

DR. GABRIEL GONZÁLEZ-ÁLMARAZ**

ESTRUCTURA DEL CUERPO CAROTÍDEO EN EL HOMBRE Y MAMÍFEROS SUPERIORES*

(EQUUS CABALLUS, BOS TAURUS, SUIS ESCROPHA,
DOMESTICUS, CAPRA HIRCUS Y OVIS ARIES)

EL CUERPO CAROTÍDEO fue descrito por Von Haller en 1762, denominándolo "ganglio minutum"⁴⁴. Otros autores han señalado el año de 1743, como la fecha de dicha descripción⁷⁵. Andersch,⁵ lo denomina ganglio intercarotídeo. Luschka⁶³ sin negar la participación nerviosa lo considera con función glandular. Krause⁶¹, le encuentra semejanza con el glomus yugular. Arnold⁶ piensa se trata de una formación vascular, denominándolo glomeruli arteriosi intercarotici. Schaper⁷⁷ nota las estrechas relaciones de las células con los capilares. En los años siguientes Kohn^{58, 59, 60} lo considera como un paraganglio con células cromafines relacionado con

el ganglio simpático cervical. En 1926, La Escuela Española encabezada por Fernando de Castro²⁰ infiere su papel sensorial dando una descripción minuciosa de la inervación carotídea. Heymans y Col⁷² demuestran la presencia de fibras químio y presorreceptoras en el nervio de Hering. Más recientemente, Costero y Col^{25, 26, 27, 28, 29}, aportan valiosísimos datos sobre la estructura y función del quimiorreceptor. Biscoe & Stehbens y Kock, entre otros, han aportado datos sobre la ultraestructura del cuerpo carotídeo^{16, 57}.

Otros quimiorreceptores han sido descritos; el glomus yugular por Valentin (1840)⁷⁵, el cuerpo aórtico por Biedl y Wiessel⁷⁵ aunque Penitschka⁷¹ fue el primero en publicar su existencia, el paraganglio ciliare de Bator y Pibeck, los quimiorreceptores no específicos del canal de Hunter, el paraganglio vagale de Moratori, los del intersticio pulmonar⁷⁵ y Hollinshead⁴⁹ afirma la existencia de quimiorreceptores abdominales.

* Trabajo basado en la tesis recepcional que con el mismo título obtuvo felicitaciones del jurado de la Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México. Realizado en el Departamento de Anatomía Patológica del Instituto Nacional de Cardiología.

** Ex-Ayudante de Profesor de Histología Normal y prácticas, actualmente, Médico becario del Registro Nacional de Anatomía Patológica, S. S. A.

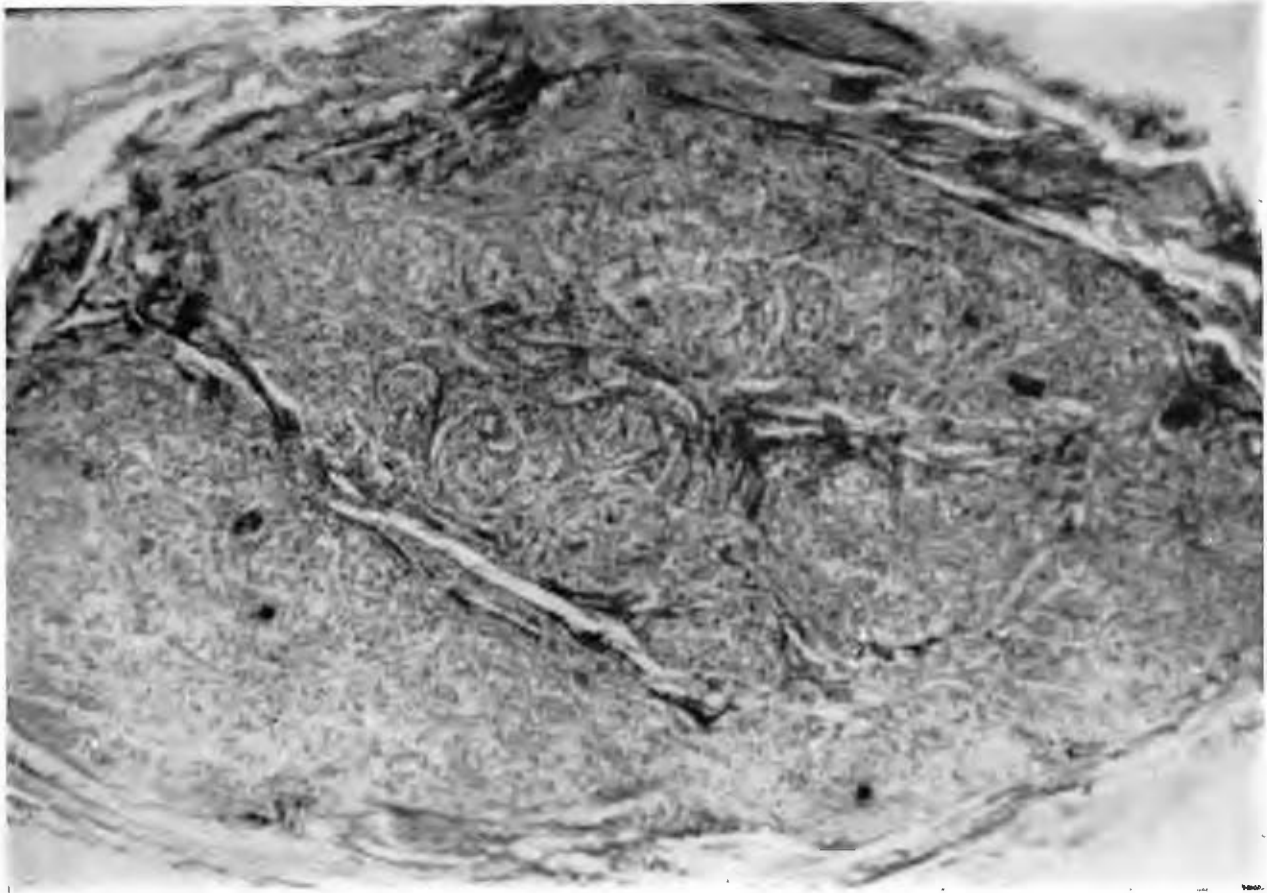


Fig. 1. Cuerpo carotideo de niño. Obsérvese la arquitectura general del órgano, dispuesto en lóbulos y lobulillos. Tec. Barroso-Moquel. 3.5 X.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se estudiaron 6 cuerpos carotídeos de niños menores de un año, 10 de adultos jóvenes, entre el segundo y tercer decenios y 8 de ancianos; 8 quimiorreceptores de caballos adultos, 12 de toro, 9 de cerdo, 3 de cabras y 4 de ovejas. Durante las disecciones regionales, se compararon las variantes anatómicas entre las diferentes especies, comprobándose los hallazgos ya descritos^{1,17,31,20}. Se fijó el material en formalina al 10% durante 15 a 20 días; algunas piezas se incluyeron en parafina, cortándose a 10 micras, tiñéndose con hematoxilina y eosina, para comprobar la ubicación del cuerpo carotideo para posteriormente cortarse por el método de congelación.

Se efectuaron las técnicas de impregnación argéntica de Rio-Hortega, Barroso-Moquel, Gross-Villaseñor, Bielchowsky, Fontana-Masson Azul de toluidina y Smörl.

RESULTADOS

Cuerpo Carotideo Humano:

Las dimensiones varían según la edad, en el recién nacido no sobrepasan las de una cabeza de alfiler, alcanzando su máxima a los 20 años (5.7 x 2.5 - 4 x 1.5 mm)³².

Este diminuto órgano se encuentra rodeado por una cápsula de tejido conjuntivo, colágena principalmente en donde se encuentran los vasos y nervios del órgano. A nivel de su polo inferior existe un ensanchamiento, a manera de pedículo, donde se alojan los vasos arteriales derivados de la bifurcación de la carótida primitiva (Fig. 1). En ocasiones puede encontrarse dividido en dos grandes lóbulos o muchos pequeños³². A este pedículo se le ha denominado ligamento de Mayer¹. De esta cápsula parten trabéculas que dividen al órgano en lóbulos, y de éstas, otras más finas que lo subdividen

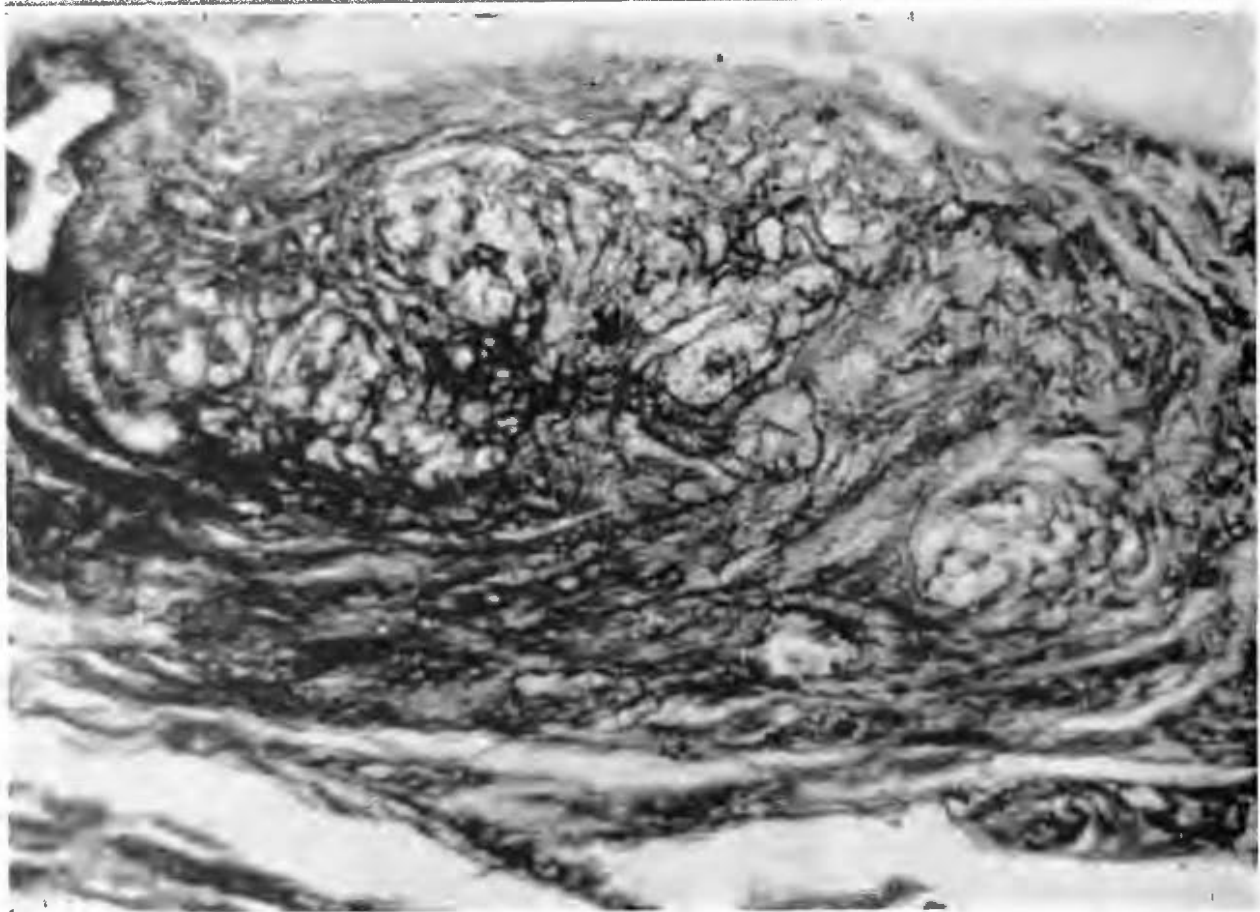


Fig. 2. Cuerpo carotídeo de niño. Corte secante a nivel del ligamento de Mayer. En el ángulo superior izquierdo un grueso vaso nutricio, Tec. Río Hortega. 3.5 X.

en lobulillos, en estas últimas se encuentran apoyadas finas fibras reticulares que dan sostén a las células parenquimatosas (Figs. 2 y 3). En el niño el estroma es exiguo, siendo los tabiques interlobulares e interlobulillares finos y las fibras reticulares escasas (Figs. 2, 3 y 4). En el adulto joven se incrementa el tejido conjuntivo, engrosándose los tabiques y aumentando las fibras reticulares (Fig. 5). En el viejo, el estroma se encuentra notablemente aumentado, las fibras reticulares forman haces gruesos que se insinúan entre las células y recuerdan la textura de las fibras colágenas (fig. 6). Otros elementos del tejido conjuntivo de presentación constante son las células cebadas, que se encuentran dentro de los lobulillos y en la vecindad de los vasos.

Los elementos parenquimatosos de mayor importancia son las células principales (elementos qui-

miorreceptores). Son piriformes y poseen una larga prolongación que termina en un abultamiento bulboso que descansa en el endotelio capilar. No es posible seguir esta prolongación en todo su trayecto, pero sí es relativamente fácil encontrar sus terminaciones bulbosas en la proximidad de los capilares. Con las técnicas de impregnación argéntica no fue posible observar microfibrillas intracitoplasmáticas, el citoplasma es claro y eosinófilo, su núcleo es esférico de cromatina fina con un nucleolo aparente, estas células son fácilmente distinguibles por sus dimensiones, contrastando sus núcleos con los otros más pequeños de las células argentafines, se encuentran en número de 2 a 3 en cada lobulillo (Fig. 7). Las células argentafines son pequeñas, se encuentran en íntima relación con las células principales, aunque también las observamos en la periferia de los lobulillos, su citoplasma es abun-

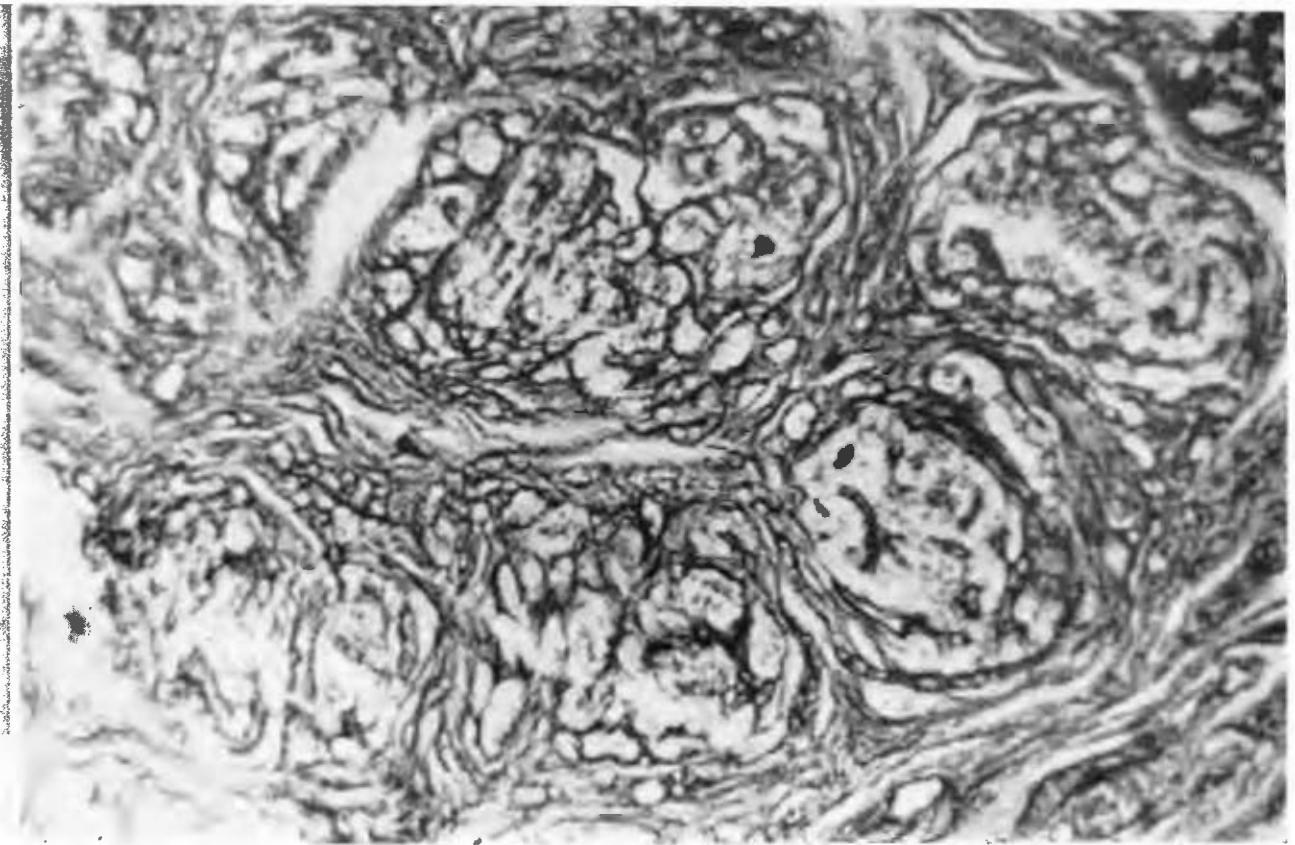


Fig. 3. Cuerpo carotídeo de niño. Obsérvese la organización del estroma, tabiques interlobulillares y la escasez del retículo intralobulillar. Tec. Rio Hortega 10 X.

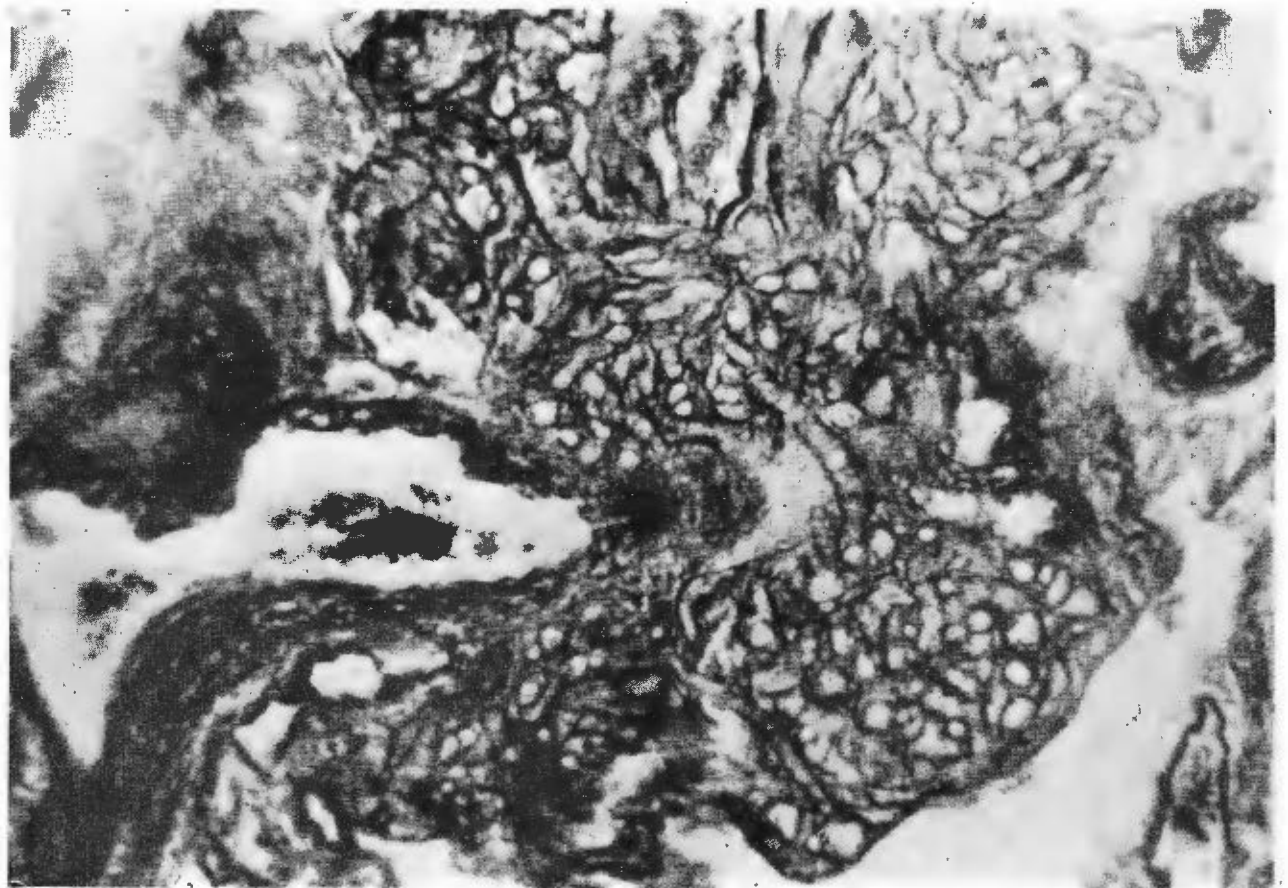


Fig. 4. Cuerpo carotídeo de anciano. Notable aumento del retículo intralobulillar y engrosamiento de los tabiques interlobulillares. T. Rio Hortega. 3.5 X.

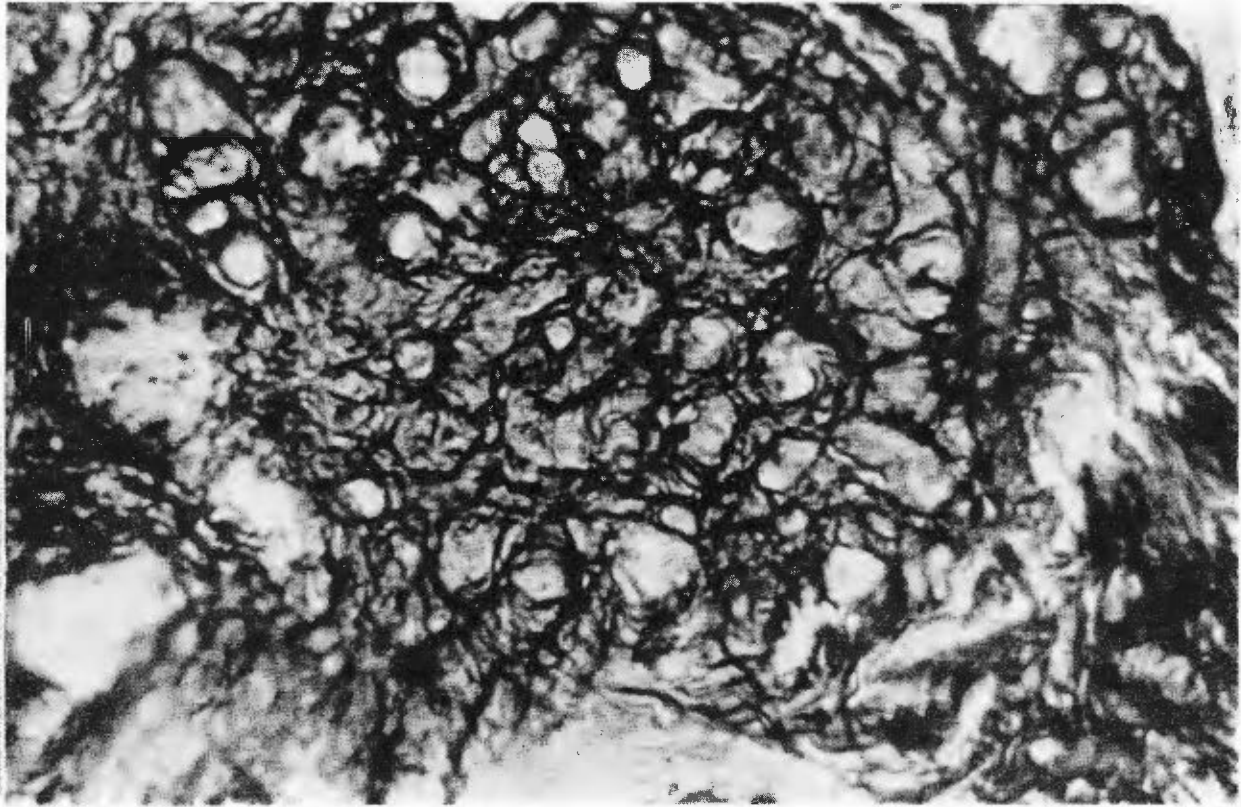


Fig. 5. Cuerpo carotídeo de anciano. Aumento perceptible del estroma que ahoga a los elementos parenquimatosos. T. Río-Hortega 10 X.

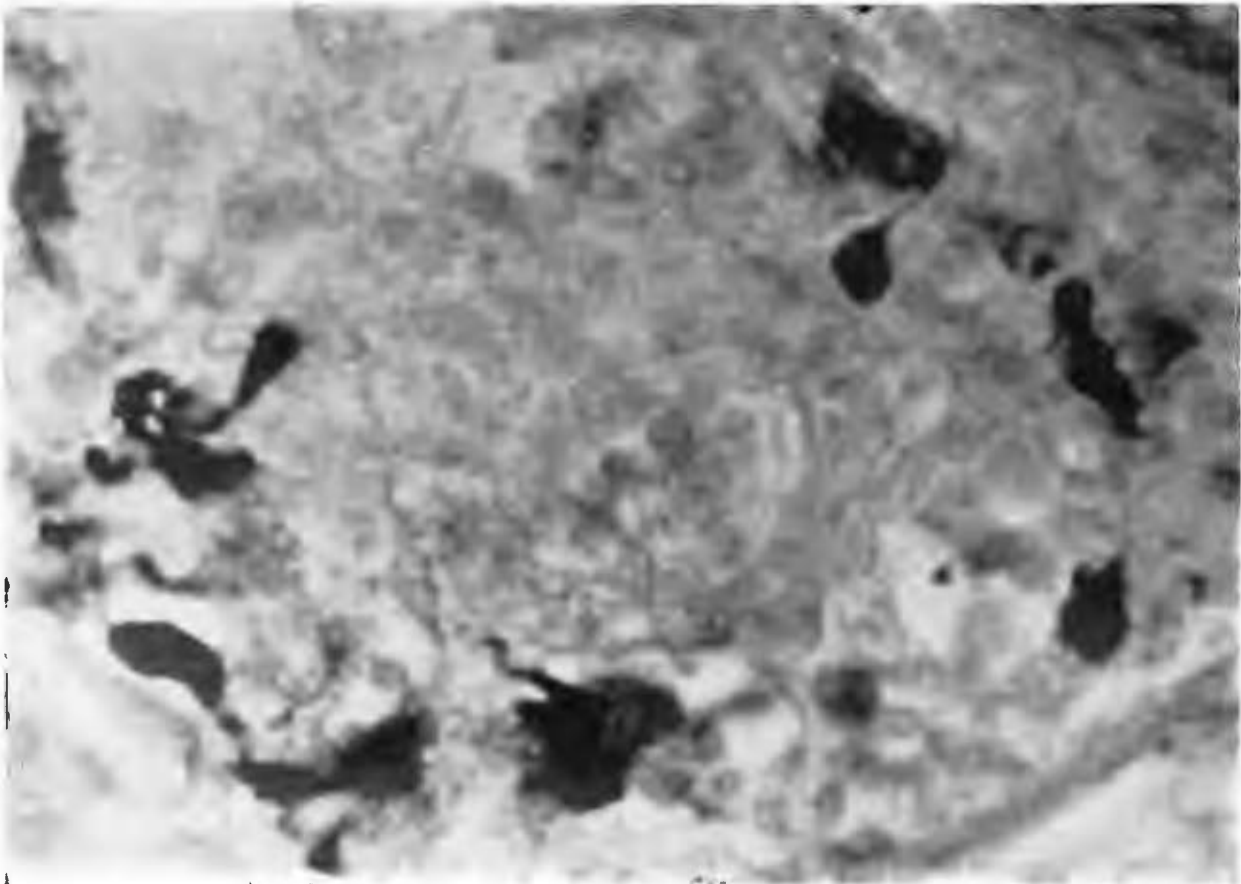


Fig. 6. Cuerpo carotídeo de niño. Células argentafines abrazando a células principales. Algunas de ellas muestran su prolongación sensorial. T. Barroso-Moguel. 10 X.

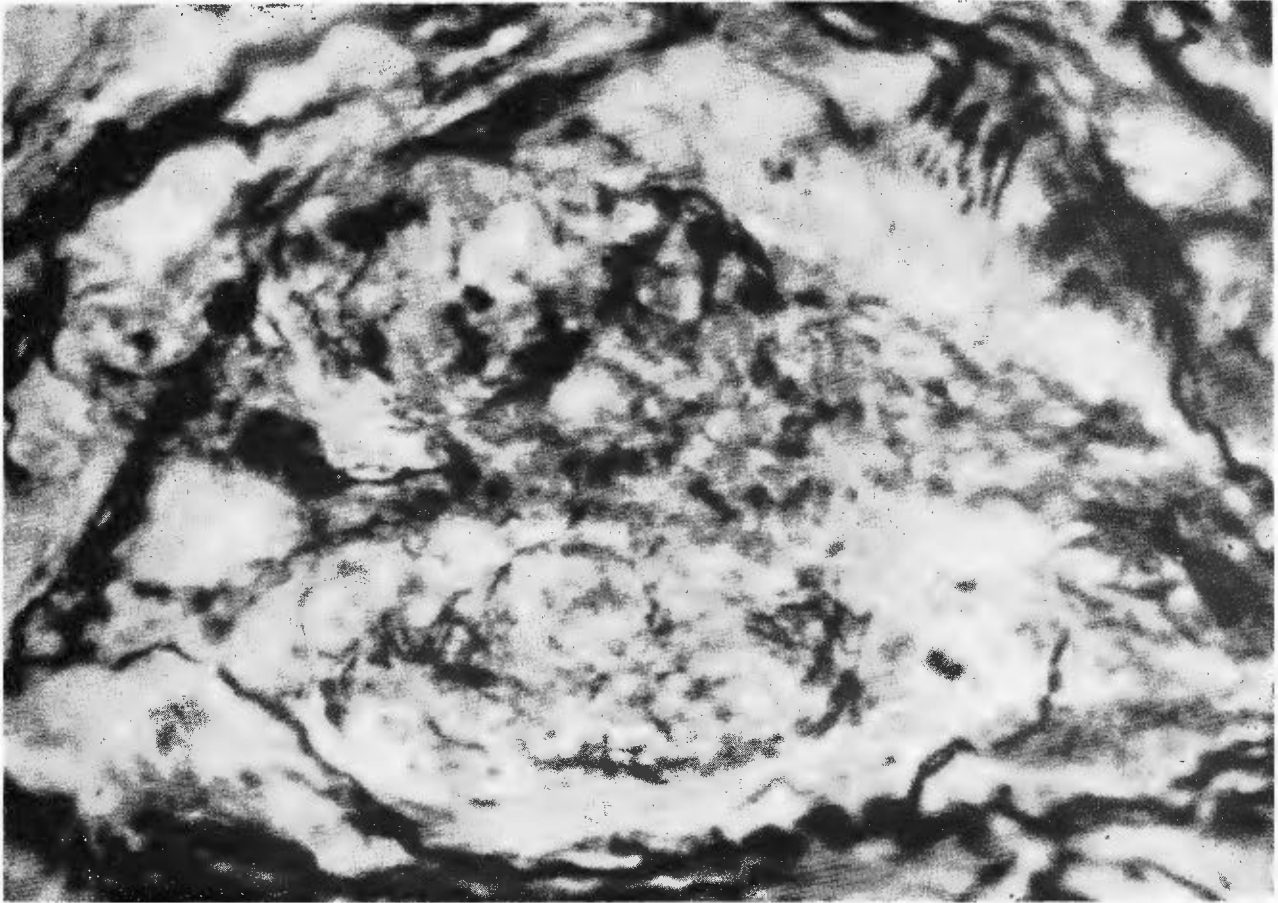


Fig. 7. Cuerpo carotídeo de niño. Células argentafines intensamente teñidas y abundantes fibras nerviosas. T. Barroso-Moguel. 10 X.

dante y se encuentra tachonado de gruesas granu-
laciones que dan la reacción argentafín y que con
la técnica de Barroso-Moguel^{8,9,11} se ponen de ma-
nifiesto claramente. En ocasiones estas granulacio-
nes enmascaran al núcleo, el cual es redondo, pe-
queño y de cromatina medianamente condensada.
Por su situación y apetencia por la plata amoniaca
Costero²⁶, en el quimiodectoma, las clasifica en di-
rectas e inducidas, siendo las primeras las de loca-
lización yuxtalobular y las segundas aquellas que se
encuentran abrazando a las células principales
(Figs. 8 y 9). Las células argentafines no pudie-
ron ser demostradas con la técnica de Fontana-
Masson. En el niño, las células argentafines son
muy abundantes, mientras que en el adulto joven
son inconstantes y en el viejo en ningún caso pu-
dieron ser observadas.

Un elemento importante, aunque inconstante, son

las neuronas, de aspecto ganglionar, multipolares y
con una larga prolongación cilindroaxil con abun-
dantes neurofibrillas. En su citoplasma se ve clara-
mente el ergastoplasma o substancia de Nissl, su
núcleo es excéntrico, vesiculoso, con nucleolo apa-
rente; la cromatina sexual, cuando existe, se obser-
va claramente. En todas las neuronas se observa-
ron los nucleolos densos, sin imagen correspondien-
te al nucleolo, el cual hemos podido observar en
otros tipos neuronales, descritos por Dutta en 1963²³.
En la mayoría de las neuronas pudimos observar
inclusiones granulares citoplasmáticas, fuertemente
argirófilas, mediante la técnica de Barroso-Moguel,
lo cual nos obliga a pensar se trate de catecolami-
nas. Estos elementos nerviosos solamente fueron ob-
servados en ancianos y con esta disposición única-
mente en la especie humana. Se encuentran rodea-
das por ranfocitos o células capsulares, como sucede

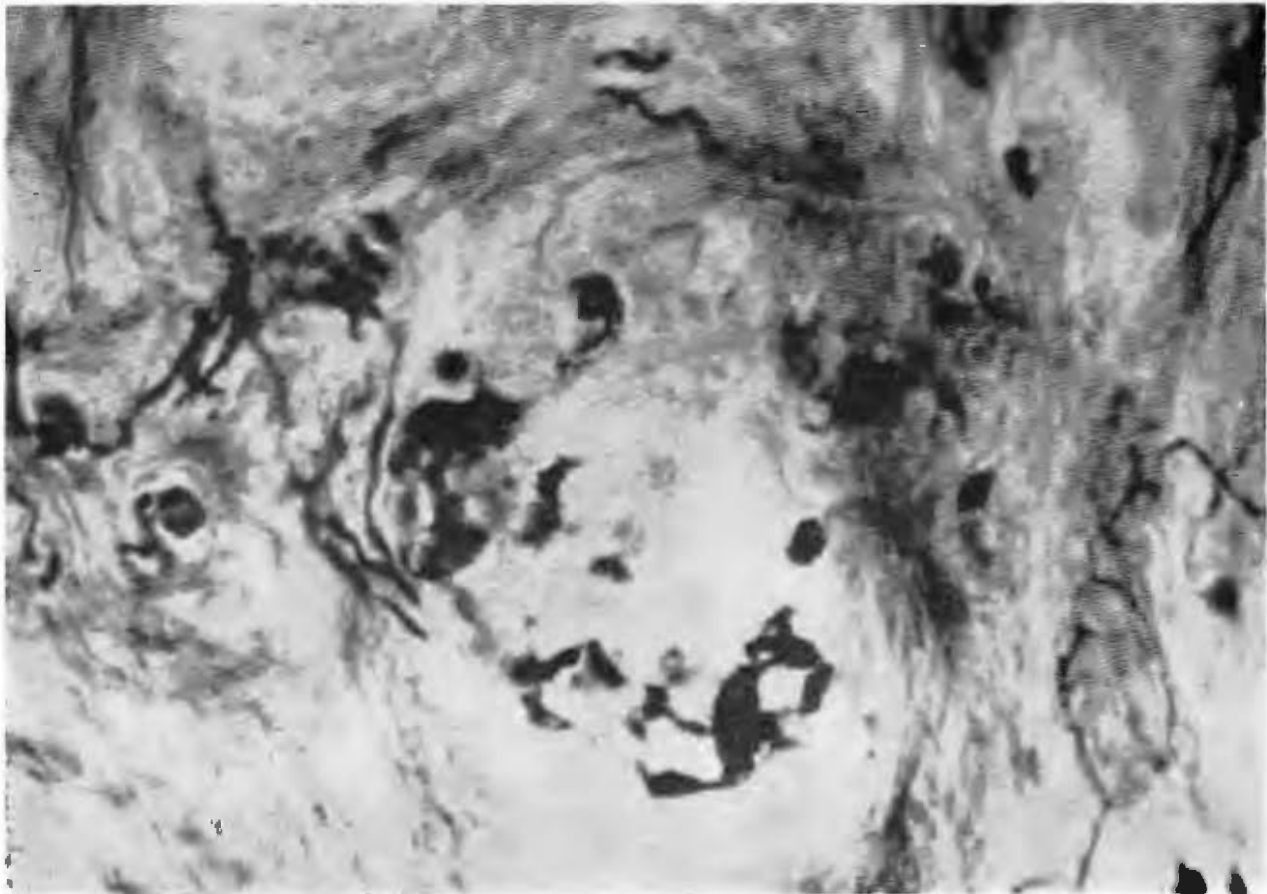


Fig. 8. Cuerpo carotídeo de niño. Abundantes células argentafines que cubren casi totalmente a las células principales a las cuales abrazan. T. Barroso-Moguel. 10 X.

en los ganglios raquídeos y autónomos, son células pequeñas de núcleo ovoide o alargado, citoplasma abundante que en los cortes transversales se observa muy tenuemente en virtud de la forma aplanada de las células, sin embargo, en los cortes tangenciales se observa totalmente. Su principal función es de servir de aislantes a las células nerviosas vecinas. Como ha sido descrito por otros autores^{19, 21, 22}, guardan íntimo parentesco con las células de Schwann y la oligodendroglia del Sistema Nervioso Central. Las células de Schwann son elementos constantes en el cuerpo carotídeo humano y se encuentran acompañando a las abundantes fibras nerviosas aferentes y eferentes.

Las células perilobulares se sitúan en la periferia de los lobulillos, presentan núcleo ovoide y abundante citoplasma finamente granular. Probablemen-

te correspondan a las células argentafines directas que quizás correspondan a macrófagos.

Las fibras nerviosas son muy abundantes, ramas del plexo pericarotídeo, contiene fibras del ganglio simpático cervical superior, ramos vagales no bien diferenciados y fibras del glosofaríngeo^{19, 20, 31, 31}; se encuentran incluidas en las trabéculas y en los tabiques interlobulares e interlobulillares, en los lobulillos forman gruesas madejas que rodean a las células principales, efectuando sinapsis por medio de botones terminales, cestas o meniscos. Estas fibras nerviosas se encuentran aumentadas en el anciano, o al menos tienen mayor apetencia por la plata amoniaca; en el niño son muy escasas. Probablemente la mayor cantidad de fibras nerviosas en el anciano sean debidas a la presencia de neuronas ganglionares.

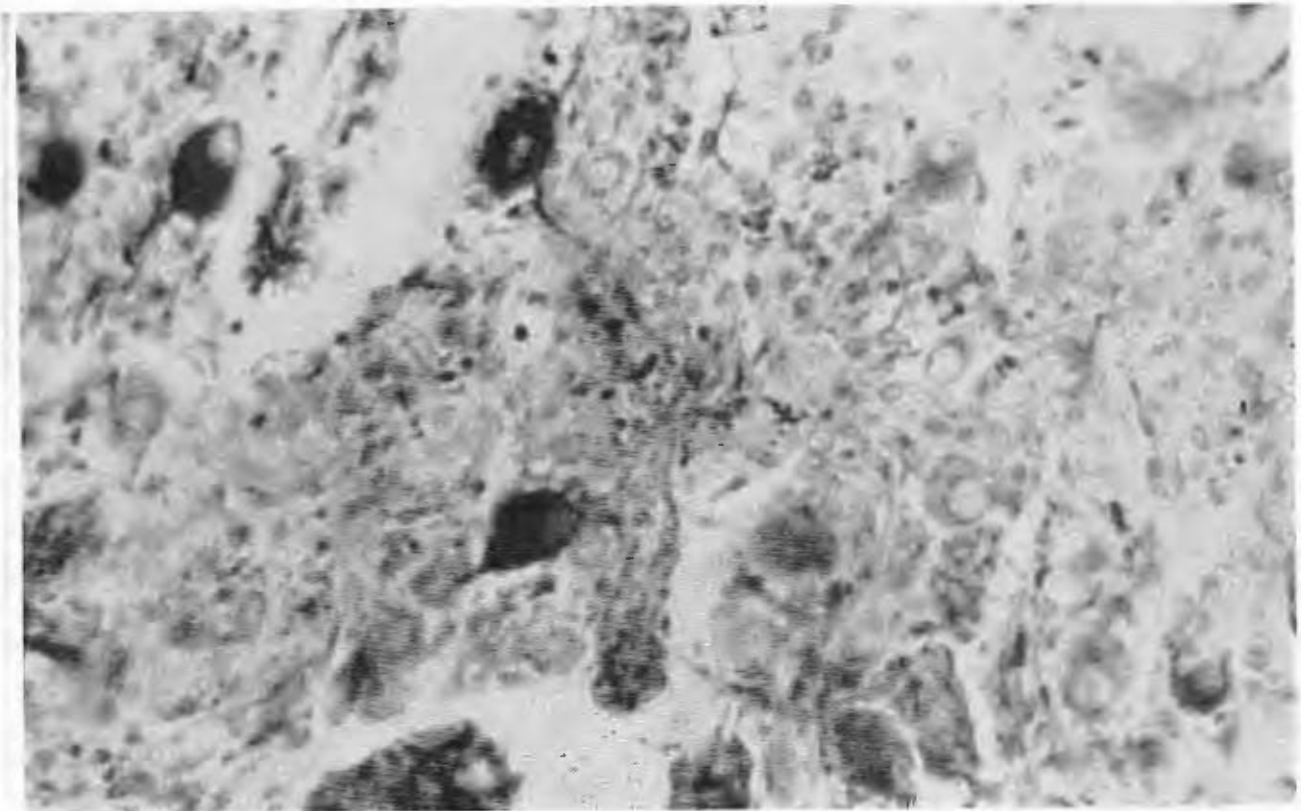


Fig. 9. Cuerpo carotideo de anciano. Abundantes células nerviosas de tipo ganglionar con gránulos intracitoplasmáticos argirófilos. T. Barroso-Moguel. 10 X.

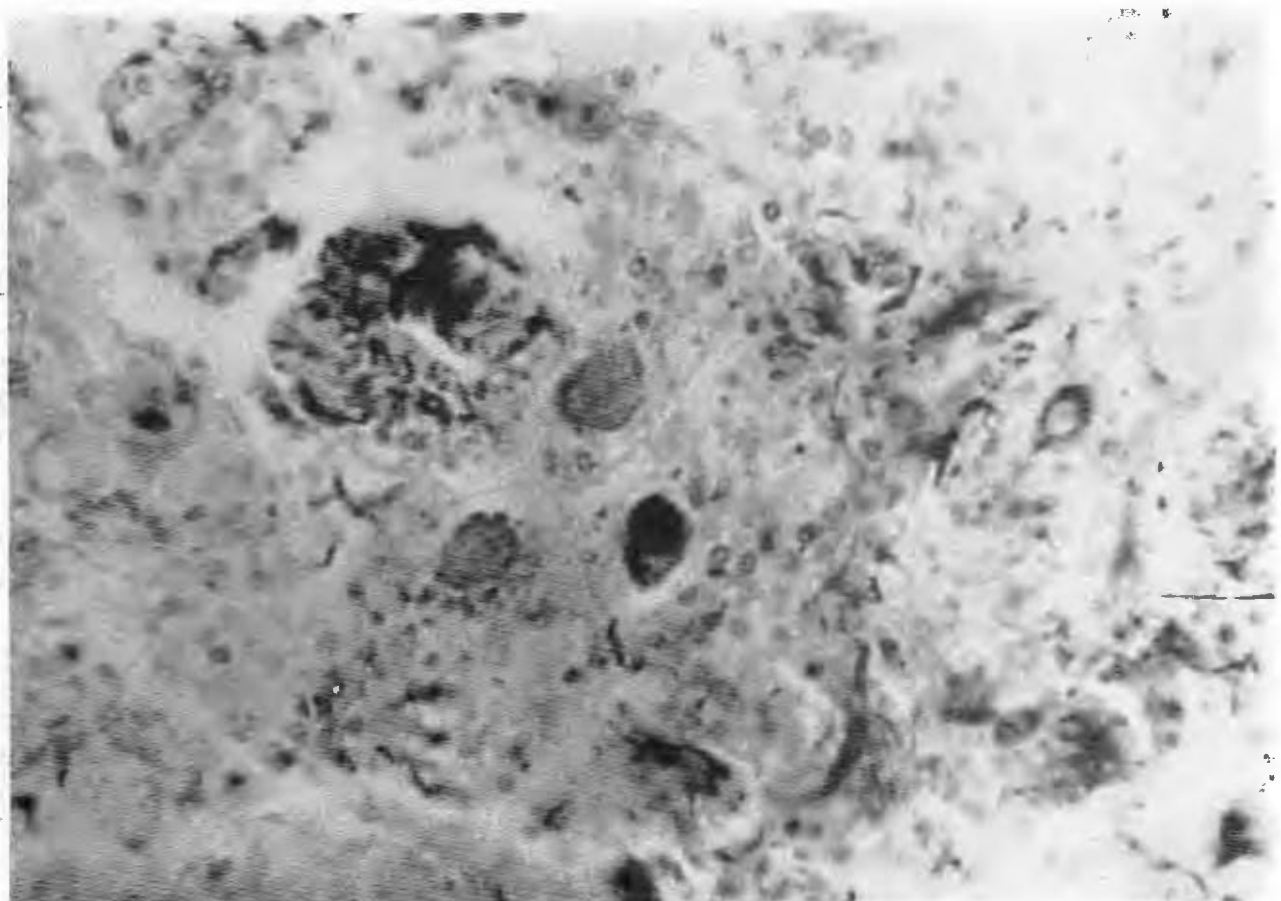


Fig. 10. Cuerpo carotideo de anciano. Abundantes células nerviosas y un grueso tronco nervioso T. Barroso-Moguel 10 X.

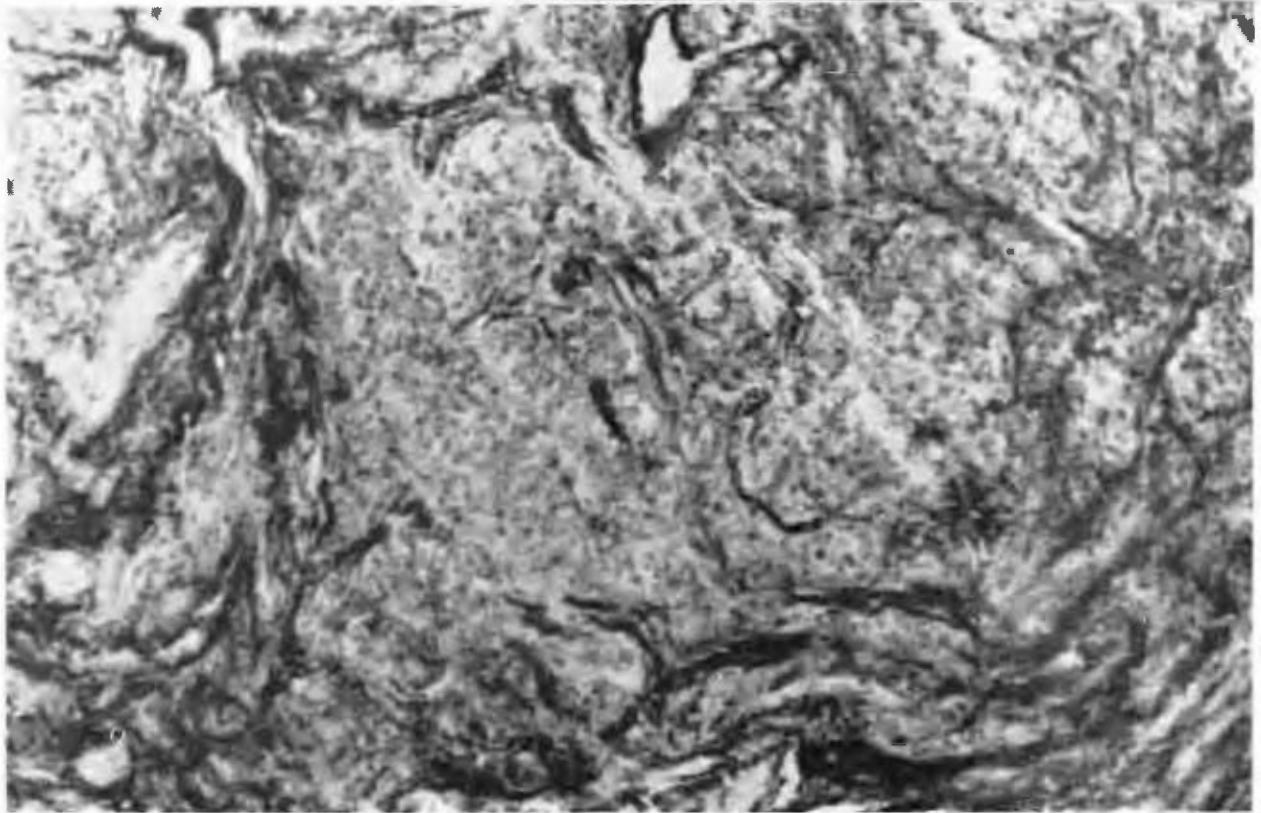


Fig. 11. Cuerpo carotideo de adulto. Fibras nerviosas del plexo perilobulillar y fibras terminales dentro del lobulillo. T. Barroso-Moguel. 10 X.

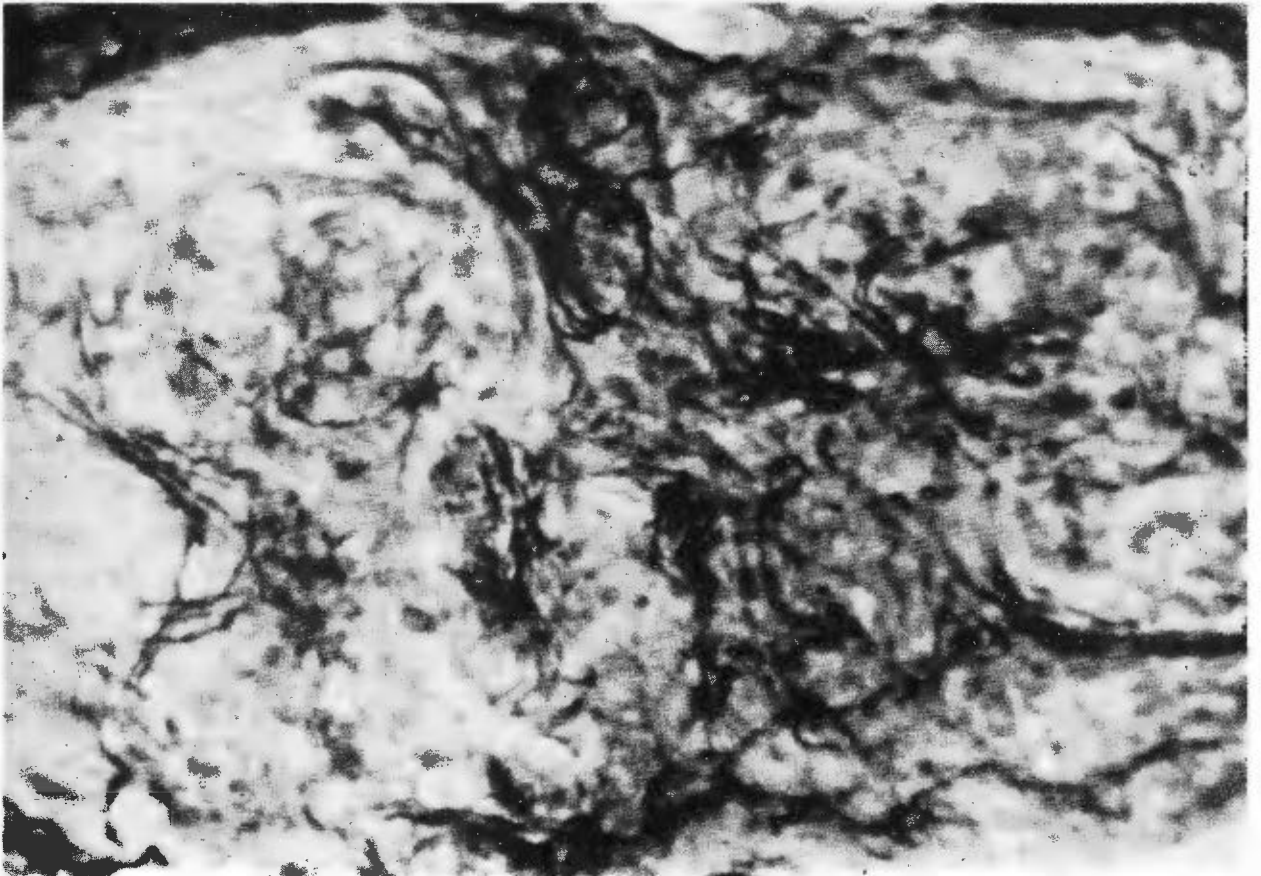


Fig. 12. Cuerpo carotideo de niño. Abundantes fibras nerviosas intralobulillares. T. Barroso-Moguel. 10 X.



Fig. 13. Cuerpo carotideo de niño. Gruesos troncos nerviosos y terminaciones en cesta y botón haciendo sinapsis con células principales. T. Barroso-Moguel. 45 X.

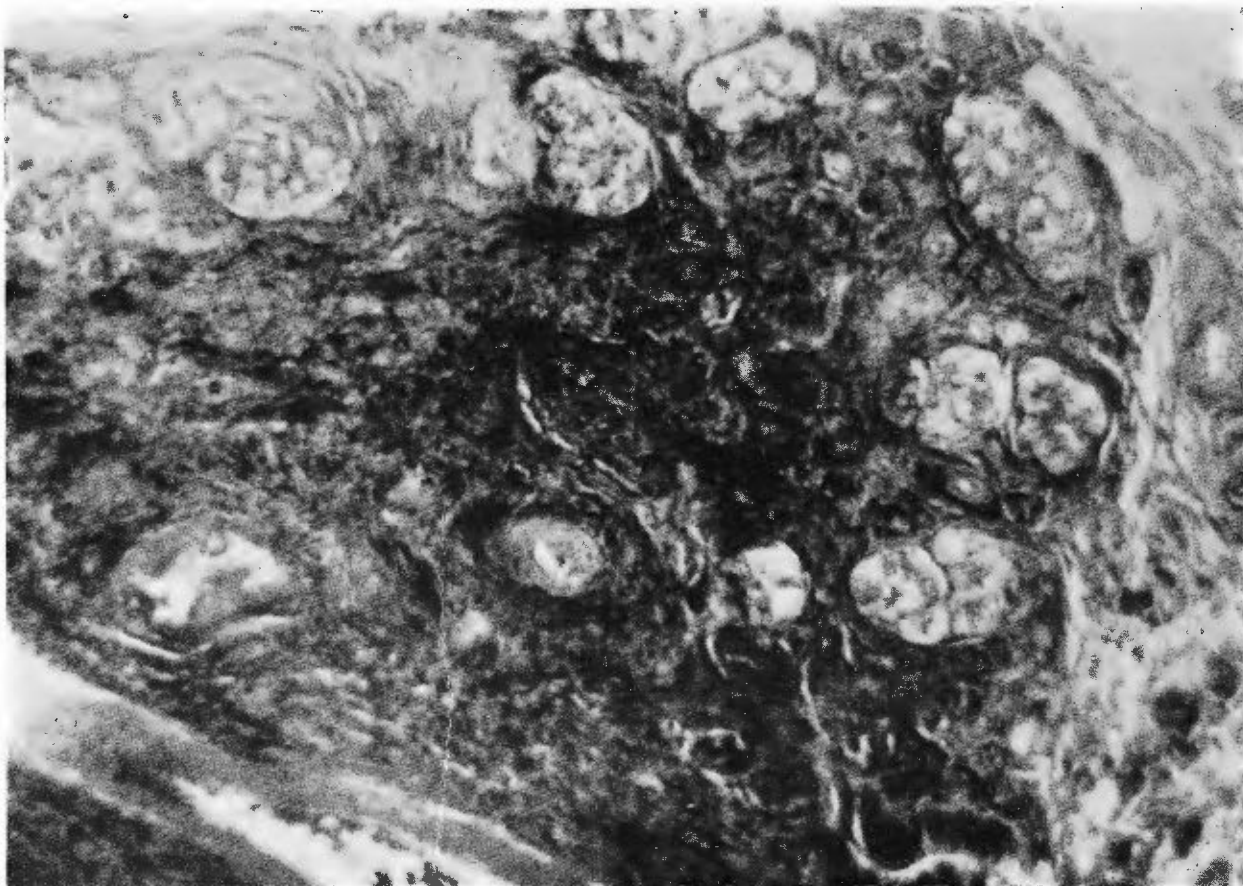


Fig. 14. Cuerpo carotideo de caballo. Pequeños lóbulos dispersos en el exuberante tejido conjuntivo pericarotideo. T. Rio-Hortega. 3.5 X.

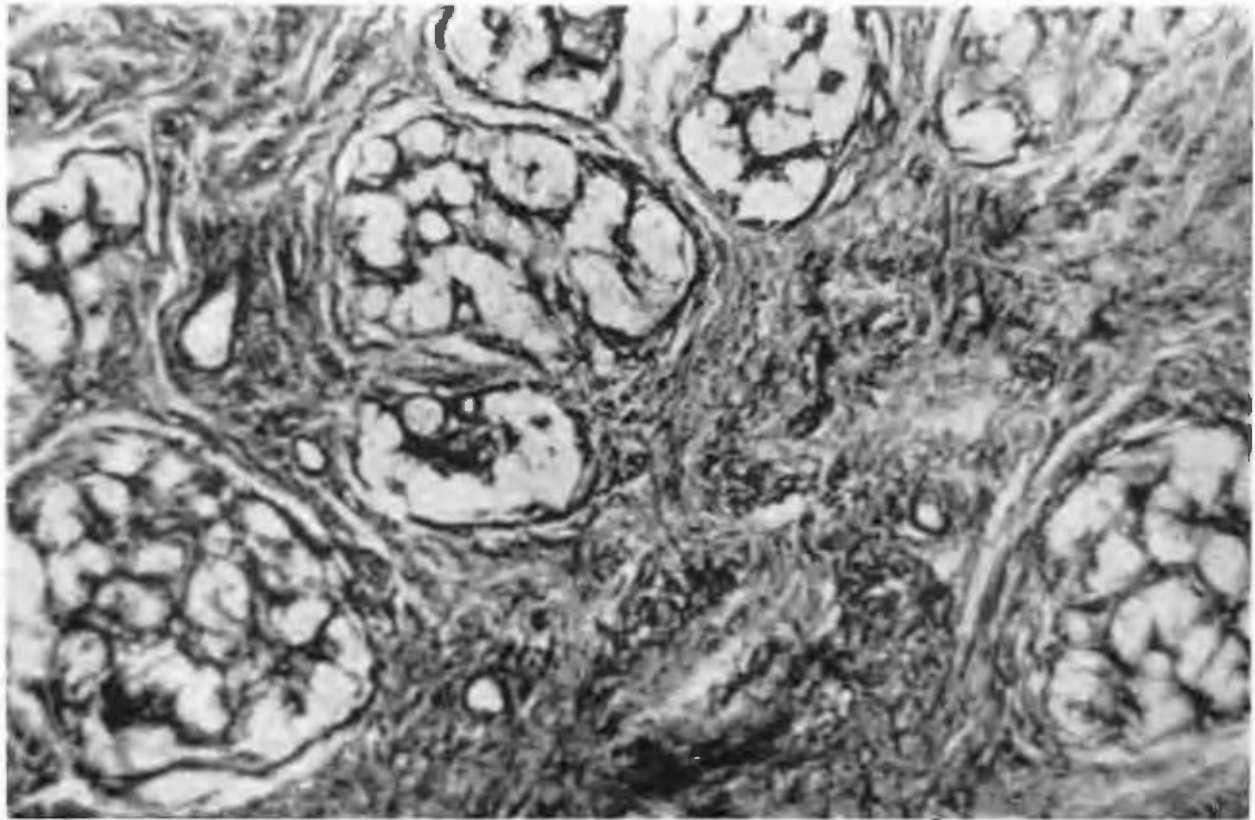


Fig. 15. Cuerpo carotideo de caballo. Se observa la arquitectura general del cuerpo carotideo equino y el ordenamiento del estroma intralobular T. Rio Hortega. 10 X.

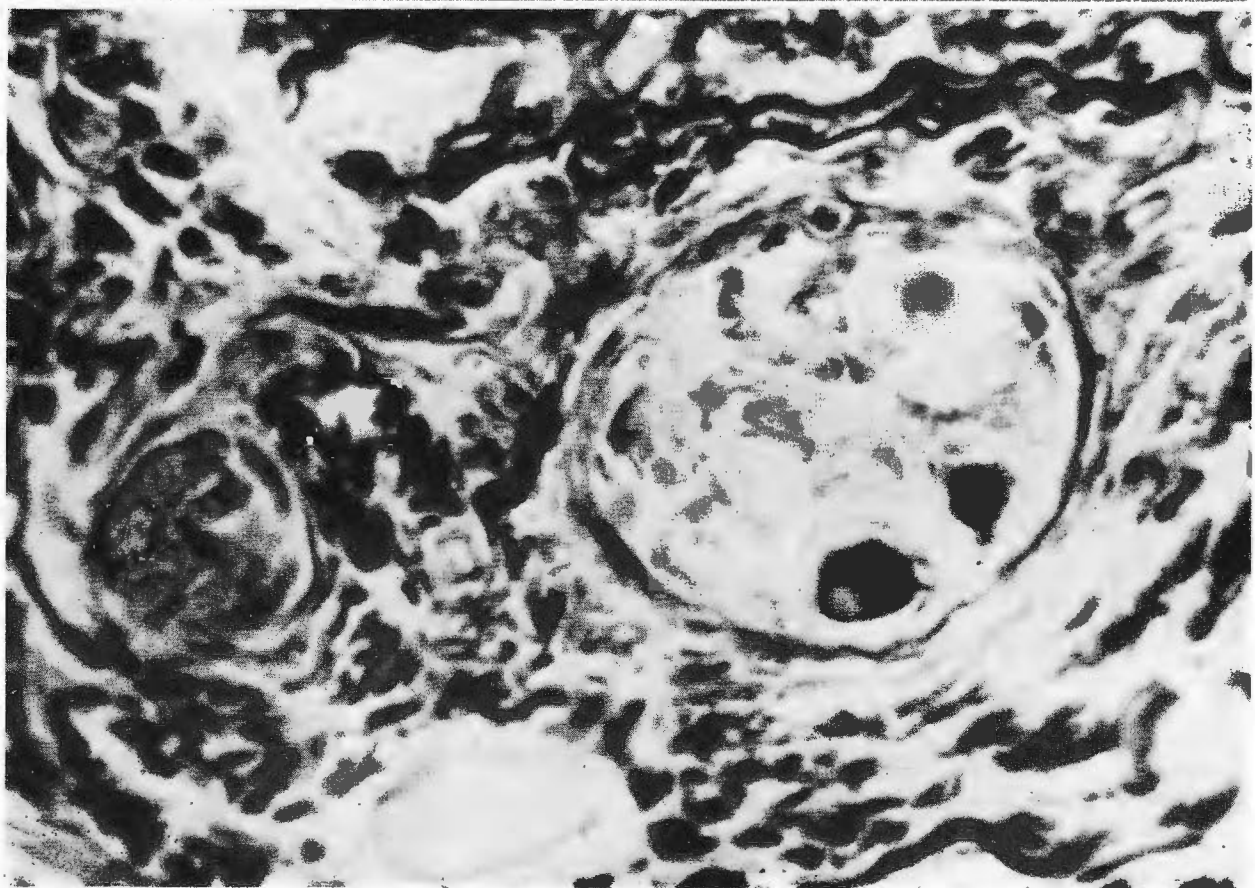


Fig. 16. Cuerpo carotideo de caballo. Neuronas ganglionares dentro de un microganglio. T. Barroso-Moguel. 45 X.

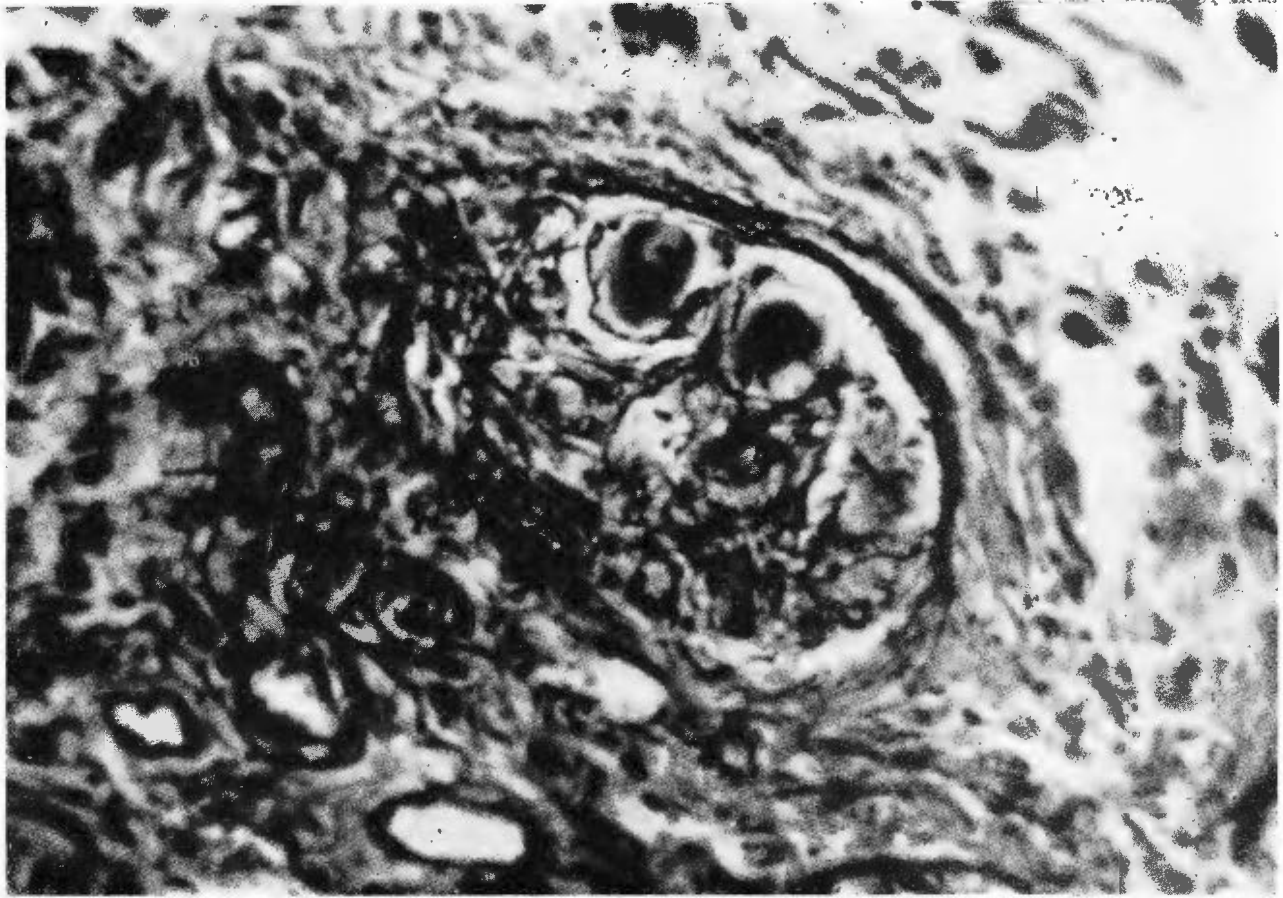


Fig. 17. Cuerpo carotídeo de caballo. Microganglio, mostrando neuronas rodeadas por células capsulares y abundantes fibrillas nerviosas. T. Barroso-Moguel. 45 X.

La circulación está dada por las arterias nutricias que se originan en el ángulo de la bifurcación de la carótida primitiva, penetran al hilio del órgano incluídas en el ligamento de Mayer, se ramifican viajando por la cápsula y penetran a los tabiques interlobulares e interlobulillares, abandonan a éstos para penetrar a los lobulillos, donde se dividen en finas metarteriolas y finalmente en capilares. La circulación de retorno sigue la misma vía por las venas.

Cuerpo Carotídeo de Caballo (*Equus caballus*).

El cuerpo carotídeo según Kohn^{58, 59, 60}, puede encontrarse distribuido en las siguientes formas de acuerdo a la especie de que se trate: 1) compacto y bien definido, 2) Lobulado o arrifionado, 3) Acomodado como racimos de uvas y 4) Tejido diseminado formando islotes en el tejido conjuntivo.

El cuerpo carotídeo de esta especie se encuentra en forma de pequeños islotes dispersos en el tejido conjuntivo pericarotídeo, sito en el ángulo de la bifurcación carotídea. Está formado por lóbulos, en número de 12 a 14, localizados en la periferia del nódulo colágeno y nunca en el centro, donde se encuentra un grueso vaso nutricio, que se divide en ramas para cada uno de los lóbulos. El tejido conjuntivo fibroso denso representa el ligamento de Mayer y corresponde al grupo 4 de la clasificación de Kohn (Fig. 15).

Cada lóbulo está rodeado por una fina cápsula de tejido conjuntivo fibroso, de la cual parten finas trabéculas que lo subdividen en lobulillos, en éstas se encuentra apoyada la malla reticular que da sostén a los elementos parenquimatosos. El estroma propio del quimiorreceptor es menos abundante que en la especie humana (Fig. 16).

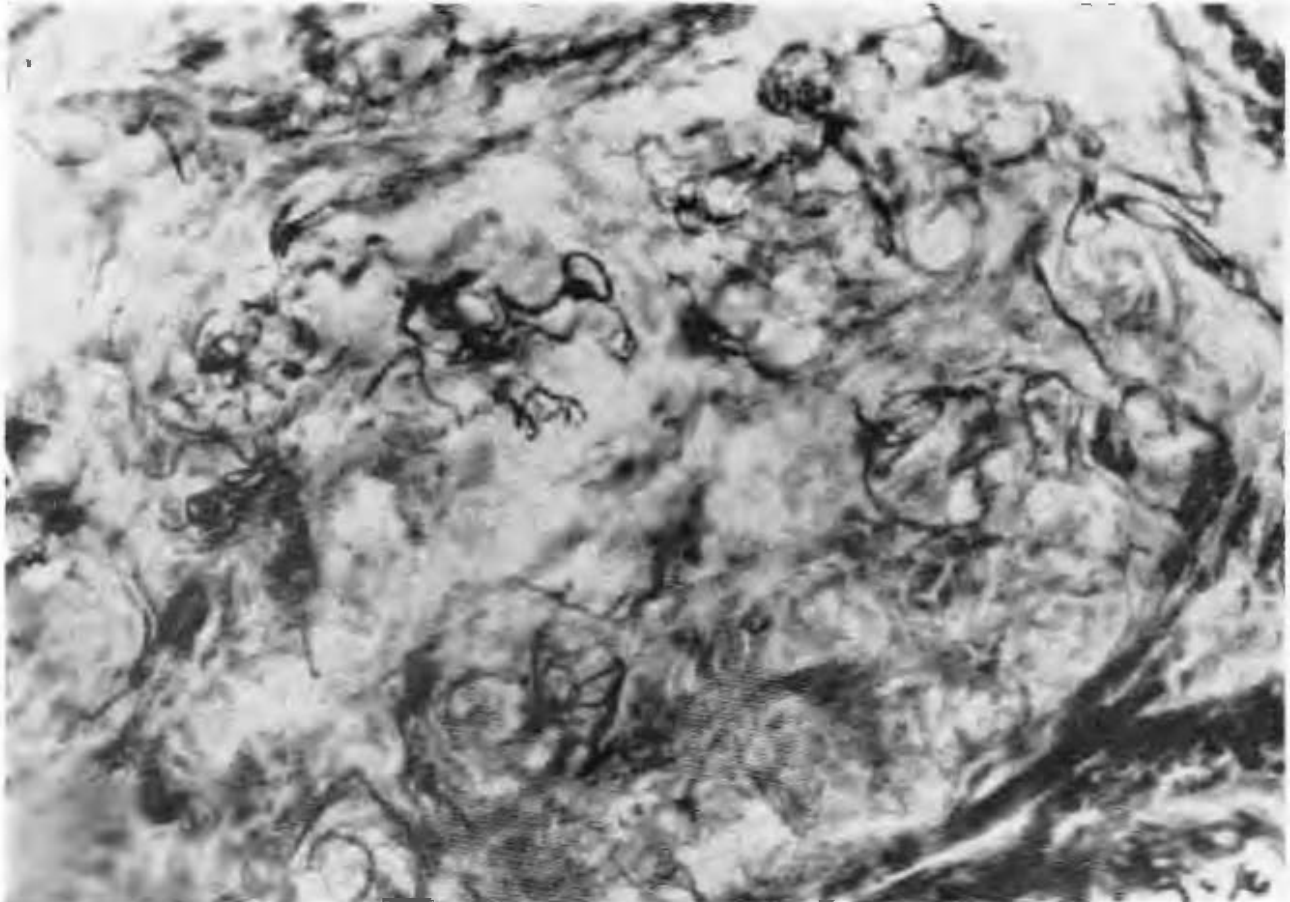


Fig. 18. Cuerpo carotídeo de caballo. Abundantes fibras nerviosas intralobulillares, que muestran un arreglo similar al humano. T. Barroso-Moguel. 10 X.

Las células principales, las de Schwann y perilobulares son en todo semejantes a las del humano. Las células argentafines no pudieron ser demostradas con ninguna de las técnicas específicas, controladas con testigo. Las neuronas, aunque inconsistentes, se encuentran agrupadas formando microganglios, situados entre el estroma pericarotídeo y en íntima relación con los lóbulos quimiorreceptores. Estas neuronas son de aspecto ganglionar, multipolares, con abundantes dendritas intra y extracapsulares. Su citoplasma tachonado con abundantes granulaciones argirófilas, posee substancia de Nissl y neurofibrillas confluentes en el montículo axónico. Con la técnica de la doble impregnación argéntica el aparato de Golgi se percibe como finos gránulos argentafines situados en el pericarion; su núcleo es excéntrico y vesiculoso con nucleolo aparente. Se encuentran rodeadas por los anficitos capsulares

(Figs. 17 y 18). Dentro de este pequeño ganglio se observan además abundantes fibras nerviosas con sus células de Schwann acompañantes. Todos estos elementos se encuentran enmarcados por una fina cápsula de tejido conjuntivo (Figs. 17 y 18).

Las fibras nerviosas son muy abundantes y se ordenan como en el humano y sus terminaciones son semejantes (Fig. 19).

La vascularización es semejante a como se efectúa en el hombre.

Cuerpo Carotídeo de Toro (*Bos Taurus*).

Se encuentra situado en íntima relación con el seno occipital rodeando el nacimiento de la arteria occipital o entre las faríngeas ascendentes (Fig. 20). Corresponde a los grupos 1 y 3 de la clasificación de Kohn. Aunque es más frecuente el tipo 1,

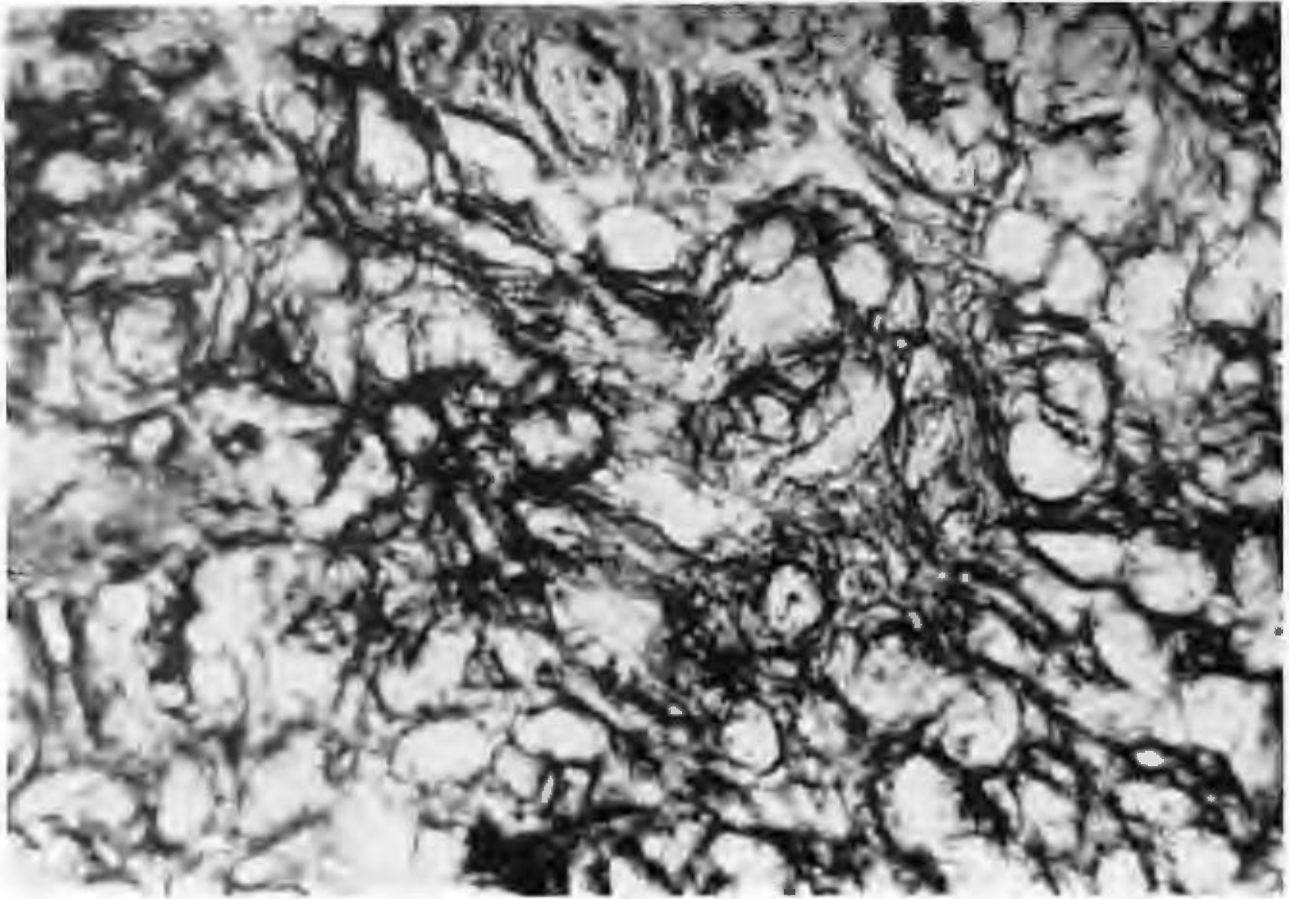


Fig. 19. Cuerpo carotídeo de vaca. Obsérvese el aumento del estroma, conservando el patrón arquitectónico de las otras especies. T. Rio-Hortega. 10 X.

Se encuentra rodeado por una cápsula fibrosa y subdividido en lóbulo y lobulillos, su grado de estromatización es intermedio a las dos especies estudiadas. Las células cebadas son más abundantes en esta especie. Las células argentafines no pudieron ser demostradas. Los otros elementos parenquimatosos son en todo semejantes a los ya descritos, con excepción de las células nerviosas que tampoco fueron vistas (Figs. 20 y 21).

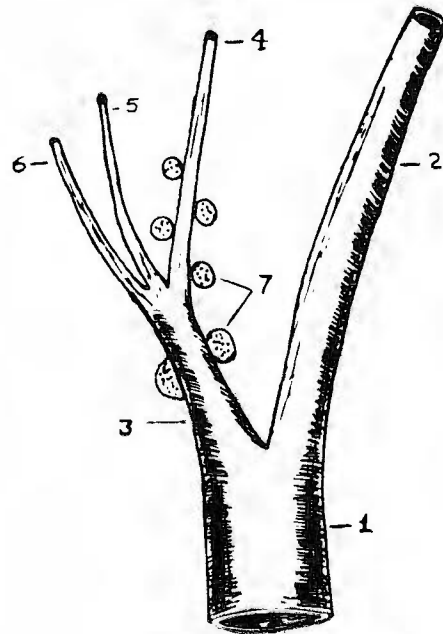


Fig. 20. Esquema que muestra las diferentes localizaciones del cuerpo carotídeo en esta especie. 1) carótida primitiva, 2) carótida externa 3) tronco de la carótida interna, 4) arteria occipital, 5) arteria faringea ascendente, 6) carótida interna y 7) cuerpo carotídeo.

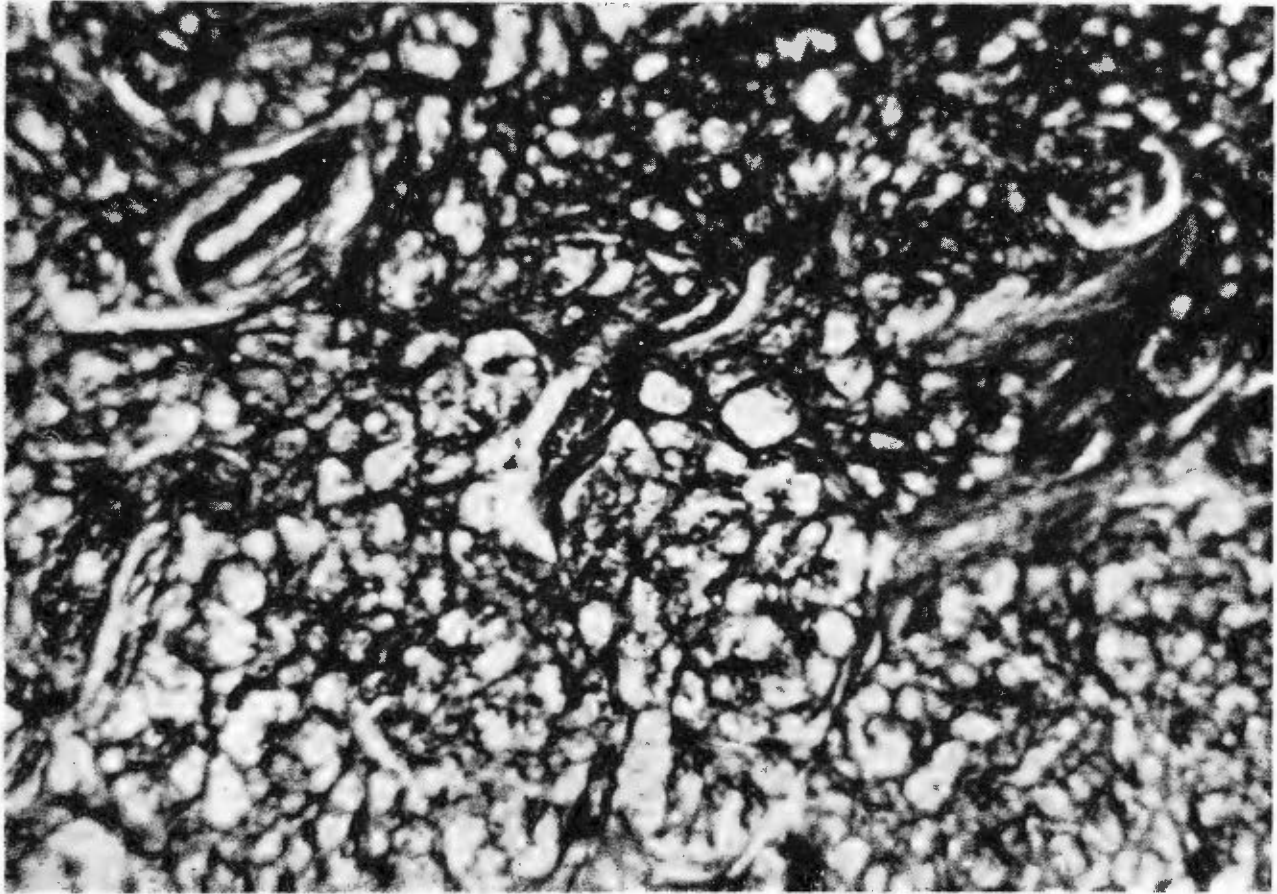


Fig. 21, Cuerpo carotídeo de cerdo. El estroma es más abundante que en las otras especies, conserva el ordenamiento en lóbulo y lobulillos. T. Rio-Hortga. 10 X.

Cuerpo Carotídeo de Cerdo (*Suis escropha domesticus*).

El cuerpo carotídeo del cerdo puede presentar las variantes 1 y 3 de la clasificación de Kohn. En las disecciones efectuadas no pudo ser observado, pero en los cortes seriados de la carótida y sus ramas y bajo el microscopio sí se pudo identificar. Su situación anatómica varía grandemente (Fig. 22), su situación más frecuente es la vecindad de las arterias faríngeas ascendentes o en la adventicia del seno occipital.

El estroma es más abundante que en las especies estudiadas anteriormente (Fig. 21). Las células argentafines no pudieron ser observadas con ninguna de las técnicas empleadas por lo que dudamos de su existencia, discrepando con la opinión de otros autores⁸⁰. O bien que el mediador no sea serotonina u otra catecolamina, que dan positiva la reacción

de la plata amoniaca, sino fenolaminas como ya ha sido mencionado⁷⁵. No existen células nerviosas aisladas ni en forma de microganglios.

Cuerpo Carotídeo de Cabra y Oveja (*Capra hircus* y *Ovis aries*).

El cuerpo carotídeo en estas especies es extraordinariamente pequeño, sólo observable con el microscopio de luz. Se clasifican dentro de los grupos 3 y 4 de Kohn, siendo más frecuente en la cabra el grupo 4. Por sus dimensiones no fue posible efectuar cortes por congelación ni las técnicas de plata. El estroma es tan abundante como en el cerdo, su organización es similar, la técnica de azul de toluidina fue positiva en todos nuestros casos. Con las técnicas de parafina empleadas, concluimos que los elementos parenquimatosos son semejantes a los estudiados en otras especies, no existen células argentafines ni elementos neuronales,

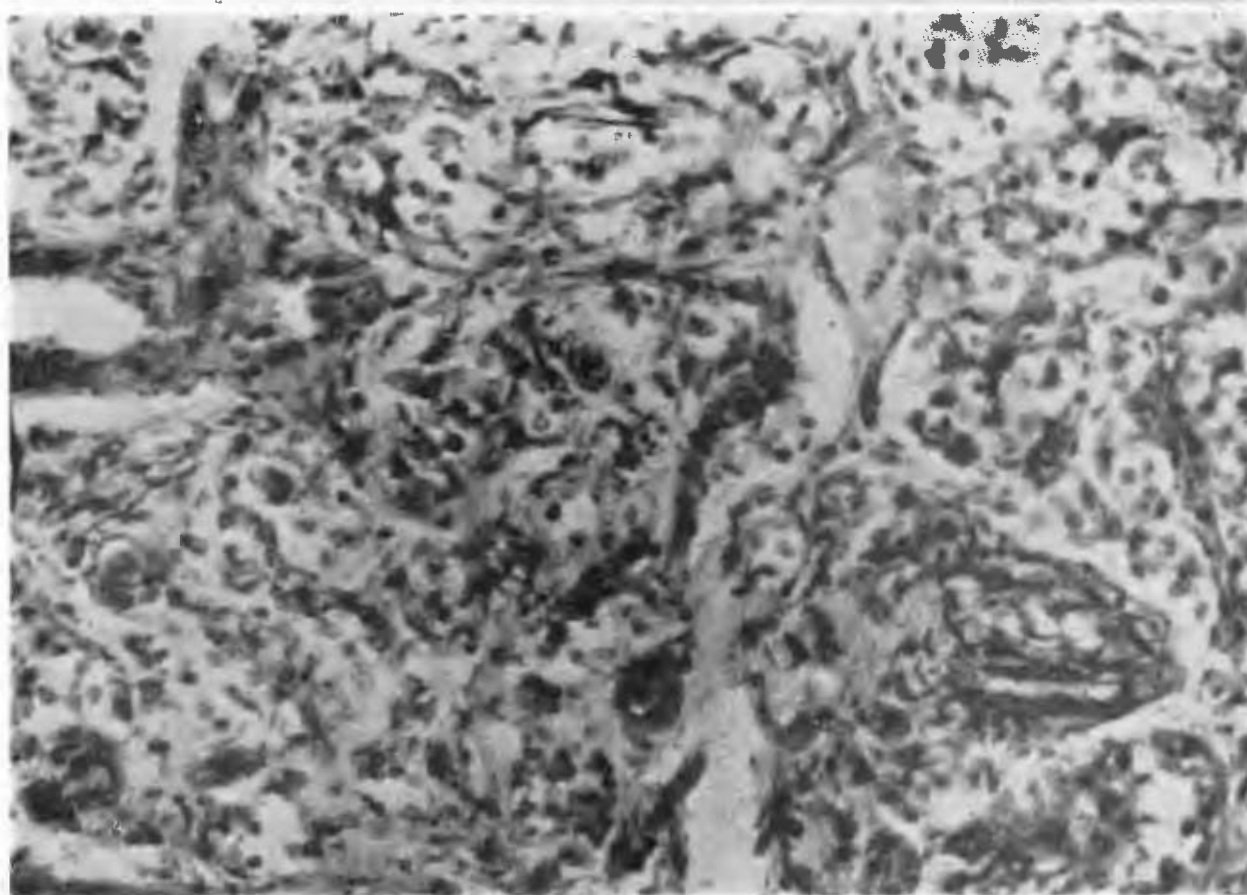


Fig. 22. Cuerpo carotídeo de cerdo. Nótese la semejanza de los elementos parenquimatosos con las otras especies. T. Barroso-Moguel. 10 X.

DISCUSIÓN

El origen del cuerpo carotídeo ha sido considerado por la mayoría de los autores como de origen mesodérmico, derivado de una condensación mesenquimatososa del tercer y cuarto arco branquial y las células principales fueron consideradas como elementos epitelioides^{7, 19, 53, 54, 70, 74, 80}. Otros autores las consideran de origen neuroectodérmico^{13, 35}. Consideramos que el quimiorreceptor tiene un origen dual; el estroma deriva del mesénquima y forma la arquitectura del receptor en etapas finales del desarrollo fetal, situándose tempranamente a los lados de la laringe entre las ramas de la carótida primitiva. Los elementos quimiorreceptores, las células argentafines y otros elementos nerviosos, derivan del neuroectodermo. En observaciones realizadas en embriones de rata, que serán motivo de una

publicación ulterior, hemos podido observar migración de neuroblastos a partir del ganglio cervical superior, a esbozos constituidos del cuerpo carotídeo que no muestran evidencia de elementos receptores ni nerviosos. Esto acontece en etapas finales de la maduración fetal. Las células argentafines presentan similitud con las células cromafines de los paraganglios, Costero y Col²⁸ las consideran como miembros de la familia de los feocromocitos.

El estroma del cuerpo carotídeo, como ya ha sido descrito por otros autores y ratificado por nosotros, sufre un incremento con la edad^{67, 84, 86}. Es más abundante en las otras especies estudiadas, pero no guarda la organización arquitectónica vista en el material humano, por lo que pensamos en una función más especializada y desechamos la teoría de que sea un órgano vestigial e involutivo como se ha mencionado^{9, 79}.

Las células cebadas, que fueron elementos constantes, han llamado la atención de muchos autores, ^{10, 26, 27, 28, 30, 64, 80} quienes las consideran como un elemento auxiliar en la función quimiorreceptora por la fluidificación del líquido tisular. Pensamos que el hallazgo de células cebadas y terminaciones nerviosas no es un hecho fortuito. Las células peribulbares probablemente representen al sistema reticuloendotelial, pero nuestras observaciones no pueden ser concluyentes al respecto. Algunos autores han descrito todo un sistema macrofágico especializado⁷² que no ha recibido comprobación actual.

Los primeros estudios llevados a cabo sobre el parénquima son los de Schaper⁷⁷ quien encuentra relación de las células con los capilares. Kohn^{58, 59, 60} observa las células argentafines por lo que consideró al cuerpo carotídeo como un parangaglio. Los elementos parenquimatosos fueron considerados de naturaleza neuronal y se pensó en una distribución sincicial en el hombre y el caballo,^{17, 64, 66} sin embargo, otros autores se opusieron a esta teoría^{68, 65}. Goormaghtigh⁴² los consideró glandulares y neuronales. De Castro²⁰ define su función quimiorreceptora y da la descripción exacta de las células principales. Estos datos fueron corroborados por Schmidt y Comroe⁷⁰, Costero y Col^{26, 27, 28, 29} definen la morfología, origen y función de las células principales, puntualizan su función quimiorreceptora, determinan la ubicación extracapilar de las terminaciones bulbosas y sugieren el modelo de sinapsis, postulando que las terminaciones nerviosas se oponen en contacto sináptico con las células principales y las células argentafines rodean a este conjunto, aportando el mediador químico, serotonina probablemente. Proponen además, por las observaciones en cultivo de tejidos, que tengan parentesco con las células de la oligodendroglia por observar pulsaciones en los cuerpos celulares.

Se han llevado a cabo estudios por medio del microscopio electrónico. Hoffman y Birrell⁴⁶ notan semejanza con las células de los receptores olfatorios. Kock^{55, 56, 57}, describe dos tipos celulares; el tipo I, son las células principales y el II las argentafines. Observa además las prolongaciones de las células del tipo I. Biscoe y Stehbins¹⁵ encuentran células semejantes a las quimiorreceptoras de Ross y a las del tipo I de Kock o las células glómicas de Lever, Lewis y Boyd. Engstrom y Col.⁵³ las localizan alrededor de los capilares delgados, de forma poligonal, núcleo redondo u oval, cromatina agluti-

nada, nucleolos múltiples, citoplasma pálido, con abundantes mitocondrias, gránulos citoplásmicos de 40 a 50 Angstroms, que se agrupan en rosetas a lo largo de las citocisternas, sus prolongaciones penetran a la luz de los sinusoides, poniéndose en contacto directo con la sangre.

Por métodos histoquímicos, Meijling⁶⁶ observa pigmentos de color café en células principales en el hombre y el caballo. Martínez⁶⁴ observa indicios de microfibrillas intracelulares y substancia de Nissl. Hollinshead⁵⁰ niega estos hallazgos. Ross⁷⁶ demuestra argentafinidad en las células principales. Pryse Davis y Col. encuentran reacciones positivas para fosfatasa ácida, actividad de esterasas inespecíficas, dinucleotido-nicotin-amida-adenina-diaforasa, acetilcolinesterasa y deshidrogenasa láctica⁷³.

Las células cromafines de Kohn^{58, 59, 60}, comprobadas por Smith⁶⁰, Goormaghtigh⁴⁰ y Stör, fueron puestas en duda por Hollinshead⁴⁸. Ross⁷⁶ y Willis⁸⁷ ratifican su existencia y las clasifican en supramediales, intramediales y sinusoidales. Costero y Barroso-Moguel^{8, 9, 10, 11, 25, 26, 27, 28, 29} las estudian exhaustivamente, las clasifican según su apetencia por la plata amoniacal, en la técnica ideada por uno de ellos,^{8, 9, 10, 11} en directas e inducidas, según necesiten o no de un agente reductor externo. Además las engloban dentro del sistema argentafín propuesto por ellos. Las consideran de naturaleza neuronoi-de y las clasifican dentro de los feocromocitos. Sugieren la presencia de 5-hidroxitriptamina en sus granulaciones y su intervención directa en la sinapsis. En el presente trabajo, consideramos que su función no es determinante en la sinapsis, por su inconstancia en las diferentes edades, por no encontrarlas en todas las especies y por el modelo aceptado para la sinapsis. Muscholl y Col.⁶⁸ identifican noradrenalina en el cuerpo carotídeo de ternera en sus estudios por microscopía de fluorescencia y cromatográficos. Elliot³⁴ niega la existencia de catecolaminas y propone la existencia de acetilcolina.

Engstrom y Hamberger³⁵ en sus estudios de microscopía electrónica proponen que las terminaciones nerviosas penetran al interior de las células formando placas terminales. Kock⁵⁶ las supone constituyendo un retículo terminal de donde parten fibras para las células I y II formando un retículo intracitoplásmico. Sin embargo, pensamos a priori, que estas fibras nerviosas intracitoplásmicas, no sean sino fibras amielínicas dentro del mesoaxón de las células de Schwann. Biscoe¹⁵ ha observado ve-

sículas sinápticas y partículas densas en la sinapsis.

Las neuronas del cuerpo carotídeo fueron observadas por primera vez por Schaper⁷⁷, posteriormente por Kohn^{58, 59, 60}, Monskeberg⁶⁶, Smith⁸⁰, Boyd¹⁹ y Kock⁵⁶. Nosotros encontramos neuronas únicamente en el cuerpo carotídeo dentro de ancianos y en el caballo formando microganglios. En el humano pensamos que se trate de un elemento más en la todavía obscura función del quimiorreceptor. En el caballo, suponemos sean ganglios vestigiales ya que en la estructura del cuerpo carotídeo de algunas especies inferiores se encuentran, como ha sido reportado por Chévez²⁷.

La función del quimiorreceptor fue estudiada primeramente por Frugoni⁵⁸ quien observó cambios vasomotores consecutivos a la administración de extractos carotídeos. Bouckaert¹⁵ lo encuentra sensible a estímulos químicos, anoxia, nicotina y lobelina. Christie²³ encuentra un principio vasodepresor que denominó carotidina. Euler³⁷ demuestra que el estímulo específico es la hipoxia. Winder y Bernthal y Col.^{88, 14} proponen que el estímulo para las células principales es la variación en el pH. Comroe²⁴ define la función quimiorreceptora de los cuerpos supracardiales y coincide con la idea de otros autores⁷⁸ de que el estímulo son la hipoxia y los cambios en el equilibrio ácido-básico. Hollinshead⁵¹ observa la degranulación en la hipoxia letal. Alvarez-Buylla^{2, 3, 4} observa que la sensibilidad de los quimiorreceptores se deprime con la administración de anestésicos. Daly y Daly³⁰ relacionan la función del quimiorreceptor con la circulación pulmonar, observando en respuesta al estímulo la disminución de la resistencia vascular pulmonar. Lange⁹² en una revisión de 300 casos de autopsia, reporta aumento de volumen del órgano en individuos hipertensos. Costero y Col. le atribuyen un papel importante en la regulación de la presión arterial. Holton y Col.¹⁷ observan que la respuesta a la hipoxia disminuye la hipertensión arterial. Guazzy y Col.⁴³ observan que la caída de la presión arterial durante el sueño se exagera cuando son extirpados los quimiorreceptores carotídeos. Finalmente en el quimiodectoma se presentan crisis de hipertensión arterial además de las manifestaciones de índole mecánico^{26, 28}. Aunque se ha considerado este tumor como una hiperplasia⁴⁰ Irwing reporta un caso con metástasis a tiroides, tráquea e hígado. Newman sostiene que en cualquier lugar donde se encuentren quimiorrecep-

tores pueden instalarse quimiodectomas, reporta un caso en el plexo timpánico.

CONCLUSIONES

El cuerpo carotídeo se encuentra presente en los mamíferos estudiados (hombre, caballo, toro, cerdo, cabra y oveja). Presenta semejanzas estructurales entre las diferentes especies estudiadas, aunque, no todos los elementos se encuentran presentes. Las células argentafines, se encuentran en el hombre, en los niños y en especial en recién nacidos. En los ancianos parecen estar sustituidas por los elementos ganglionares descritos. Las células ganglionares contienen catecolaminas que dan positiva la reacción para la plata amoniaca. Las fibras nerviosas son muy abundantes. Las células cebadas son elementos constantes en todas las especies. La sinapsis parece no estar dada definitivamente por las células argentafines. Finalmente, no es un órgano vestigial sino un quimiorreceptor de función no muy bien esclarecida.

RESUMEN

Se presenta un estudio comparado de la histología normal del cuerpo carotídeo del hombre y mamíferos superiores. Los especímenes fueron obtenidos de niños menores de un año, adultos, jóvenes y ancianos. Las especies animales seleccionadas fueron: *Equus caballus*, *Suis escropha domesticus*, *Bos taurus*, *Ovis aries* y *Capra hircus*. Se reportan las variantes anatómicas de la región, la topografía y morfología del cuerpo carotídeo en las diferentes especies. Los especímenes fueron estudiados con las técnicas de H-E, Fontana-Masson, Azul de toluidina, Barroso-Moguel, Gross-Villaseñor y técnicas de impregnación argéntica de Río-Hortega.

En el material humano, las células argentafines sólo se encontraron en los niños y no en ninguna de las especies animales. Se encontraron neuronas de aspecto ganglionar en el parénquima del quimiorreceptor de ancianos. En el caballo se encontraron formando microganglios. No se encontraron células nerviosas en las otras especies. Se estudió la organización de las fibras nerviosas y sus terminaciones sinápticas. El estroma aumentaba con la edad y las células cebadas fueron elementos constantes.

Se presenta además la revisión de la literatura clásica y moderna.

SUMMARY

Histological and histochemical studies of the carotid body in man and other mammals are reported, with review of the literature and personal observations.

The carotid bodies were obtained from horses, cows, pigs, sheep and goats. The location of the carotid body with respect to carotid artery, its branches, and the variants found in different species are noted.

The staining techniques used were: Fontana-Masson, H-E, Tolouidin blue, Gross-Villaseñor, Barroso-Moguel and silver impregnations of Del Río-Ortega.

In the human carotid body, argentaffin cells were seen only in children and not in older people as reported by authors. Nerve cells were seen only in elders and were similar to the sympathetic ganglia cells with capsular cells surrounding them. There were many nerve endings in the neighborhood of the capillary vessels and principal cells.

Collagen fibers were conspicuous in elders and inconspicuous in children.

The carotid body of the horse is similar in its structure to that of man. However, the nerve cells were confined to microganglia in the neighborhood of the chemoreceptor, which was arranged in many lobes. There were no argentaffin cells observed in the horse, cow, and pig. In the latter two there were no nerve cells. In other mammals the carotid body resembles that of man, but in the animal the body is dispersed in different lobes. Mast cells were present in all species.

The carotid body of goats and sheeps were studied only in paraffin sections and due to their small size no frozen sections were made. Due to this difficulty the technique of Del Río-Ortega was not made in this material.

An attempt to elucidate the function of chemoreceptors based on morphological observations is presented and the functional interrelations between the carotid body, the heart and the lungs are mentioned.

BIBLIOGRAFÍA

- ADAMS, E. W.: *The comparative morphology of the carotid body and carotid sinus*. Ed. Charles C. Thomas. U.S.A. pages 104-114 & 118-123. Ill. Springfield. 1958.
- ALVAREZ-BUYLLA, R.: *Influencia de la actividad de los quimiorreceptores del seno carotídeo sobre la frecuencia cardíaca*. An. Esc. Nal. Cien. Biol. 6: 175-179, 1950.
- ALVAREZ-BUYLLA, R.: *Estudio oscilográfico de la actividad quimiorreceptora del glomus carotídeo en gatos descerebrados*. Arch. Inst. Cardiol. Méx. 24: 724-739, 1951.
- ALVAREZ-BUYLLA, R.: *Disociación de las actividades quimiorreceptoras y barorreceptoras en gatos (estudio oscilográfico)* Arch. Inst. Cardiol. Méx. 24: 26-37, 1954.
- ANDERSCH, E. P.: *Tractatio Anatomico-physiologica de Nervis Humani corporis Alquibus Quam*. Edit. Ernst Phillip Andersch. Regiomonti, 1797.
- ARNOLD, J.: *Ueber Die Struktur des Ganglii intercaroticum*. Virchows Arch. 33: 190-209, 1865.
- BALFOUR, D. C. & WILDMER, F.: *Intercarotid paraganglion and its tumors*. Surg. Gynec. Obstet. 18: 203, 1914.
- BARROSO-MOGUEL, R., COSTERO, I. y GUERRERO, M.: *Significado histoquímico de las substancias argentorreductoras*. Primer Centenario de la Academia Nacional de Medicina. 1: 28-35, 1964.
- BARROSO-MOGUEL, R. & COSTERO, I.: *Argentaffin cells of the carotid body tumor*. Amer. J. Pathology 41: 389-400, 1962.
- BARROSO-MOGUEL, R., VARGAS, S. A. y COSTERO, I.: *Alteraciones morfológicas del cuerpo carotídeo del gato producidos por denervación*. Gac. Méd. Méx. 95: 1001-1022, 1965.
- BARROSO-MOGUEL, R. y COSTERO, I.: *Un sistema argentaffin que interviene en la regulación de la presión arterial*. Arch. Inst. Cardiol. Méx. 35: 264-282, 1965.
- BARTON, A. A. and CAUSEY, G.: *Electron microscopy Study of the Superior Cervical Ganglion*. J. Anat. 92: 399-407, 1958.
- BENOIT, A.: *Recherches Sur l'origin et la signification du ganglio carotidien*. Arch. Biol. 38: 219-247, 1928.
- BERMTHAL, T. and WEEKS, W. F.: *Respiratory and vasomotor effects of variations in carotid body temperature*.

- ature (a study of the mechanism of chemoreceptor simulation) *An. J. Physiol.* 127: 94-105, 1939.
15. BISCOE, J. T. and STEHBENS, W. E.: *Electron microscopic observation on the carotid body*. *Nature* (London) 208: 708-709, 1965.
 16. BOECKE, J.: *Nerve endings motor and sensory*. In: Penfield W. *Citology and Cellular pathology of nervous system*, New York, 1937.
 17. BOISSEZON, P. DE: *La bifurcation carotienne et le corpuscule intercarotien du cheval*. *Ann. Anat. Path.* 13, 1836.
 18. BOUCKAERT, J. J., DAUTREBANDE, L. ET HEYMANS, C.: *Dissociation Anatomico-Physiologique des deux sensibilités du sinus carotidien, sensibilité a la pression et sensibilité chimique*. *Ann. Physiol.* 7: 207-219, 1931.
 19. BOYD, J. D.: *The development of the human carotid body*. *Contrib. Embryol.* 26: 1-31, 1937.
 20. CASTRO, F. DE: *Sur la estructura et l'observation de la glande intercarotidienne (glomus caroticum) de l'Homme et des mammiferes, et sur un nouveau systeme d'innervation autonome du nerf glossopharyngien*. *Trav. Lab. Rech. Biol. Univ. Madrid.* 24: 365-432, 1926.
 21. CAUSEY, G. and HOFFMAN, H.: *The Ultrastructure of the Synaptic area in the Superior Cervical Ganglion*. *J. Anat.* 90: 502-507, 1956.
 22. CAUSEY, G.: *Electron microscopy*. E. and Livingstone Ltd. Edinburg and London. 198: 1962.
 23. CHRISTIE, R. V.: *The function of the carotid gland (glomus caroticum)*. *Endocrinology.* 17: 421-444, 1933.
 24. COMROE, J. H.: *The localitation and function of the chemoreceptor of the aorta*. *An. J. Physiol.* 127: 176-191, 1939.
 25. COSTERO, I.: *El cuerpo pineal como órgano quimio-Receptor y el pinealoma como tumor argentafín*. *Gaceta Med. Méx.* 93: 1129-1150, 1962.
 26. COSTERO, I.: *Recent advances in the knowledge concerning chemodectomas*. *Laboratory Investigation.* 12: 270-284, 1963.
 27. COSTERO, I., BARROSO-MOGUEL, R., CHEVEZ, A., CONTRERAS, R., GUERRERO, M. y VARGAS, A.: *Progresos recientes en las bases morfológicas de la hipertensión arterial* (con especial referencia al trabajo del Departamento de Anatomía Patológica del Instituto Nacional de Cardiología de México) *Arch. Inst. Nal. de Cardiol. Méx.* 33: 332-276, 1963.
 28. COSTERO, I. y BARROSO-MOGUEL, R.: *Contribución al conocimiento de la estructura histológica del cuerpo carotideo normal*. *Acta Méd.* 1: 17-25, 1965.
 29. COSTERO, I., BARROSO-MOGUEL, R., CHEVEZ, A., CONTRERAS, R., VARGAS, A. y BRAVO, M. L.: *Segundo symposium sobre los más recientes progresos en las bases morfológicas de la hipertension arterial* (con especial referencia al trabajo del departamento de Anatomía Patológica del Instituto Nacional de Cardiología de México) *Arch. Inst. Nal. de Cardiol. Méx.* 35: 175-207, 1965.
 30. DALY, I. and DALY, M.: *The effects of stimulation of the carotid body chemoreceptors on pulmonary vascular resistance in the dog*. *J. Physiol.* 137: 436-446, 1957.
 31. DELMAS, J. ET LAUX, G.: *Anatomie Medico-Chirurgicale du Systeme nerveux-vegetatif*. Masson, Paris, 1933.
 32. DIETRICH, A. & SIEGMUND, H.: *Die Karotisdrüse*. *Handb. Spez. Path. Anat. Und. Histol.* Ed. Henke F. Lubarsch, O. 8: 1060-1072, 1962.
 33. DUTTA, CHITA, R. S., KENNETH, A. y FOX, C. A.: *Light and electron microscope observations of an intranuclear body in nerve cells*. *J. Ultrastr. Res.* 56: 542, 1963.
 34. ELLIOT, B. G.: *Miniature endocrine amplifiers as end organs of the involuntary nervous system*. *Laryngoscope.* 75: 1817-1838, 1965.
 35. ENGSTROM, H., HAMBERGER, A. C., HOLMER, M. and RIGNELL, S. N.: *The carotid body*. *Acta Otolaryng.* Stockh. 48: 379-390, 1957.
 36. ENGSTROM, H. and HAMBERGER, A. C.: *Bilateral tumor of the carotid body*. *Acta Otolaryng.* Stockh. 48: 390-396, 1957.
 37. EULER, U. S. and VON LILJESTRAND, G.: *Chemical stimulation of the carotid sinus and the regulation of respiration*. *Skand. Arch. Physiol.* 74: 101-127, 1936.
 38. FRUGONI, C.: *Etude sur la glande carotidienne de Luschka*. *Arch. Ital. biol.* 59: 208, 1913.
 39. GARNER, C. W. and DUNCAN, D.: *Observation on the fine structure of the carotid body*. *Anat. Rec.* 130: 691-709, 1958.
 40. GEEST, H. DE, LEVY, N. M. and HARRISON, Z.: *Carotid chemoreceptors stimulation and ventricular performance*. *Amer. J. Physiol.* 209: 564-570, 1965.
 41. GSELL, R.: *Respiration and its adjustment*. *Ann. Rev. Physiol.* 1: 185, 1939.

42. GOORMAGHTIGH, N. ET PANNIER, R.: *Les paraganglies du coeur et des vaso-sensibles carotidiennes et cardioaortique chez le chat adulte*. Arch. Biol. 50: 455-553, 1939.
43. GUAZZIN, M., BACCELLI, G. & ZANCHETTI, A.: *Carotid body chemoreceptor* (physiological role in buffering fall in blood pressure during sleep). Science. 153: 206-208, 1966.
44. HALLER, A. VON.: *Elementa physiologicae corporis humani*. Fr. Grasset Lausannae. 6: 254-257, 1762.
45. HAMMOND, E. S.: *The development of the aortic arch bodies in the cat*. Am. J. Anat. 69: 265-293, 1941.
46. HOFFMAN, H. & BIRRELL, J. H. E.: *The carotid body in normal and anoxic states* (an electron microscopic study) Acta Anat. 32: 297-311, 1958.
47. HOLTON, P. and WOOD, B. J.: *Removal of Human carotid bodies*. J. Physiol. Nature (London) 181: 365-378, 1965.
48. HOLLINSHEAD, W. H.: *Chromaffin tissue and paraganglia*. Quart. Rev. Biol. 15: 156, 1940.
49. HOLLINSHEAD, W. H.: *Chemoreceptor in the abdomen*. J. Comp. Neural. 74: 267, 1941.
50. HOLLINSHEAD, W. H.: *A cytological study of the carotid body of the cat*. Am. J. Anat. 73: 185-214, 1943.
51. HOLLINSHEAD, W. H.: *Effects of anoxia upon carotid body morphology*. Anat. Rec. 92: 255-269, 1945.
52. IRWIN, A. L. C.: *Carotid body tumors*. Amer. J. Roentgen. 95: 769-774, 1965.
53. JACOBY, M.: *Studien Zur eentwicklungsges chichte der Halsorgane des Säugetiers und des menschen*. Inaug. Diss. Berlin, 1895.
54. KEITH, A.: *Human Embriology and morphology*. Arnold. Londres, 1921.
55. KOCK, L. L. DE: *The interglomerular tissue of carotid body*. Acta Anat. 21: 101-116, 1954.
56. KOCK, L. L. DE: *Distribution of carotid body tissue in the otter*. Acta. Anat. 39: 259-263, 1959.
57. KOCK, L. L. DE, and DUNN, G. E. A.: *Ultrastructure of carotid body tissue as seen in serial sections*. Nature (London) 202: 821-822, 1964.
58. KOHN, A.: *Ueber den bau und die Entwicklung der sag carotisdrüse*. Arch. Mikr. Anat. 56: 81-148, 1900.
59. KOHN, A.: *Dis chromaffine Gewebe*. Erg. Anat. 12: 253-348, 1902.
60. KOHN, A.: *Die paraganglien*. Arch. Mikr. Anat. 62: 263-365, 1903.
61. KRAUSE, W.: *Die glandula tympanica del Menschen*. Zentralbl. f. d. med. Wiss. 16: 137-352, 1878.
62. LANGE, F.: *Enlargement of carotid body in all forms of hypertension*. Dtch. Med. Wchschr. 87:13, 1962 (resumido en J. A. M. A. 179: 183-184, 1962).
63. LUSCHKA, H.: *Ueber drüsenartige natur des sogennante ganglion intercaroticum*. Arch. Anat. Physiol. 1862.
64. MARTINEZ, M.: *Contribución a la histo:logía normal y patológica del glomus carotideo*. Bol. Soc. Biol. Concepción. 13: 107-131, 1939.
65. MASSON, P.: *Tumeurs Humanies*. Histologie diagnostics et techniques. 2d. ed. 901-908. Maloine. Paris. 1956.
66. MEIJLING, P.: *Bau und innervation von glomus caroticum und sinus caroticus*. Acta. Neerland. Morph. 1: 193-288, 1938.
67. MONCKEBERG, J. G.: *Die tumoren del glandula carotica*. Beitr. Path. Anat. V. Z. Allg. Path. 38: 1-48, 1905.
68. MUSCHOLL, E., RAHN, K-H., WATZKA, M.: *Nachweis von noradrenalin in glomus caroticum*. Natur. Wissenschaften. 47: 325, 1960.
69. NEWMAN, J.: *Chemodectomas of the tympanic plexus*. Ann. Otol. 74: 111-127, 1965.
70. NONIDEZ, J. F.: *Observations on the blood supplied and the inervation of the aorten paraganglion of the cat*. J. Anat. 70: 215, 1936.
71. PENITSCHKA, W.: *Paranganglion aorticum supracardiale*. Zeitschr. Mikr. a at. Forsch. 24: 24-37, 1931.
72. PESSOCG, T. P.: *Observaciones sobre el S. R. E. del nódulo sinusal humano*. Arch. Histol. Norm. Path. 8: 89-95, 1963.
73. PRYSE-DAVIES, J., DAWSON, I. M. P. y WEST-BURRY, G.: *Some morphologic histochemical and chemical observations on chemodectomas and the normal carotid body including a study of the chromaffin reaction and possible ganglion cel elements*. Cancer. 17: 185-202. 1965.
74. ROBL, H.: *Die entwicklung der carotis drüse heim meerschweinchen*. Arch. Mikr. Anat. Path. 8: 89-95, 1963.

75. ROSAI, J., MATTLER, A., EGON: *Quimiodectoma de mediastino*: Rev. Asoc. Med. Argent. 79: 242-246, 1965.
76. ROSS, R. W.: *A cytological and histochemical study of the carotid body of the cat*. Anat. Rec. 129: 433-455, 1957.
77. SCHAPER, A.: *Beiträge zur Histologie der Glandula Carotica*. Arch. Mikr. Anat. 287: 1957.
78. SCHMIDT, C. F., COMROE, J. H., JR. and DRIPPS, R. D., JR.: *Carotid Body reflex in the dog*. Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 42: 31-32, 1939.
79. SCHMIDT, C. F. AND COMROE, J. H.: *Functions of the carotid and aortic bodies*. Physiol. Rev. 20: 115-157, 1940.
80. SMITH, C.: *The origin and development of the carotid body*. A. J. Anat. 34: 87-97, 1924.
81. TESTUT, L. Y JACOB, O.: *Anatomía topográfica*. Edit. Salvat Editores, S. A. edo. VIII 1: 730, 1961.
82. VALENTIN, G.: *Ueber eine gangliöse Anschwellung in der Jacobson'schen Anastomose der Menschen*. Arch. Anat. Physiol. 287, 1840.
83. VILLASANA, E. A.: *Morfología del cuerpo carotídeo del hombre*. Gaceta Médica de México. 90: 959-961, 1960.
84. WATZKA, M.: *Ueber die Entwicklung der Paraganglion caroticum der Säugetiere*. Zeitschr. Anat. Entwicklungs. 108: 27-85, 1937.
85. WATZKA, M.: *Die Paraganglie*. Hand. Mikros. Anat. des Meisschen. 6: 268-308, 1943.
86. WHITE, E. G.: *Die Struktur des Glomus caroticum, seine Pathologie unter Physiologie und seine Beziehung zum Nerven System*. Beitr. Path. Anat. 96: 177-227, 1935.
87. WILLIS, A. G. AND TANGE, J. D.: *The argentaphil cells of the human carotid body*. Ann. J. Anat. 105: 141-163, 1959.
88. WINDER, C. V.: *On the mechanism of the stimulation of carotid gland chemoreceptors*. An. J. Physiol. 118: 389-396, 1937.
89. WYCHULIS, R. A., BEAHR, H. O.: *Bilateral chemodectomas*. Arch. Surg. 91: 690-696, 1965.