oftálmica interna y arterias hipofisarias caudales (23, 25, 66). También, se indica que esta red se continua con la red admirable epidural caudal por vasos anastomóticos (23,62,70), por lo que no queda clara la dirección del flujo en las arterias entre las redes.

La red admirable epidural caudal esta formada por la arteria vertebral y por las ramas espinales de la misma, situada en la parte basilar del hueso occipital y rodeada por el seno venoso basilar (27,25,62,70). Dicha red emite finas ramas que se abren en la arteria basilar cerca de su origen (25). Baldwin y Daniels, no reconocen a la red admirable epidural caudal, y la mencionan como plexo basioccipital y basiesfenoidal respectivamente (B,14), en tanto que McLeod, en bovinos, no distingue las redes admirables epidural rostral

ni caudal y solo considera una red admirable cerebral(49). Niñ, tampoco reconoce a las redes admirables epidural rostral y caudal, reuniéndolas en una sola estructura denominada red admirable cerebral (52).

La red admirable oftálmica (*rete mirabile ophthalmicum*), está localizada en la órbita del ojo a lo largo del curso de la arteria oftálmica externa en los rumiantes (23,62,70) rodeada por el plexo venoso oftálmico (62,70).

Una red quiasmática en bovinos (70), situada en el quiasma óptico dentro del seno intercavernoso, ha sido considerada, por lo grande y compacta, como una verdadera red admirable, recibiendo aporte sanguíneo de la red admirable epidural rostral y drenando a través de las arterias oftálmica interna derecha e izquierda (62).

Una pequeña red bulbar esta presente en el globo del ojo de los rumiantes, situada en el origen de la arteria ciliar posterior corta, la cual emerge de la arteria ciliar posterior larga. Estas redes son variables en tamaño y densidad, pasando de una laxa red arteriosa a una densa red admirable (62). Una red admirable formada por las arterias palatinas mayores alrededor del canal incisivo en los rumiantes es reportada por Sisson y Schwarz (51,67), la cual, sin embargo, no vuelve a ser mencionada en la versión de Sisson modificada por Getty (20) y otros autores no hacen referencia a ello, ni es mencionada en la *Nomina Anatomica*

Veterinaria Sa. ad. (70) Las redes admirables epidural rostral y caudal están contenidas en cavidades venosas, que son los senos cavernoso y basilar respectivamente, pero la adventicia arterial está siempre separada de la sangre venosa por una delgada capa de endotelio venoso, por lo que, en sentido estricto, no se puede decir que las arterias están dentro de la cavidad venosa (47). El seno cavernoso, situado sobre el hueso basiesfenoides, recibe sangre de la porción facial, del proceso cornual, de la órbita, de la cavidad nasal (7,38,66). Probablemente las venas etmoidal y esfenopalatina, que también drenan la mucosa nasal, se conectan al seno cavernoso (2,7) vía el plexo pterigoideo, según lo afirma Khamas (38,40). La sangre del seno cavernoso drena al seno basilar, el cual aloja a la red admirable epidural caudal (60,66).

En la cabra y el borrego, la red admirable está formada por la arteria carótida interna, y empieza a formarse en embriones que miden 20 mm. La arteria carótida interna involuciona en las primeras semanas o varios meses después del nacimiento, y el suministro de sangre a la red es derivado de la arteria maxilar (6,8,14,38,40,48).

La red admirable epidural rostral se extiende desde el foramen orbitario rodeando rostralmente, hasta el foramen oval caudalmente (2), alojada en el interior del seno cavernoso, ventral a la dura madre (8,48), y, estrechamente relacionada

con los nervios craneales III, IV, V y VI. (40). Dicha red consiste de dos mitades, una a cada lado de la hipófisis, situada sobre la silla turca (49); las dos mitades están en comunicación a través de la línea mediana por arterias comunicantes que se anastomosadas en la línea (8,9,10,46), las cuales pasan caudalmente a la hipófisis (48). Edelman, afirma que en la cabra hay una extensa comunicación de lado a lado entre la red que asegura el mantenimiento adecuado del flujo sanguíneo en interrupciones eventuales (20), lo cual concuerda con Getty en el sentido de que la red es similar a la de los bovinos (23), en los que se afirma hay numerosos vasos comunicantes (8,9,23,27).

La red admirable epidural rostral abastece al círculo arterioso cerebral (8,10) y toda la sangre destinada al cerebro tiene que pasar a través de ella. Toda vez que el flujo de las arterias vertebrales al círculo arterial cerebral es insignificante (40) y el flujo de la arteria basilar parece alejarse en vez de ir hacia el círculo (8,9,14,26).

La arteria carótida interna abandona el ángulo rostromedial de la red admirable epidural rostral, perfora la dura madre y deja el seno cavernoso (23). Ovejas y cabras carecen de red admirable epidural caudal (23,39,51), asimismo la oveja presenta un seno intercavernoso caudal constante y un intercavernoso rostral inconstante (38).

La red quiasmática en la oveja es laxa, y es más una red arteriosa (62), por lo que Getty indica que esta especie no presenta red quiasmática (23), ni está considerada para esta especie en la *Nomina Anatomica Veterinaria* 2a. ed. (71).

La red admirable oftálmica, formada por la arteria oftálmica externa, está rodeada por el plexo venoso oftálmico (62,70).

En el cerdo, la red admirable epidural rostral está formada por ramas de la arteria carótida interna, la cual involucre durante el desarrollo fetal y es reemplazada por las arterias faríngeas ascendente y rostral, que son ramas de la arteria carótida interna (49). Otros autores consideran que la red recibe anastomosis de las arterias maxilar, meníngea media y oftálmica externa (23,24,62,70). De la red surge el segmento intracraneal de la arteria carótida interna que abastece al círculo arterial cerebral (5,27,24,48,62,70). Daniels, señala que la red se forma de la arteria faríngea ascendente y no menciona a la arteria carótida interna sino como emergente de la red (14), lo cual hace suponer que, como lo citan otros autores, la arteria carótida interna sí contribuye a la formación de la red y que después involucre (6, 8, 9, 10, 14, 38, 40, 48, 62).

El cerdo, tiene también una red admirable epidural caudal que no se conecta con la red admirable epidural rostral; se sitúa extraduralesmente entre el atlas y axis, y

está formada bilateralmente por las arterias condilar, vertebral y su ramo espinal (23,24,62,70); es posible que ésta sea la "red externa" que menciona Prince (57). Dicha red, se conecta al círculo arterioso cerebral a través de la arteria basilar (24). Simons, la describe como una red laxa y la considera como una red arteriosa (52). Los autores que describen esta red no señalan un seno o plexo venoso que esté con relación a la misma; sin embargo, Schwarz, describe un plexo venoso meningeo a nivel del atlas (61), y la *Nomina Anatomica Veterinaria* 3a.ed. contempla un seno basilar, en el que se sitúa la red admirable epidural caudal de los bovinos, para todas las especies (70), por lo que su verificación en el cerdo queda pendiente.

La red admirable epidural rostral en el cerdo, se sitúa dentro del seno cavernoso y está estrechamente relacionada con los nervios craneales III,IV,V y VI (48). En la misma especie, la glándula hipófisis es suprasellar debido a que la silla está ocupada por el seno intercavernoso que contiene las numerosas interconexiones de las redes de ambos lados (48). Dichas interconexiones también han sido llamadas "red interanastomótica" (51).

La red quiasmática forma una conexión intracraneal entre las arterias oftálmicas externas derecha e izquierda, estando situada en estrecha relación con el quiasma óptico dentro del

seno interoftálmico: esta red es laxa y es más una red arteriosa (62).

La red admirable oftálmica se considera ausente en el cerdo, aunque en algunos animales la arteria oftálmica externa está acompañada localmente por unas pocas ramas colaterales que forman una pequeña y laxa red (62). Getty, la llama red etmoidal debido a que se forma por la arteria etmoidal interna que es rama de la arteria oftálmica externa (23).

Una pequeña red bulbar esta presente en el globo del ojo del cerdo, situada en el origen de la arteria ciliar posterior corta, la cual emerge de la arteria ciliar posterior larga (62).

En el gato, la arteria carótida interna que emerge de la arteria carótida común, involuciona después del nacimiento quedando como un cordón fibroso (15,62); sin embargo, el segmento proximal al círculo arterial cerebral esta vigente y cursa por el seno cavernoso, recibiendo aporte sanguíneo a través de las arterias meníngea media, oftálmica y anastomótica, esta última formada por ramas (*Rami retis*) que proceden de la red admirable de la arteria maxilar (*Rete mirabile a. maxillaris*), también conocida como "red externa", "red carotidea" y "red extracraneana" (2, 6, 7, 12, 23, 57, 62, 70). Lo anterior, contrasta con la aseveración de Baker, en el sentido de que los gatos no poseen arteria carótida

interna (5). La arteria anastomótica forma una especie de plexo (14,62), que otros autores han denominado "red interna", "red intracraneal", "red de la base del cráneo", "red intradural" y "red admirable epidural rostral" (23, 47, 51, 61), aunque cabe aclarar que en la *Nomina Anatomica Veterinaria* 3a.ed., solo se menciona la red admirable de la arteria maxilar y ramas de la red que se conectan al círculo arterial cerebral (70). Prince, la considera una red vascular (57).

La "red interna" o "ramas plexiformes de la red admirable de la arteria maxilar" se sitúa dentro del seno cavernoso (62), o en una gran cavidad venosa que se comunica con el seno cavernoso (47), cuya pared envuelve a la red; en tanto que, la red admirable de la arteria maxilar, situada fuera de la base del cráneo está asociada con un plexo pterigoideo de venas (2,6,7,54,62,65). La red admirable de la arteria maxilar, tiene forma piramidal, con base rostralateral y tres caras: una ventral, otra dorsolateral, adyacente al músculo temporal, y una tercera dorsomedial, ventral a la base del cráneo. La base de la red es cóncava, adaptada al músculo cónico de la órbita (pterigoideo medial) (14,70). Algunos autores sitúan a la red cerca del vértice de la órbita (5,6), otros en la fosa pterigoideo-maxilar (47), otros más en la porción caudolateral de la órbita (54); en tanto Prince, la sitúa "en parte dentro y en parte fuera" de

la órbita (57). La red admirable de la arteria maxilar está formada principalmente por la ramificación de la misma arteria (5,14,15, 54,62), la cual es rama de la arteria carótida externa (57,70). La red está enrollada alrededor de la propia arteria maxilar y relacionada estrechamente con ramas del nervio trigémino(14); de esta red surgen ramas que se unen al segmento proximal de la arteria carótida interna que queda vigente y suministra sangre al círculo arterial cerebral (52,70). Martínez, la define como constituida por gran número de arterias con un trayecto sinuoso o contorneado, anastomosadas en red tridimensional, en la que las arterias han perdido su independencia e individualidad (47). La arteria meníngea media se anastomosa mediante pequeñas ramas con el plexo de la arteria carótida interna (23), denominadas también como ramos anastomóticos hacia la arteria carótida interna (70). La arteria oftálmica externa se anastomosa a la carótida interna, mediante una gran rama conocida como rama anastomótica hacia la arteria carótida interna (70).

Davis (1943), considera que: "las características de la circulación carotídea en los gatos representa la etapa final de una tendencia que en otras familias de carnívoros presenta estados morfológicos intermedios, ya que un gran canal carotídeo está presente en los félidos *Dinictis* del relativamente primitivo oligoceno; estos hechos demuestran

que la especialización no surge de repente en los gatos, y es probable que sea un mecanismo de avance, más que un mecanismo necesario" (15).

El perro, posee las arterias carótidas internas intactas y no posee red admirable (5,62), aunque algunas arterias de tamaño medio entrelazadas han sido interpretadas como una pequeña red. (51) lo cual puede ser un vestigio evolutivo que también se presenta en lobos, hienas, algunas focas y leones marinos (2). Baker y Chapman, así como Daniels, consideran en el perro una red rudimentaria (4,14), y Pastea, menciona que si hay red en el perro (53), en tanto que Simons la considera una red arteriosa (62). Evans, en su extensa obra de Anatomía del perro, no menciona nada acerca de redes admirables (21). Es conveniente señalar, que la sangre venosa de la cavidad nasal y oral en perros puede drenar a cavidad craneal, conformando un sistema de enfriamiento por evaporación (3).

El caballo no forma parte de este trabajo, debido a que el modelo de red admirable está ausente y el círculo arterial cerebral es irrigado por las arterias basilar y carótidas internas, en tanto que la arteria maxilar no contribuye a la vascularización del círculo (26,62); sin embargo, la arteria carótida interna se introduce en el seno cavernoso y forma una curvatura en forma de "S" en el mismo (26), lo que demuestra que en la evolución nada se dió a grandes saltos.

DISCUSION DE LOS RESULTADOS CON RELACION A LA ANATOMIA

La irrigación sanguínea cerebral en la mayoría de los mamíferos está dada por las arterias carótida interna y vertebral. Sin embargo, en los artiodáctilos, algunos carnívoros, la arteria carótida interna se desarrolla al principio de la vida embrionaria, y después del nacimiento involuciona, habiendo dado origen antes, a una red admirable (8,9,10,14,26,62). y su lugar, es tomado por las arterias maxilar y meníngea media. En rumiantes (6,8,14,23,48,62). y en el cerdo, por las arterias faríngea ascendente, maxilar, meníngea media y oftálmica externa (5,23,24,48,70); en tanto que en los gatos, la sustitución es hecha por las arterias oftálmica externa, meníngea media y maxilar (2,6,7,23,62,70).

Varias son las definiciones de red admirable enlistadas en los resultados de éste estudio y diversas son también la configuración, situación y relaciones que presentan las especies domésticas estudiadas, por lo que es difícil reconocer una definición que se apege estrictamente a la generalidad. Sea de una u otra forma, queda claro que la red admirable epidural rostral en rumiantes y porcinos se forma en ambos lados de la hipófisis a partir de la arteria carótida interna que se ramifica y anastomosa libremente, para volverse a reunir en una arteria eferente

(5,6,8,19,23,48,59,62,66,67). En tanto que en el gato, la red admirable es extracranial y se establece en el curso de la arteria maxilar, ésta proporciona ramas al segmento distal de la arteria carótida interna que queda vigente, ya que el segmento de origen involucre poco después del nacimiento (2,6, 7,15,23,62,70).

La definición más constante de red admirable es la de: "un vaso que se divide en numerosos vasos de menor calibre que confluyen y reconstruyen el vaso principal" (5,6,8,16,19,23,48, 59,62,66,67), pudiendo perderse dentro de la red la identidad del vaso que la origina; a ésta red se le ha llamado de tipo "bipolar" o "anficéntrica" (16, 46, 47,62). Cuando el vaso que origina la red queda vigente por el centro de la misma se denomina: "red fascicular, tipo envoltura, estratificada ó en derivación" (46,47,62). La definición de red "unipolar" (46,47) no responde a la configuración antes citada, pero sí a la descripción de "red vascular" (23,67,70), por lo que no debe confundirse con red admirable.

Algo digno de mención, es el hecho de que en todos los casos en que una red admirable está presente, ésta, se sitúa dentro de un seno (lago) venoso o tiene relación con un plexo venoso cuyo flujo sanguíneo en ambos casos ocurre en contracorriente (2,6,7,8, 9,23,47,48,54,59,61,62,65,66).

En los animales domésticos objeto de este estudio, no se encontró literatura con relación a redes admirables venosas, ellas parecen estar presentes en los miembros de los animales expuestos a medio ambiente extremadamente frío o caliente (ballenas, focas, grullas, garzas, perezoso, oso hormiguero y armadillo) y su morfología corresponde a la descripción de haces de pequeñas arterias y venas, mezcladas juntas, en las que el flujo sanguíneo ocurre en contracorriente (57,50). Así entonces, la red admirable de la arteria maxilar en gatos está asociada con un plexo pterigoideo de venas(2,6,7,54,62,65) y la red admirable oftálmica está rodeada por el plexo venoso oftálmico en caprinos (62), y no dentro de senos venosos.

Las redes de la cabeza son: a) red admirable epidural rostral en rumiantes y suinos, b) red admirable epidural caudal en bovinos y suinos, c) red admirable oftálmica en rumiantes y d) red admirable de la arteria maxilar en gatos (23,27,28,44,53,62,64,70).

Varios autores coinciden en afirmar que cuando la arteria carótida interna involuciona, una red admirable está presente (14,26,62); sin embargo, nadie aclara el porqué de la involución. Asimismo, el establecimiento de la red admirable en unas especies sí y en otras no, no es tan clara, y, el hecho de que los vasos que la abastecen no sean los mismos, hacen el problema más complejo (14,15). Un

mecanismo evolutivo podría estar presente, ya que en los carnívoros se señalan estados morfológicos intermedios (11,15). Entre las especies domésticas que aquí se estudian, el perro podría representar el estado intermedio antes señalado, ya que algunos autores declaran que no hay redes admirables(5,62), otros consideran una red rudimentaria(4,14), y Pástea, afirma que sí hay red en el perro (50), en tanto que Simons la considera una red arteriosa ((62).

Aunque el caballo no posee red admirable, la arteria carótida interna atraviesa el seno cavernoso haciendo en su interior una curvatura, y si bien aparentemente no tiene ninguna función, su localización es significativa con relación a la evolución (26).

Algunas discrepancias con relación a la situación y tamaño de la red admirable en bovinos podría deberse a la edad y raza del animal, así como a la representatividad de la muestra y sobre todo a la falta de una técnica morfométrica estandarizada, pues entre los autores consultados no se mencionan estos datos o son ambiguos. Por ejemplo: "La red admirable epidural rostral se extiende del foramen orbitarredondo rostralmente y justo más allá del foramen oval caudalmente" (8), este "más allá" no se sabe si es rostral o caudal ni la distancia exacta, que además, puede variar con el tamaño del cráneo. Venzke,

informa que probablemente las redes admirables irrigan a la hipófisis (69), lo cual debe ser una aseveración, pues las ramas hipofisiarias proceden del círculo arterial cerebral, el cual es abastecido por la red (8,9,14,23,48,49,58). El mismo Verria, señala que sangre venosa procedente de la glándula hipófisis regresa a la red (68), situación anatomofuncional poco probable, ya que no se menciona por otros autores, ni es compatible con el modelo dinámico de los fluidos corporales hacia los capilares (43), y Rhames, afirma que no hay anastomosis arteriovenosas en la red (40).

Desde la primera descripción de red admirable por Herófilo 300 a.C., no se separó a la red admirable epidural rostral (23, 24, 28, 53, 66, 70) de la caudal(23,24,27,66,70) y por mucho tiempo solo se mencionó una red admirable carotídea (1, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 20, 23, 36, 37, 38, 39, 40, 48, 50, 54, 59, 65), mas tarde Daniel (1953), menciona a la red carotídea y un plexo basiesfenoidal y Baldwin (1964), a la red carotídea y un plexo basioccipital en bovinos(8,14),pero en los últimos tiempos (1970 a 1987), varios autores reconocen claramente a la red admirable epidural rostral y caudal (23, 24, 27, 28, 53, 62, 70),por lo que, si Daniel y Baldwin, quienes mencionan los plexos antes señalados se refieren a la red admirable epidural caudal, queda la duda acerca de la dirección del flujo sanguíneo, pues mientras estos autores la

mencionan como aferente a la red admirable epidural rostral (8,14) otros autores la consideran aferente a la misma (23,52,70).

Con relación a la dirección del flujo sanguíneo en la arteria basilar y que se ha prestado a confusión, parece quedar claro que en algunas especies como bovinos y caprinos va hacia caudal (8,9,14,26,70), en tanto que en los carnívoros y porcinos el flujo va hacia rostral (14,62). Este conocimiento no aclara la dirección del flujo red y red, pues dentro de los animales en los que la arteria basilar tiene un flujo caudal, solo el bovino presenta red admirable epidural caudal, y, dentro de los animales donde la arteria basilar tiene un flujo rostral, solo el cerdo presenta red admirable epidural caudal, y éste no se conecta a la red admirable epidural rostral. Por lo tanto, el flujo caudal en la arteria basilar de los bovinos, podría explicarse si la médula espinal, igual que el encéfalo, requiere sangre fresca para su óptima función. Sin embargo, en el cerdo las redes rostral y caudal, no presentan comunicación, y la red caudal también drena a la arteria basilar, empero, el flujo es rostral (23, 24, 62, 70), por lo que cabe preguntarse: ¿qué vasos irrigan de la misma forma eficaz que en el bovino, a la médula espinal del suino? Por otra parte, varios autores señalan la presencia de red admirable epidural caudal en el cerdo

(23,24,62) lo cual es reconocido por la *Nomina Anatomica Veterinaria* 3a.ed.(70), y, solo Simoens la describe como una red laxa, considerándola como una red arteriosa (62), por lo que nuevos estudios pueden ser necesarios para aclarar dicho asunto.

La red quiasmática de los bovinos es reconocida por la *Nomina Anatomica Veterinaria* 3a.ed. (70), y Simoens la considera una red admirable por lo grande y compacta. El mismo autor, describe en el cerdo una "red arteriosa quiasmática" (62), que no ha sido reconocida por la misma *Nómina*, Lo anterior, podrá ser tema de investigación en el futuro.

Una red admirable oftálmica está descrita en bovinos y caprinos, pero en los porcinos se presenta como una pequeña y laxa red (23,62,70) que no se reconoce como red admirable (70), por lo que nuevamente se recurre a la evolución para explicar tales estados intermedios (11,15). Simoens describe también una pequeña red bulbar presente en el globo del ojo de rumiantes y el cerdo, situada en el origen de la arteria ciliar posterior corta y advierte que son variables en tamaño y densidad, pasando de una laxa red arteriosa a una densa red admirable (62); algo que debe aclarar este estado, no son ni el tamaño ni la densidad, sino la definición que de red admirable se tiene en el sentido de "un vaso que se divide y anastomosa libremente en numerosos vasos, para

reunirse nuevamente en una arteria eferente", y, algo más, que esté situada dentro de un lago venoso o con relación a un plexo venoso, donde el flujo se establezca en emborcados en contracorriente (2, 6, 7, 8, 9, 23, 47, 48, 54, 59, 61, 62, 65, 66).

En el caso de la red admirable formada por las arterias palatinas mayores, alrededor del canal incisivo en rufiantes, mencionada por Gisson y Schwarcz (61,63) es probable que se trate de una red arteriosa como la que existe en la submucosa de la cavidad nasal (23) ya que no se menciona en la literatura de redes admirables. Un nuevo estudio al respecto, aclararía la situación y posible función de dicha estructura.

Una observación anatómica más, es la variabilidad con que se describe la forma y situación de las estructuras, ello se debe al poco uso que se hace de la nomenclatura internacional (70).

ASPECTOS FISIOLÓGICOS

a) TERMODREGULACIÓN. La función más conocida de las redes admirables es la termoregulación y se basa en los siguientes hechos: la red se sitúa dentro en lugar venoso, el cual no solo recibe sangre del cerebro, sino también de la fría superficie cutánea y áreas mucosas tales como cuernos, cavidad bucal y cavidad nasal, llevándose a cabo un intercambio de calor entre la sangre venosa fría y la sangre arterial en la red (1,4,5,6,7,10,11,32,40,54,62); las venas del cuerno son enfriadas por el aire ambiental y las venas de las mucosas oral y nasal son enfriadas por evaporación en el jadeo (2,6,32,62). Los jadeadores con red son jadeadores, la evaporación por la nariz y boca se incrementa en el jadeo, manteniendo el cerebro más frío que las otras regiones del cuerpo (3,4).

Un gato activo eleva la temperatura arterial cerebral hacia la temperatura arterial central. Un gato quieto jadeando, baja la temperatura arterial cerebral hasta 1°C en menos de 30 segundos, con poco cambio de temperatura en la sangre arterial central (1).

Se ha demostrado que en gatos, cerdos y patos, animales con red, el flujo de aire nasal dentro de niveles fisiológicos, causa temperatura hipotalámica baja entre 0.2 y 0.5 °C; en tanto que, la estimulación bilateral del tronco simpático cervical reduce o anula el efecto de enfriamiento

cerebral del aire nasal que fluye en estos animales, debido a una reducción en resistencia al flujo aeres nasal, por inducir vasoconstricción (10)

La temperatura de la sangre en el círculo arterial cerebral y seno cavernoso son iguales, por la eficiencia de la red como intercambiadora de calor(7).

En animales jadeantes sin red, la temperatura cerebral y la del círculo arterial cerebral en reposo es semejante a la temperatura de la sangre arterial cerebral y del arco aórtico (2,3,5), pero durante el ejercicio la temperatura cerebral es mayor que la temperatura en el interior del cuerpo; ello explica la intolerancia al calor y ejercicio en conejos. otros mamíferos como el mono, sin enfriamiento cerebral (3,4).

La función normal del cerebro se altera después de 4 a 5°C sobre la temperatura de descanso (3).

La termoregulación no solo enfría la sangre cerebral sino que en época de frío, la red pituitaria podría elevar la temperatura de la sangre venosa en contacto con la red antes de llegar al seno cavernoso (62). Lo anterior, concuerda con Hammel, quien afirma que los vasos en el cuerno de una cabra se dilatan en respuesta a stress calórico externo por ejercicio o por bloqueo nervioso, y, se contraen en el frío o cuando el animal está en reposo (32).

La función de la red carotídea para intercambiar calor está restringida a los animales en stress calórico (36).

bajando en borregos entre 1 y 1.5 °C con respecto a la temperatura del arco aórtico (40).

La disociación térmica de la sangre arterial cerebral y la sangre arterial central es más marcada en el círculo arterial cerebral y las regiones cerebrales irrigadas por la red carotídea en gatos (1).

La similitud entre la temperatura del segmento cervical de la médula y la temperatura arterial cerebral rostral, sugiere que puede haber alguna mezcla de sangre del abasto de la red carotídea con sangre vertebral de la arteria basilar en gatos (1).

Aunque el perro no posee red admirable, el intercambio de calor por contracorriente ha sido descrito entre el aire ambiental frío y el flujo venoso en el pliegue de la región alar en la nariz del perro (40,41). Otros autores, consideran en el perro una red rudimentaria formada por la anastomosis entre las arterias carótida interna y maxilar, la cual produce un enfriamiento cerebral (3,62). Cuando los perros corren, la temperatura cerebral desciende a pesar de una elevación aguda en la temperatura de la sangre carotídea y es mantenida 1.3 °C abajo de la temperatura carotídea durante el ejercicio. Este enfriamiento resulta del intercambio de calor por contracorriente entre la sangre arterial caliente que abastece al cerebro y la sangre venosa drenada de la nariz y boca que es enfriado por jadeo (30,41); sin embargo, el

enfriamiento es menor, comparado con animales que poseen red bien desarrollada. En medio ambiente seco y caluroso, el perro en descanso hace descender la temperatura cerebral menos de 0.5 °C, en tanto que el gato, borrego y antilopes en las mismas condiciones, la hacen descender más de 1 °C (3,4). Esto está de acuerdo con Carlton, quien menciona que el mayor o menor desarrollo de la red puede indicar diferencias en la eficacia para intercambiar calor (11).

El hipotálamo es sensible a la temperatura; cuando se calienta el hipotálamo de un homeotermo, el animal reacciona con respuestas de pérdida de calor como la sudoración, el jadeo, y la dilatación de los vasos sanguíneos periféricos (32,33,54). Cuando el hipotálamo se enfría, el animal reacciona con respuestas generadoras de calor, como tiritar, abatimiento del pelaje y constricción de los vasos sanguíneos periféricos (33).

El principio de contracorriente es empleado en muchas y variadas formas en el reino animal (50). En muchas especies, la pérdida de calor corporal a través de un apéndice con escaso aislamiento, se controla por medio de intercambio de calor entre la sangre conducida por los vasos hacia el apéndice y la que procede de él (33). El plexo pampiniforme constituye un sistema lagunar que envuelve a la arteria testicular semejante a la red admirable y su función se ha interpretado como intercambiador de calor por contracorriente

(50). También se ha sugerido que un intercambio por contracorriente puede estar involucrado en el proceso por el cual el riñón filtra la sangre y produce orina. La sangre en los capilares de las branquias fluye en dirección contraria al flujo del agua sobre dichas estructuras y el pez toma el oxígeno por contracorriente. En conejo, borrego, ardilla, vaca, gato, perro y otros animales, los vasos sanguíneos de la madre están entremezclados con los del feto en la placenta y por contracorriente. Ellos intercambian oxígeno, nutrientes, calor y desechos. Los vasos sanguíneos en contacto con los sacos aéreos en las aves, toman oxígeno y ceden calor por contracorriente (60.)

b) PROTECCIÓN AL CEREBRO DE UNA PRESIÓN SANGUÍNEA EXTREMADAMENTE ALTA, ACTUANDO LA RED ADMIRABLE COMO CAPACITOR.

El cerebro es sensible al edema pero requiere un flujo sanguíneo relativamente alto para su propia función (20,40,42,62).

Los vasos de la red se pueden expandir en el lago venoso, actuando como capacitor al disminuir la alta presión sistólica (20). ello corroboró la suposición de Chauveau, al considerar que: *"moderaba la impetuosidad del flujo sanguíneo, previniendo las congestiones y compresiones del tejido nervioso"* (12). Durante la vasodilatación cerebral, la red mantiene su resistencia inalterada, y consecuentemente actúa como un factor limitante al flujo que restringe el paso

excesivo de sangre al cerebro, en tanto que durante la vasoconstricción cerebral, la resistencia impuesta por la red, viene a ser únicamente una pequeña fracción de la resistencia cerebrovascular total (45). En el becerro y oveja esta resistencia vascular de la red, se debe a los numerosos y pequeños diámetros lumbales de los vasos (62), ya que las influencias neurohumorales son mayores que en un único vaso grande (26). Paule, por lo contrario, sugiere que la pequeña cantidad de músculo liso en las paredes arteriales de la red en gatos, podría no tener una función importante para regular la resistencia cerebrovascular (54), en tanto que Blunch, señala a la red como protectora de una excesivamente alta o baja presión de perfusión, como ya lo había sugerido Chauveau en 1895(12). El mismo Blunch, aclara que cuando la presión sanguínea se mantiene constante, el gradiente de presión a través de la red aumenta o disminuye de acuerdo con la demanda del lecho cerebrovascular, y que los cambios observados de resistencia son el resultado de los eventos hemodinámicos que ocurren en los vasos del cerebro, más que como una consecuencia de variaciones en la resistencia a través de la red (45); esto último concuerda con Gillilan, quién también afirma que la red es un complejo hidráulico que posiblemente altera los cambios hemodinámicos (26).

c) LA RED ADMIRABLE AUXILIANDO EN EL RETORNO VENOSO.(BOMBA VENOSA).- Esto es posible por medio de pulsaciones rítmicas

transmitidas de la red al lago venoso dentro del seno (26,40,42,45); ello se apoya en la presencia de plexos nerviosos entre la adventicia y la media de arterias de la red, indicando algunas formas de control neuromuscular (42,65).

d) LA RED ADMIRABLE MANTENIENDO UN ADECUADO FLUJO SANGUINEO CEREBRAL.- En casos de flujo interrumpido en una carótida interna, la extensa aunque potencial comunicación lado a lado de ambas redes, asegura el flujo ininterrumpido de sangre hacia el cerebro (8,9,23,27,40,42). Hay sin embargo, autores que indican poco desarrollo en las arterias comunicantes de la oveja (8,28,78,48). En todas las especies el paso de sangre entre las dos redes ocurre únicamente si la presión relativa es alterada (26,48). Lincell, y Waites, mencionados por Guillilan, demostraron en borregos y cabras, que los vasos vertebral y espinal pueden ser suficientes para mantener irrigado todo el cerebro cuando se ociden las arterias carótidas externas (26). Esto último no concuerda con la descripción anatómica de los vasos que surten al círculo arterial cerebral, porque el flujo de la arteria basilar, abastecida por las arterias vertebral y espinal, parece alejarse en vez de ir hacia el círculo (8,9,14,24).

e) LA RED ADMIRABLE COMO RESERVORIO DE SANGRE ARTERIAL. La compleja trama de vasos paralelos y anastomosados libremente (43), ha sido considerada como un reservorio de sangre arterial, para proveer oxígeno en casos necesarios (47).

f) LA RED ADMIRABLE COMO INTERCAMBIADORA DE GASES.

La disposición en contracorriente además de intercambiar temperatura, sugiere el intercambio de gases, como sucede en la vejiga natatoria de peces (16,69).

FACTORES QUÍMICOS, HORMONALES Y NEURALES QUE PUEDEN REGULAR EL FLUJO SANGUÍNEO CEREBRAL EN LA RED.

Factores químicos, hormonales y neurales pueden regular el flujo sanguíneo cerebral en la red (62).

Los vasos de la red se contraen en respuesta a la norepinefrina y se dilatan en respuesta al isoproterenol (20).

Agentes colinomiméticos (acetilcolina, carbacolina, péptidos vasoactivos intestinales y papaverina) inducen potentes respuestas de dilatación en la red carotídea de felinos (13); también se dilatan en respuesta a hipotensión sistémica, hipercapnia arterial e hipoxia isocapnica, así como en reacción a inyección intravascular de isopropylнорадренalina (62).

Agentes simpaticomiméticos (noradrenalina, norepinefrina, adrenalina, epinefrina, 5 hidroxitriptamina, angiotensina II y prostaglandina F_{2α}) provocan vasoconstricción en la red carotídea de felinos (13), aunque el efecto de la noradrenalina inyectada *in vitro* es insignificante (62). Llunch, señala que los agentes tanto colinomiméticos como

simpaticomiméticos inyectados en la arteria maxilar, indican que los vasos cerebrales son más sensibles a estas sustancias que la vasculatura de la red (45), y, lo mismo señala Santamaria en la red de la cabra, tanto *in vitro* como *in vivo* (58). Dieguez, por lo contrario, afirma que las arterias de la red y las arterias cerebrales tienen baja habilidad para contraerse como respuesta a estimulación adrenérgica directa e indirecta (18) y que pequeñas arterias cerebrales dan contracción dependiente de la dosis de norepinefrina y tiramina (19). En tanto que otros autores han observado en arterias de la red una baja población de sitios receptores para sustancias vasoactivas (norepinefrina) (19,26,45) o que la norepinefrina tiene una baja afinidad por los sitios receptores (19), por lo que la estimulación adrenergica es insignificante o no existe en cabra, cerdo y bovino (17,18,19).

La enzima alcalin fosfatasa está asociada con funciones de absorción, y la enzima 5'nucleotidasa con funciones catabólicas, ambas enzimas actúan transportando fluido a través de la membrana plasmática, por lo tanto, se sugiere que ellas pueden jugar un papel en la transferencia de calor en la red admirable. La enzima alcalin fosfatasa fue encontrada en las células endoteliales de la red y la enzima 5'nucleotidasa en la adventicia de la misma (37).

El tejido hipotalámico preóptico es esencial en las respuestas de termorregulación. el enfriamiento o calentamiento por media hora o más de la región preóptica hipotalámica afecta la respuesta hormonal de la glándula tiroides; en el enfriamiento de la misma región, la glándula tiroides libera hormona tirotrópica. El calentamiento del mismo tejido retarda la liberación de hormona tiroidea en cabras expuestas a medio ambiente frío (32).

Los vasos sanguíneos cerebrales y periféricos tienen un rico suministro de fibras nerviosas autónomas conteniendo noradrenalina o acetilcolina alrededor de estos vasos (58,65), ésta rica inervación también ha sido demostrada en la red admirable del gato (65); En artiodáctilos, existe una controversia entre Santamaria (58,59), quien observó menor inervación adrenérgica en varias especies incluida la cabra, con Kruckeberg (42), quien no encontró diferencia en la inervación adrenérgica entre arterias de la red y cerebrales de la cabra.

La densa inervación de fibras acetilcolinérgicas, noradrenérgicas y peptidinérgicas [péptidos vasoactivos intestinales (VIP) o sustancia P (SP) y polipeptido pancreático aviar (APP)] en la red admirable del gato, indican una potente influencia neurogénica sobre los vasos sanguíneos, por lo tanto, el flujo a través de la red puede ser modificado según se demuestra por los marcados efectos de

agentes neurotransmisores y vasoactivos sobre vasos sanguíneos aislados de la red (43).

En el gato, las fibras nerviosas adrenérgicas fueron localizadas en la adventicia, contiguas a la túnica media; las fibras nerviosas acetilcolinérgicas también fueron localizadas en la adventicia, contiguas a la túnica media; y, las fibras nerviosas peptidinérgicas fueron localizadas entre la adventicia y túnica media, menos numerosas que adrenérgicas y acetilcolinérgicas. Las fibras nerviosas peptidinérgicas tienen potente acción vasodilatadora en vasos sanguíneos de la placenta tanto *in vitro* como *in vivo*, la misma acción ha sido notada en varios vasos sanguíneos periféricos, pero su papel vasomotor no ha sido bien esclarecido (45).

En artiodáctilos, Santamaria sugiere que debido a la menor inervación adrenérgica de la red, los vasos cerebrales podrían ser el sitio de resistencia controlada en la estimulación neurogónica (58,59), en tanto que Kruckeberg, cita estudios farmacológicos que apoyan el descubrimiento de numerosas terminales adrenérgicas entre los vasos de la red, indicando una activa regulación simpática en la cabra (42), lo cual apoya las teorías de: "bomba venosa y regulador de flujo sanguíneo para la red" (26,40,42,45).

DISCUSION DE LOS RESULTADOS CON RESPECTO A LA FISIOLOGIA

Ha quedado demostrado que las redes admirables de la cabeza actúan como intercambiadoras de calor manteniendo la temperatura arterial cerebral por debajo de la temperatura arterial central. Sin embargo, esta función está restringida a los animales sometidos a stress calórico, bajando en borregos entre 1 y 1.5 °C respecto a la temperatura del arco aórtico (1,40). Por otro lado, el mecanismo de termorregulación no solo enfría la sangre cerebral sino que en época de frío la red oftálmica podría elevar la temperatura de la sangre venosa antes de que llegue al seno cavernoso, el cual esté en contacto con la red admirable epidural craneal (62).

Por el contrario, en animales en descanso que carecen de red, la temperatura fisiológicamente normal, e incrementada en stress calórico, es igual tanto en las arterias cerebrales como corporales (3).

Igualmente, se demuestra que el jadeo es un mecanismo eficaz para bajar la temperatura por evaporación de la sangre venosa (2,6,32,62), lo cual contribuye al enfriamiento de la red admirable (3,4).

En el capítulo de Anatomía, se señala a la arteria basilar como aterente al círculo arterial cerebral en los carnívoros, la cual recibe sangre de la arteria vertebral de

cada lado (14,62), ello supondría una mayor temperatura en la sangre de la arteria basilar con respecto al círculo arterial cerebral que ha sido enfriada por la red admirable. Sin embargo, Baker informa que la temperatura del segmento craneal de la médula y la temperatura arterial cerebral rostral en gatos son similares (1). Esto último podría explicarse si el flujo de la arteria basilar fuera hacia caudal como sucede en los bovinos y caprinos (8,9,14,16,10).

Es razonable pensar que una red bien desarrollada como la de la vaca, oveja, cabra, cerdo y gato, sea más eficaz que una red rudimentaria como la del perro, y también que el perro pueda tolerar el calor gracias al fenómeno de sacos, mejor desarrollado en el mismo (3,62). No obstante, algo se queda pendiente de aclarar, es saber si los animales que presentan redes rostrales y caudales como el bovino y equino (5,8,9,10,23,24,48,62) toleran más el calor que los que poseen una sola red admirable rostral como los ovinos y caprinos (6,8,14,18,40,48), y, por otro lado, averiguar qué variaciones anatómicas o fisiológicas hay que determinen la mayor tolerancia al calor en el ganado *Bos indicus* con respecto al *Bos taurus*, reconociendo que se maneja como tal en forma tradicional.

La dificultad para disipar calor en medio ambiente cálido húmedo (36), explica la intolerancia del ganado para establecerse en regiones con tales características; sin

embargo, en el medio ambiente cálido seco, el ganado podría establecerse más fácilmente, considerando la eficacia de la red admirable como disipador de calor en este ambiente (3,41).

Con relación al concepto de "contracorriente", se observó que este no es específico y único de las redes admirables, sino que ocurre en otros procesos funcionales del organismo (30,37,69).

Con respecto a la protección de la red admirable al cerebro de una presión sanguínea extremadamente alta, actuando como capacitor, parece lógico suponer tal acción, ya que las paredes arteriales de la red poseen una pequeña cantidad de músculo liso (54), lo cual permite a las arterias expandirse en el lago venoso (20) en casos de presión sanguínea alta; aunado a esto, los numerosos vasos de la red actúan como reservorio de sangre y oxígeno (20,47), retardando el flujo y logrando iguales las temperaturas arterial y venosa (7).

El cerebro, sin embargo, requiere de un flujo sanguíneo relativamente alto para su propia función (20) por lo que en la demanda cerebrovascular la red mantiene su resistencia inalterada (45), gracias al plexo nervioso de las arterias de la red (42,65). Lo anterior, concuerda con otros autores, que señalan a la red como protectora de una excesivamente alta o baja presión de perfusión (12,49), y que el gradiente de

presión a través de la red, aumenta o disminuye de acuerdo con la demanda cerebrovascular (26,45); por otro lado, las pulsaciones rítmicas de la red auxilian en el retorno venoso (26,40,42,45).

Existe una controversia con relación a la habilidad de los vasos de la red para responder a los agentes colinomiméticos y simpaticomiméticos, pues mientras unos autores simplemente señalan respuesta positiva (13,20,62), otros aclaran que los vasos cerebrales son más sensibles que los vasos de la red (45,58). Un autor más, considera una baja habilidad para contraerse en respuesta a estimulación adrenérgica, lo mismo en arterias cerebrales que en las arterias de la red (18). Otro declara, que la respuesta depende de la dosis de norepinefrina (19), y otros más, han observado una baja población de sitios receptores a la norepinefrina ó que la norepinefrina tiene baja afinidad por los sitios receptores de la red (19,26,45), por lo que consideran que la estimulación adrenérgica es insignificante o no existe (17,18,19).

La función enzimática en el metabolismo celular actúa transportando fluidos, por lo que la presencia de las enzimas alcalin fosfatasa y 5'nucleotidasa han sido consideradas como coadyuvante en la transferencia de calor (37).

ASPECTOS HISTOLOGICOS

La red admirable arterial es una malla de vasos cuyos diámetros varían según los autores, reportando entre 50 y 366 μ en la red admirable de la arteria maxilar del gato (2,34,65), en tanto que en la cabra se reporta un diámetro entre 40 y 1000 μ (20,54), para la red admirable epidual rostral (70).

Los vasos de la red poseen una túnica íntima (interna) formada por una capa de células endoteliales, con escasa cantidad de tejido conectivo (estrato subendotelial) entre el endotelio y la bien desarrollada membrana elástica interna (39,40); una túnica media con fibras de músculo liso circulares y espiraladas o cursando en todas direcciones, de la que se reportan las siguientes capas: 2 a 3 en gato (54), 3 a 5 en cabra y cerdo (28,58), 3 a 7 en borrego (28,40) y 6 a 8 en bovinos (28,58). Santamaría, sin embargo, señala que las arterias de la red y cerebrales de tamaño semejante en cabra, cerdo y bovinos, son similares, en cuanto a fibras de músculo liso, mientras que la media del radio del lumen en arterias de la red es mayor (58,59). Este último, concuerda con Edelman, quién afirma que en la cabra los moldes de polímeros acrílicos de la red indican que secciones de estas arterias son más grandes que las secciones de otros vasos aferentes o eferentes del mismo tamaño (20). Otros autores, solo mencionan una bien desarrollada capa de músculo liso

(20,39). Paule por lo contrario, señala una pequeña cantidad de músculo liso en las paredes arteriales de la red en gato (54), y Khamas afirma que las tónicas de las arterias de la red son distintas a las tónicas de las arterias musculares normales en otras regiones del cuerpo (39). En todas las especies, la tenue túnica externa está envuelta por la delgada pared de células endoteliales del seno venoso, las cuales emiten trabéculas entre los vasos de la red (8,28,54,56,59); sin embargo, Khamas señala que los ovinos carecen de membrana elástica externa (39), e informa que hay gran número de vasos (*vasa-vasorum*) y fibras nerviosas (*nervi-vasorum*) debajo del epitelio (40).

Simoens, informa que en la oveja y becerro, la red presenta células epiteliales y una abundante innervación (62), en tanto que Khamas señala la presencia de un gran número de células epiteliales del cuerpo carotídeo en varias arteriolas de la red en la oveja, cuya posición es aberrante, ya que usualmente se encuentran en la bifurcación de la arteria carótida común y su función es regular el flujo sanguíneo y medir cambios en pH reflejados por PO_2 y PCO_2 en la sangre destinada a surtir el cerebro (40). Sin embargo la presión de CO_2 de aproximadamente 9 mm de Hg no afecta la respuesta en los vasos de la red en la cabra (20).

El microscopio electrónico reveló terminales nerviosas localizadas entre la adventicia y la media de arterias de la

red y cerebrales de artiodáctilos (40,58.59), sin embargo, la densidad de inervación en arterias de la red es mucho menor con respecto a las arterias cerebrales, según un autor (58,59), en tanto que otro afirma que no hay diferencia entre la inervación de arterias cerebrales y de la red (42). En el gato, se informa de una rica inervación de la red, esta red dá origen a varias arterias que irrigan tejido extracerebral (65).

DISCUSION DE LOS RESULTADOS CON RELACION A LA HISTOLOGIA

Histológicamente, existen límites muy amplios con relación a los diámetros arteriales de la red, probablemente debido a la ramificación de la misma (2,20,54.65,70), y no se aclara si las medidas son hechas tomando en cuenta o no al endotelio del seno venoso que envuelve a las arterias de la red (8,28,54.58,59). Asimismo, los vasos de la red son llamados indistintamente arterias o arteriolas; sin embargo, estos vasos poseen, como en las arterias, tejido conectivo (estrato subendotelial) entre la túnica interna y la membrana elástica interna, ésta última ausente en las arteriolas (39,40,70). Por lo anterior, la denominación del vaso puede ser arteria, pero la ausencia en los ovinos de membrana elástica externa conduce a la denominación de arteriola (40,70), por lo que nuevamente puede decirse, dado su estado intermedio, que nada en la evolución se dió a grandes saltos.

La diferencia de capas musculares en la túnica media entre las especies, muestra una relación directa entre el desarrollo de las capas y el tamaño del individuo, por lo que no podrían esperarse similitudes (28,40,54,54.58), y, aunque en los artiodáctilos se señala a la túnica muscular como similar entre arterias de la red y cerebrales del mismo tamaño, el diámetro del lumen en arterias de la red es mayor con respecto a las arterias cerebrales, y no se aclara si

alguna otra túnica es mayor en las arterias cerebrales con respecto a las de la red; ello sin embargo, explica el fenómeno fisiológico de reservorio sanguíneo (capacitar) en la red (20,28,40,58,59).

La presencia de células epiteliales en arterias de la red (40) y la falta de respuesta a la presión de CO₂ de aproximadamente 9 mm de Hg (20), deja un hueco en la investigación para averiguar su posible utilidad.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Baker, M. A. : Influence of the rete on brain temperature in cats exposed to hot environments. J. Physiol., 220 : 711-728 (1972).
- 2.- Baker, M.A. : Un sistema de enfriamiento del cerebro en los mamíferos. Investigación y Ciencia, 74:82-91 (1979).
- 3.- Baker, M. A. and Chapman, L.W. : Rapid Brain cooling in exercising dogs. Science, 195:701-707 (1977).
- 4.- Baker, M. A. and Cronium, M. J. : Can panting mammals without a carotid rete cool their brains below deep body temperature?. Fed. Proc., 35: 481 (1976).
- 5.- Baker, M. A. and Hayward, J.N. : Carotid rete and brain temperature of cat. Nature, 214: 179-181 (1967).
- 6.- Baker, M. A. and Hayward, J. N. : Intracranial heat exchange and regulation of brain temperature in sheep. Life Sciences, 2: 349-357 (1968)
- 7.- Baker, M.A. and Hayward, J.N. : The influence of the nasal mucosa and the carotid rete upon hypothalamic temperature in sheep. J. Physiol., 198: 561-577 (1968)
- 8.- Baldwin, B. A.: The anatomy of the arterial supply to the cranial regions of the sheep and U.S. American Journal of Anatomy, 115: 101-112 (1954).
- 9.- Baldwin, B.A. : The anatomy of the cerebral circulation of the sheep and ox. the dynamic distribution of the blood supplied by the carotid and vertebral arteries to cranial regions. J. Anat., 97: 201-215 (1963).
- 10.- Bamford, O.S. and Eccles, R. : The role of sympathetic efferent activity in the regulation of brain temperature. J. Physiol., 396(2) : 108-140 (1983).
- 11.- Charlton, C. and McKern, T. : The carotid and orbital relia of the pronghorn, deer and elk. Anat. Rec., 180: 91-108 (1977).

- 12.- Chauveau, A. et Arloing, S. : Traite D' Anatomie Comparée des Animaux Domestiques. Deuxième édition. J. B. Baillière, Paris, 1875.
- 13.- Edvinsson, L. and Uddman, R. : The feline carotid rete: vaso motor reactivity of isolated arteries. Acta Pharmacol. Toxicol., 52: 128-134 (1983).
- 14.- Daniel, F. M., Dawes, J. B. F. and Prichard, M. M. L. : Studies of the carotid rete and its associated arteries. Philos. Trans., 272:177-209 (1953).
- 15.- Davis, D. D. and Story, H.E. : Carotid Circulation in the domestic cat. Field Museum of Natural History-Zoology, 28(1): 5-47 (1943).
- 16.- Devillers, Ch. y Clairambault, F. : Anatomia Comparada. Edit. Torcylhasson, S. A., Barcelona, 1977.
- 17.- Diéguez, G., Conde, M. V., Iglesias, J.R. Marin, J. y Lluch, S.: Rete Mirabile of goat: in-vitro effects of adrenergic stimulation. Brain Res., 289: 1-2 (1983).
- 18.- Diéguez, G., Conde, M.V., López, E., Paz-Ares, A.L., García, L., Gómez, B. y Lluch, S.: The rete mirabile of goat and its response to adrenergic stimulation. Int. Microcirc. Clin. Exp., 2 (3-4):553 (1984).
- 19.- Diéguez, G., García, A. L., Conde, M. V., Gómez, B., Santamaria, L. y Lluch, S.: In vitro studies of the carotid rete mirabile of artiodactyla. Microvasc. Res., 22(2): 145-154 (1987).
- 20.- Edelman, N.H., Epstein, N.S., Cherniack, N.S. and Fishman, A.P.: Control of cerebral blood flow in the goat; role of the carotid rete. J. Physiol., 233(3): 615-619 (1972).
- 21.- Evans, H.E. and Christensen, E. G.: Anatomy of the dog. W. B. Saunders Company, Second Edition. Philadelphia, 1979.
- 22.- Froelich, R. and Wagner, R. : Direct comparison of transport specificity between intact and isolated capillaries of the rete mirabile. Fed. Proc., 46(4):1528 (1987).

- 23.- Getty, R. : General heart and blood vessels. In: Sisson and Grossman's, Anatomy of the Domestic Animals. Edited by : Getty, R., vol. 1., W.E. Saunders Company, Philadelphia, 1975.
- 24.- Ghoshal, N.G. and Khanna, W.A.H. : Gross and histomorphological study on the rostral epidural rete mirabile of the pig. Indian J. Anim. Sci., 55(5): 304-310 (1985).
- 25.- Ghoshal, N. G. : Ruminant Heart and Arteries. In: Sisson and Grossman's, Anatomy of the Domestic Animals. Edited by: Getty, R., Vol. 1 : 960-970. W. E. Saunders Company, Philadelphia, 1975.
- 26.- Gillilan, L.O. : Blood Supply to brains of ungulates with and without a rete mirabile caroticum. J. of Comparative Comparative Neurology., 15(3): 275-299 (1974).
- 27.- Godynicki, S. and Frackowiak, H. : The rete mirabile epidurale in artiodactyls. Congressus theol. int., 2: 236 (1978).
- 28.- Godynicki, S., Schwarz, F. and Radic, B. : Morphological studies of the rostral rete mirabile and the cavernous sinus of the sheep. Anat. Histol. Embryol., 10(3): 227- 237 (1981).
- 29.- Gordon, M. S. : Animal physiology Principles and Adaptations. 2nd . ed. The McMillan Company, New York, 1972.
- 30.- Greenberg, J. , Forssman, W.G. and Gorgas K. : Morphology and innervation of a testicular "rete mirabile" in the guinea-pig Anat. Embryol., 173(2): 225- 236 (1983).
- 31.- Habel, R. E. : Anatomía y Manual de Disección de los Ruminantes domésticos. Editorial Acribia, Zaragoza, 1968.
- 32.- Hamiel, H. T. : Regulation of internal body temperature Ann. Rev. Physiol., 30: 641-710 (1968).
- 33.- Heller, H. C., Crawshaw, L. I. y Hammel, H. T. : El termostato de los vertebrados. Investigación y Ciencia, 25: 66-75 (1978).
- 34.- Hildebrand, M.: Anatomía y Embriología de los Vertebrados. Edit. Limusa, México, 1982.

- 35.- Himwich, W.A. : Cerebral Circulation, Blood Brain Barrier and Cerebrospinal Fluid. In: Dukes's Physiology of Domestic Animals. Edited by: Swenson, M., Cornell University Press, Ithaca, 1977.
- 36.- Jessen, C. and Fongratz, H. : Air humidity and caudal rete function in thermoregulation of the goat. J. Physiol., 292:469-479 (1979).
- 37.- Khamas, W. A. and Ghosal, N. G.: Alkaline phosphatase and 5 nucleotidase enzymes in the carotid rete-cavernous sinus complex of sheep and goats. Anat. Anz. 162 (2):93-99 (1986).
- 38.- Khamas, W. A. H. and Ghoshal, N. G.: Blood supply to the nasal cavity of sheep (Ovis aries) and its significance to brain temperature regulation. Anat. Anz. 151: 14-28 (1982).
- 39.- Khamas, W. A. and Ghoshal, N. G.: Gross and scanning electron microscopy of the carotid rete-cavernous sinus complex of the sheep (Ovis aries). Anat. Anz. 159:173-179 (1985).
- 40.- Khamas, W. A. and Ghoshal, N. G.: Histomorphologic structure of the carotid rete-cavernous sinus complex and its functional importance in sheep (Ovis aries). Am. J. Vet. Res. 45(1): 156-158 (1984).
- 41.- Khamas, W. A. H. and Ghoshal, N. G.: Histomorphologic studies of the nasal cavity of sheep (Ovis aries) and its significance in temperature regulation of the brain. Acta Anat. 113:40-54 (1982).
- 42.- Kruckeberg, T. W., Burns, E.N., Parviz, S. and Dobben, G.D.: Evidence for adrenergic innervation of the goat rete mirabile: a light, SEM and TEM study. Biogenic Amines 1:25-49 (1984).
- 43.- Lawson, R.: The Comparative Anatomy of the Circulatory System. In: Hyman's, Comparative Anatomy. Edited by: Wake, M. H., The University of Chicago Press, Chicago, 1979.
- 44.- Lin, T., Grimes, P. A. and Stone, R. A. : Nerve pathways between the pterigopalatine ganglion and eye in cats. Anat. Rec. 222:95-102 (1988).

- 45.- Blach, S., Diegues, G., Garcia, A. and Gómez, B.: Rete mirabile of goat: its flow damping effect on cerebral circulation. Am. J. Physiol. 249: 487-489 (1985).
- 46.- Martínez. Etude du Système artériel de la base du cerveau et l'origine des artères hypophysaires chez le chat. Acta Anat. 61:511-546 (1965).
- 47.- Martínez, P.: Sur la morphologie du réseau admirable extracranien. Acta Anat. 62:24-32 (1967).
- 48.- Mc Grath, P.: Observations on the intracranial carotid rete and the hypophysis in the mature female pig and sheep. J. Anat. 121(3):489-500 (1977).
- 49.- McLeod, W. H.: Bovine anatomy. 2nd ed. Purgesch Publishing Company, Minneapolis, 1975.
- 50.- Moriwaki, M., Watase, H., Fukumoto, M. and Hayashi, S.: Exophthalmos due to rete mirabile abscess caused by infection with *Corynebacterium pyogenes* in cattle. Natl. Inst. Anim. Hlth. Quart. 13:14-22 (1973).
- 51.- Nanda, B. S.: Blood supply to the Brain. In: Nisson and Grossman's, Anatomy of the Domestic Animals. Edited by: Getty, R., Vol. 1. W. B. Saunders Company, Philadelphia, 1975.
- 52.- Niño, A. F.: Contribución al estudio anatómico-macroscópico de de los redes admirables cerebrales en Bovinos. Tesis de Licenciatura. Fac. de Med. Vet. y Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México México, D. F. 1985
- 53.- Pastera, E., Cornila, N., Nicolescu, V.: Comparison of the epidural rete mirabile in cattle, sheep, swine, dog and cat. Inst. Agron. Nicolae Balcescu. 29:7-20 (1986).
- 54.- Paule, W. J. and Baker, M. A.: Structural basis for the heat exchange function of the carotid-rete in the cat. Ann. Rec. 190(2):505 (1978).
- 55.- Phillips, J. W.: Veterinary Physiology. W. B. Saunders Company, Philadelphia, 1976.
- 56.- Pirlot, P.: Morfología Evolutiva de los cordados. Ediciones Omega, S. A. Barcelona, 1976.

- 57.- Prince, J. H., Diesen, C. D., Eglitis, I. and Ruskell, G.: Anatomy and Histology of the Eye and Orbit in Domestic Animals. C. C. Thomas, Springfield, 1950.
- 58.- Santamaria, L. and Dieguez, G.: Histomorphometry and Innervation of the Rete Mirabile and Brain Vessels of Artiodactyla. In: Stroke and Microcirculation. Edited by: Corvós-Navarro, J. and Ferszt, R., Raven Press, New York, 1987.
- 59.- Santamaria, L. and Dieguez, G.: The carotid rete of goat and ox: morphological observations. Int. Microcirc. Clin. Exp. 7(3-4): 552 (1984).
- 60.- Scholander, P.F.: Vertebrate structures and functions Readings from Scientific American. W. H. Freeman and Company, San Francisco, 1974.
- 61.- Schwarze, E. y Schroder, L.: Compendio de Anatomía Veterinaria. Tomo III. Aparato Circulatorio y Piel. Editorial Acribia, Zaragoza, 1972.
- 62.- Simoens, P., Lauwers, H., De Geest, J. P. and Schaepprijver, L.: Functional morphology of the cranial Retia mirabilia in in the domestic mammals. Schweizer Archiv für Tierheilkunde 129:295-307 (1987).
- 63.- Sisson, S. y Grossman, J.: Anatomía de los Animales Domésticos. 4a. ed. Salvat Editores, S. A., Barcelona 1974.
- 64.- Trautman, A.: Histología y Anatomía Microscópica Comparada de los Animales Domésticos. Editorial Labor, S.A., Barcelona 1942.
- 65.- Uddman, R., Edvinsson, L. and Malm, L.: Perivascular nerves in the feline carotid rete. Cell. and Tissue Research 226: 301-308 (1982).
- 66.- Uehara, M.: Morphological studies on the Rete Mirabile Epidural of the calf. Japanese Journal of Veterinary Research 21 (3):102-103 (1973).
- 67.- Van Kempen, E.M.: Manual de Anatomía General. Editorial Carlos Bailly-Bailliere, Madrid, 1863.
- 68.- Venzke, W. G.: Ruminant Endocrinology. In: Sisson and Grossman Anatomy of the Domestic Animals. Edited by: Getty, R. Vol. I, W. B. Saunders Company, Philadelphia, 1975.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- 69.- Weichert, C. K. y Dresch, W.: Elementos de Anatomía de los Cordados. 4a. ed. Mc. Graw Hill, México, 1931.
- 70.- World Association of Veterinary Anatomists: *Nomina Anatomica Veterinaria*. 3rd. ed. International Committee on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature. Ithaca, 1963.