

227  
178



# Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE CIENCIAS

"ESTUDIO NEUROANATOMICO DE LA VIA VISUAL  
(WULST) DEL PERICO Aratinga canicularis"

## T E S I S

Que para obtener el Titulo de  
B I O L O G A  
P r e s e n t a

ERENDIRA SALGADO BAZA



México, D. F.

1986



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

Todo el material contenido en esta tesis 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.

## RESUMEN

Desde los estudios de Jhontson (1915); Hubert y Crosby (1929); Kappers y cols., (1936); Erulkar (1955), entre otros, realizados en el telencéfalo de las aves, se sabe que existe en la porción conocida como hiperestriado dorsal, una estructura denominada wulst la que según Pearson (1970) y Benowitz (1980), está relacionada con la integración de la vía visual que no tiene relevancia en el núcleo rotundus talámico. En base a su importancia funcional visual, el objetivo de la presente tesis fué la descripción anatómica y citoarquitectural de la wulst visual en el perico Aratinga canicularis. Mediante el empleo de técnicas histológicas (Golgi rápido) y morfométricas, específicas estudiamos un total de 220 células de la wulst en los tres estratos (dorsal, medial y ventral) en los que convencionalmente dividimos a la wulst, en un plano dorso ventral. Nuestros resultados revelaron que se encuentra constituida por tres tipos celulares a los que denominamos, células multipolares, triangulares y ovoides, localizadas en cada uno de los tres estratos. Por otra parte cada uno de los tres tipos celulares presentó características específicas, por ejemplo, las células multipolares y triangulares mostraron un patrón dendrítico muy ramificado, así como la presencia de espinas dendríticas abundantes, sin embargo, las células triangulares mostraron un axón, largo, y bifurcado en ángulos rectos, dirigidos hacia el estrato inmediato superior, por el contrario las células ovoides fueron las más pequeñas con patrones dendríticos y espinales pobres. La proporción de cada uno de los tres tipos celulares fué diferente para cada estrato de la wulst, lo que nos permite suponer que esta disposición celular en la wulst del perico A. canicularis, pudiera tener una correlación de origen común con la corteza visual de otros vertebrados.

## INTRODUCCION

La estructura y función del Sistema Nervioso Central (SNC) ayuda a determinar la conducta de los organismos y ésta hace posible que la especie se adapte a su medio ambiente, por consiguiente, los procesos selectivos, la evolución del cerebro y la conducta, deberán ser estudiados de una manera interdisciplinaria. Así el conocimiento de la morfología del SNC de los animales no mamíferos, ayuda a la correcta interpretación de las funciones cerebrales más complejas de los vertebrados superiores, incluyendo al hombre (Northcutt, 1981 y Ewert, 1985).

Con base en los conocimientos anatómicos y evolutivos sobre el SNC de los vertebrados y con la ayuda de las técnicas electrofisiológicas se han elaborado los atlas de las estructuras cerebrales de las especies de los vertebrados más comúnmente estudiadas, para fundamentar y conservar la integridad funcional de los organismos y establecer la posibilidad de su desarrollo en un medio ambiente adecuado y por ende, un comportamiento más acorde a su propia adaptación biológica. Como es bien sabido, se tienen dos sistemas de comunicación y coordinación en el organismo, el sistema neuronal y el hormonal, respectivamente, los cuales funcionan de una manera a su vez coordinada. Así la información que llega desde los receptores periféricos hasta la corteza cerebral, es transmitida por vías aferentes específicas e inespecíficas, siendo esta estructura en donde llegan, se integran y se interpretan los mensajes periféricos sensoriales (Mars-hall, 1961).

EL estudio del SNC desde el punto de vista anatómico y citológico en distintas especies animales desde peces hasta los mamíferos, junto con las técnicas electrofisiológicas han permitido el estudio de las funciones cerebrales integradoras como la conducta del sueño y la vigilia. Desde el punto de vista citoarquitectural, el cerebro se encuentra constituido por la superposición de diversas células nerviosas, las cuales se organizan en zonas cerebrales identificadas como primarias, de recepción sensitiva y las vías motoras finales. Se encuentran además células intermedias, que se agrupan en centros funcionales en donde pueden relacionarse los impulsos aferentes para la integración de las respuestas motoras apropiadas, por ejemplo la integración de un arco reflejo (Kappers, 1936).

En virtud de que los vertebrados tienen una simetría bilateral y su cerebro también la manifiesta, se han desarrollado conexiones transversales, denominadas comisuras, las cuales interrelacionan a ambos hemisferios cerebrales (Pearson, 1970).

Desde la publicación del libro "El Origen de las Especies" por Darwin (1859), el análisis sobre la Evolución de las especies ha influido grandemente en muchos de los campos de la ciencia entre ellos en la Neurología, que desde entonces ya tenía descripciones de la complejidad del SNC de los mamíferos, cuyo desarrollo ocurre tempranamente en el embrión. Según Pearson (1970), el grupo de las aves, las primeras etapas de desarrollo se observan como unos ensancha-

mientos de la parte anterior del tubo neural, posteriormente las flexiones cefálicas, dan lugar a las subdivisiones de dicha estructura en tres regiones cerebrales (vesículas primarias), que en orden rostro caudal son: el proscencéfalo, el mesencéfalo y el rombencéfalo. Estas vesículas primarias dan origen a otras estructuras, según se indica en el Cuadro I.

La neocorteza es la estructura que se forma al último, de un primordio homólogo de ésta, puede dar lugar a la formación de la parte anterior de todos los vertebrados. A partir de los reptiles se reconoce por primera vez una corteza primordial como formación entre la arquicorteza (hipocampo) y la paleocorteza (corteza piriforme) que está pobremente delimitada en éstos organismos, causa por la cual se denomina corteza general. La diferenciación de la corteza en las aves es difícil de determinar porque está incorporada al cuerpo estriado y la corteza aviar superficial, se encuentra diseminada (Cohen y Karten (1971). En el cerebro de los mamíferos es la presencia de la neocorteza, la característica principal del telencéfalo y comprende los hemisferios cerebrales los que desempeñan funciones de integración sensitiva y motora. En esta estructura mamalia se llevan a cabo todas las funciones de integración que se realizaban en los núcleos del tectum de otros vertebrados encontrándose además intercomunicada (por vías aferentes y eferentes) con gran cantidad de estructuras subcorticales. (Pearson, 1970).

C U A D R O I

VESICULAS PRIMARIAS	SUBDIVISION	ESTRUCTURAS
PROSENCEFALO	HEMISFERIOS CEREBRALES	Telencéfalo Lóbulos Olfatorio Cuerpo Estriado Paleostriatum y Neostriatum Sistema límbico. Pallium: Rinencéfalo Allococtex
MESENCEFALO	DIENCEFALO	Epitálamo, Tálamo e Hipotálamo Tectum: Lóbulos ópticos Colículos anteriores y posteriores ( en mamíferos ) Tegmentum: Pudúnculos cerebelosos
NEUROAXIS		
ROMBENCEFALO	METENCEFALO	Parte del Bulbo Cerebelo Protuberancia ( en los mamíferos ).
	MIELENCEFALO	La mayor parte del bulbo.

En las aves, varios autores han estudiado anatómicamente, las estructuras encefálicas, cuya descripción interna clásica, procedente ha permanecido por muchos años, siendo la base de los estudios de la organización de las vías aferentes y eferentes del telencéfalo aviar, aunque aún este campo no está del todo estudiado (Stingelin 1958).

Pearson, (1970), ha hecho una revisión más extensa de la organización e interacción anatomo funcional del encéfalo aviar, especialmente de la familia Columbidae, Papéz (1929); Moruzzi (1950), hicieron importantes observaciones acerca de la identificación y descripción, particularmente del cerebelo, de la retina, del tectum óptico, de la médula espinal y del telencéfalo. Contribución muy importante al estudio de la estructura neuronal de las fibras y tractos, fué la hecha por Cajal (1952), quién utilizando técnicas de Golgi reveló la estructura fina de las neuronas cerebrales.

En el grupo de las aves se introdujo el término de corteza general o pallium general, desde 1915 por Jhonstson, término aceptado posteriormente por Kappers y cols., (1936), denominándose así al área de asociación que se establece entre paquetes de fibras que tienen su origen a partir de la corteza olfatoria medial y lateral de la propia corteza general (Diamont, 1969). Por otra parte se sabe que las porciones; medial y dorsal del pallium se encuentran hipertrofiadas, dando origen a la Wulst (Benowitz 1980).



El área visual (Wulst) es de gran importancia para las aves, y ha sido ampliamente estudiada con la ayuda de técnicas de lesión y estimulación, en el pollo, Gallus domesticus, (Corner y Bakhuis 1969); en el pichón Columba livia, (Hodos, 1969); así como en dos especies de búho, Tyto alba (Pittigrew, 1976) y en Speotyto cunicularia (Karten y cols., 1973).

Dichos conocimientos fueron la base para el desarrollo posterior de técnicas oscilográficas, fundamentándose de esta manera los cimientos electrográficos necesarios para el inicio de los estudios de muchas de las actividades que se realizaban en el SNC, de las diferentes especies de vertebrados (Karten y cols., 1973).

En general, se sabe, que el pallium telencefálico, en sus porciones dorsal y ventral, da origen a el área conocida como wulst visual en las aves, y que esta a su vez recibe aferencias a través de la retina, pasando por el tálamo (Cowan, Adamson y Powell 1961), esta proyección mayor, de la wulst visual, se le considera análoga a la corteza estriada de los mamíferos (Cuénod 1974; Karten y cols., 1973; Revzin 1969; Pittegrew y Konishi 1976). En el búho, existe una enorme expansión dorsal y frontal de la wulst (Karten y cols., 1973). En secciones histológicas, se ha demostrado que la wulst en el búho, posee un patrón de estratificación parecido a la neocorteza de los mamíferos, sin embargo, en el pollo y en el pichón se encuentra pobremente diferenciada (Revzin 1960). En el perico se observa una

marcada proliferación del neostriatum e hiperestriatum ventral, (Vascocelos-Dueñas y cols., en prensa). Sin embargo, el búho y el perico están representados por dos líneas divergentes en la evolución del cerebro de las aves (Portmann y Stingelin, 1961).

La vía visual de las aves posee un área integradora superior identificada como Wulst (Benowitz, 1980), definida entre las zonas medial y dorsal al pallium. El neostriatum es la porción más grande de los hemisferios, el paleostriatum, está cubierto por una capa que va desde la porción rostral hasta la caudal. La estructura celular del neostriatum en los reptiles es diferente, presenta dos capas horizontales separadas por la lámina hiperestriatal; el hiperestriatum ventral se encuentra delimitado en dos porciones, una ventromedial y otra ventrodorsal (Hubert y Crosby, 1929), el límite del neostriatum y del paleostriatum es la lámina celular medular dorsal; del ectostriatum, se sabe que es el principal centro integrador sensorial. Por los trabajos de Erulkar (1955), utilizando técnicas de registro de potenciales evocados en la región del ectostriatum, delimitó que las sensaciones auditivas y táctiles proyectaban a esa área, por otra parte corresponde a la porción caudal de los hemisferios la integración de estas dos funciones sensoriales.

Estudios de Portmann y Stingelin (1961), en trabajos experimentales en la porción caudal de los hemisferios cerebrales de las aves, han observado que existe una uniformidad estructural.

Sin embargo, en las áreas correspondientes al cuerpo estriado se nota una diferenciación morfológica aparente, la cual permanece para ser estudiada con más detalle. Los centros citoarquitecturales, muestran importantes diferencias tanto de una especie a otra como de grupo a grupo. Existen diferencias sistemáticas en grupos del mismo nivel cerebral. Las diferencias considerables de la masa relativa de las diversas partes cerebrales de las aves, está siempre encaminada hacia la mayor concentración de la masa cerebral hacia el centro, que es la parte más alta del hemisferio frontal (Stingelin 1958), lo cual puede explicarse de dos maneras distintas:

a) el desarrollo de la masa cerebral frontal se ha concentrado en la parte más basal de los centros frontales superiores y separados del bulbo olfatorio, por la elevación sagital que dió origen a la formación frontal basal del telencéfalo.

b) Las proyecciones del núcleo óptico talámico principal (NOT) terminan en el telencéfalo dorsal, en la porción conocida como Wulst visual, en el búho Speotyto cunicularia, se le considera una estructura multilaminada, e interconectada con una porción de células alargadas profundas situadas en el hiperestriatum dorsal (HI), con una capa de células dispersas en el hiperestriatum intercalado superior (HIS), y con una capa de células granulares en el núcleo intercalado accesorio (NIA), el que a su vez está constituido por una capa de células medianas, en sobreposición a una capa fibrosa

molecular, cada una de ellas se encuentran particularmente bien desarrolladas.

Las proyecciones del núcleo talámico medial están sobrepuestas con los del núcleo talámico principal y puede aparecer como una separación sistemática, se han encontrado axones aferentes de la wulst del pichón y del búho que proyectan sobre el hiperestriatum ipsilateral, el neostriatum ventral, y sobre la zona parietoestriatal (Karten y Hodos 1970). En el búho las proyecciones extratelencefálicas y la vía tractomesencefálica, terminan en el núcleo talámico principal. Un pequeño grupo de fibras cruza en sentido opuesto en la decusación dorsal supraóptica para terminar en el núcleo geniculado lateral y al tectum contralateral ventromedial (Fig. 1). En el pichón se observa una degeneración terminal por debajo de la capa superficial del tectum óptico, el que topográficamente se encuentra bien desarrollado (Revzin, 1960, 65 y 66: Nauta y Karten, 1970).

Las numerosas similitudes entre el sistema descrito anteriormente y el camino marcado por la vía geniculocortical visual de los mamíferos, muestra que puede haber un grado de desarrollo equivalente en otras especies de vertebrados (Karten 1964, 68: Corner, 1969).

Por investigaciones previas de la organización visual en el pichón (Cowan y col., 1961 Karten, y Nauta 1968), se ha encontrado una vía visual denominada tectofugal que se extiende desde la retina hasta el estriado griseo central y de ahí al núcleo rotundus del tálamo

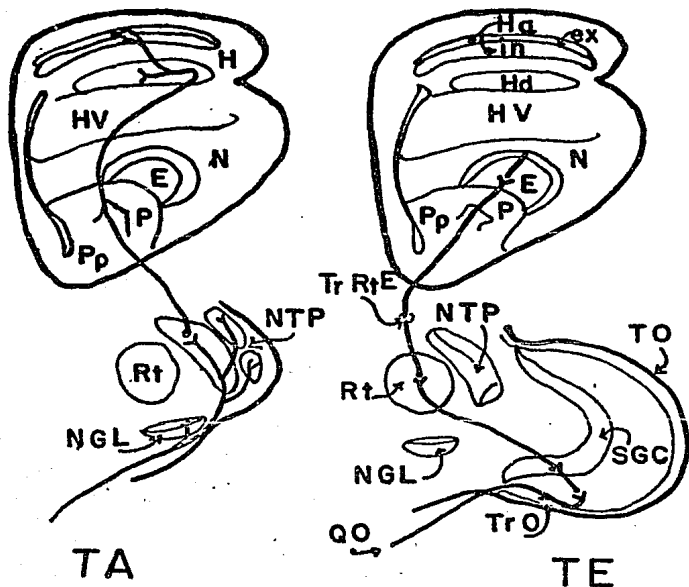


Fig. 1 Representación esquemática de las dos vías telencefálicas; tectofugal (TE) y talamofugal (TA), desde la retina, en el búho Speotyto cunicularia. Las conexiones retinales forman el tracto óptico cruzado (TrO), por el quiasma óptico (QO) al lado contrario. A la izquierda se muestra el patrón talamofugal hasta la wulst visual. A la derecha el tectofugal a través del núcleo rotundus (Rt). Abreviaciones: H, hiperstria, Ha, accesorio con sus núcleos extrapeduncular (ex) e intrapeduncular (in), Hd, hiperestriado dorsal; HV, ventral; N, neostriatum; E, ectostriatum, P, paleostriatum, Pp, paleostriatum primitivum; TrRtE, tracto rotundus talámico del ectostriatum; NTP, núcleo talámico principal; Rt, núcleo rotundus; TO, tectum óptico; SG, estriatum griseo central; TrO, tracto óptico; NGL, núcleo geniculado lateral y NTP, núcleo talámico principal.

(Fig. 1), se han encontrado proyecciones de éste núcleo hacia regiones específicas y bien definidas del telencéfalo, como el ectostriatum dorsal, (Karten y Hodos 1970), a diferencia del sistema talamofugal el que no hace relevo en el núcleo rotundus, en el búho hay una colateral al geniculado lateral del tálamo, de ahí al tectum óptico y finalmente al hiperstriado dorsal (Fig. 2).

Específicamente éste sistema retino tecto talámico telencefálico, está involucrado en la discriminación de la intensidad del color y en el patrón visual (Hodos, 1969). Algunos autores han provocado por lesiones en varios componentes visuales de este sistema de conducción efectos conductuales visuales (Hodos y Karten 1966; Hodos y Karten 1970).

Descubrimientos electrofisiológicos por Revzin 1960, 1965, y Revzin y Karten (1966), han mostrado que en la mayor parte de este sistema se presentan amplios receptores del campo visual los que también pueden actuar para la organización de determinado sistema topográfico. Revzin (1965), ha podido caracterizar por estímulos fotoeléctricos otra vía visual que se extiende directamente desde la retina hasta el tálamo y de ahí a la elevación dorsomedial del telencéfalo de las aves, denominada, wulst visual, (Fig. 2). Revzin (1960) demostró que dentro de la vía visual se encuentra un campo receptor visual muy pequeño, generalmente en un rango de  $.5^{\circ}$  a  $10^{\circ}$ , rara vez excede los  $10^{\circ}$ , este hallazgo ha permitido establecer el tiempo de conducción

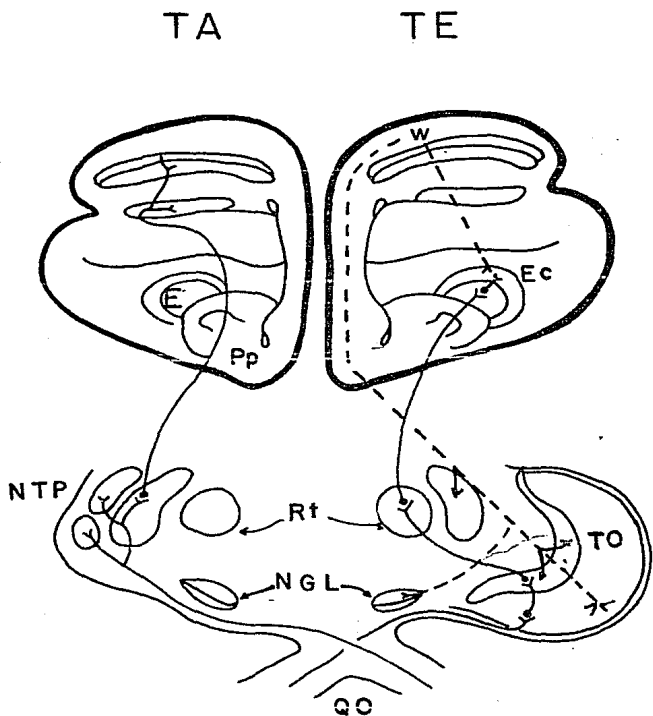


Fig. 2 Vías telencefálicas en las aves: talamofugal (TA) y tectofugal (TE), la primera proyecta hasta la wulst visual, a la derecha la tectofugal, a través del núcleo rotundus (Rt) hasta el ectostriatum (Ec). Con línea punteada se indican las conexiones eferentes desde la wulst visual hasta el tectum óptico (TO), al geniculado lateral (NGL) y a través del quiasma óptico (QO). Abreviaciones: E, Estriatum; Pp, Paleostriatum primitivum, NTP, núcleo talámico principal; Rt, núcleo rotundus.

de la retina hasta el ectostriatum; Revzin sugiere que es la vía tecto-rotundal, considera también que existe otra ruta visual adicional que es hacia la wulst visual, este hecho fué reinvestigado por Karten y Nauta (1968), en el pichón y en el búho, con técnicas electrofisiológicas. Desde 1958, Stingelin, reveló que entre los Ordenes mayores de aves la wulst varía relativamente de Orden a Orden más que cualquier otra estructura de los hemisferios cerebrales en las aves, incluye en su análisis algunas características de la citología general de la wulst, sin embargo en nuestros días no se tiene una descripción citoarquitectónica más fina. La wulst se encuentra compuesta de diversos estratos citológicos y de acuerdo a diferentes autores, se le puede referir desde la región ventral a la dorsal como: la lámina superior frontal del hiperestriatum frontal y dorsal, a la lámina superior frontal, al núcleo intercalado hiperestriatal y finalmente una capa molecular subpalial (Cohen y Karten, 1971).

En las porciones caudales de los hemisferios no se ha podido determinar los límites con el área denominada hipocampal y los diferentes grados de desarrollo de la wulst. En general se acepta que el hiperestriatum dorsal es parte de la wulst visual, el cual comprende varias regiones citológicas relacionadas con patrones aferentes y eferentes distintivos, así Karten y Hodos en 1970; encontraron que en el búho la wulst tiene una forma alargada y muestra delimitaciones con el saco transversal, el que marca una prominencia anterior



pequeña, denominada "wulst anterior" y otra región adyacente a la región caudal, "wulst mayor", estas dos subdivisiones también presentan diferencias citoarquitecturales. La distribución de las masas de la proyección bilateral del tracto óptico talámico, hacia el telencéfalo aparece como una extensión de la capa granular, sin embargo las evidencias electrofisiológicas, sugieren que esta región es un campo de proyección retinal a través de la capa subpalial granular de la wulst mayor. A la wulst visual se le puede dividir en tres regiones; una frontal, una medial y una caudal, y en plano ventro dorsal podría ser equivalente a la corteza estriada de los mamíferos (Karten y cols., 1973).

En las aves, Kalisher (1905), mostró que este sistema de fibras aferentes se extienden a través de todo lo largo del cerebro hasta la unión bulbo espinal que continúa su curso por el fascículo dorsal de la cuerda espinal. Karten (1964), reportó que el origen de este sistema está limitado a la región de la wulst anterior distribuyéndose hacia el núcleo rojo, a la región medial, a la magnocelular de las formaciones romboencefálicas y a la unión bulbo espinal. Ascendiendo por el geniculado lateral y contralateral de la cuerda espinal, la distribución de todas estas proyecciones de la wulst anterior son comparables con un componente del tracto piramidal en los mamíferos. Estos descubrimientos, junto con las descripciones citoarquitecturales, indican que la wulst está compuesta de dos estructuras del telencéfalo

aviar que son fundamentalmente distintas.

Por otra parte en algunos reptiles como la tortuga, Hall y Ebner (1970), reportan la presencia de una proyección del núcleo dorsal prominente del complejo geniculado lateral hacia el pallium dorsal, la distribución de esta proyección talamopallial corresponde a la región de la cual Orrego y Lisenby (1962), registraron potenciales de latencia corta provocados por estímulos visuales.

Esta proyección es similar a la proyección del tracto óptico telencefálico sobre la wulst visual descrita por Karten y Hodós (1970), en tortugas, sin embargo, tanto la región talámica como la telencefálica en cuestión están morfológicamente bien diferenciadas en subnúcleos individuales.

El pallium de las tortugas presenta solamente una capa de células, en contraste con la estructura multilaminada que presenta el búho. Sin embargo existen similitudes fisiológicas, patológicas y embriológicas, que sugieren que los distintos campos talámicos de las aves y tortugas, son homólogos, en cuanto a su origen, ya que se han derivado de una matriz celular en sus ancestros comunes los arquiosaurios. Estudios recientes han mostrado que las proyecciones retinales de los anfibios y en algunas especies de teleosteos, incluyen un componente talámico, sin embargo, no hay información acerca de la existencia de la proyección del núcleo óptico talámico en los anfibios y en los peces, a diferencia de la similitud entre la termi-

ción de tracto óptico, dentro del tálamo en líneas divergentes como la presentan los mamíferos, las aves, los reptiles y los peces, lo que sugiere que esta vía retino talámica debe tener una historia filogenética muy antigua, que data probablemente de los primeros vertebrados, además existe la evidencia de que la vía retino tecto talámica telencefálica, fué probablemente la vía más desarrollada en la proyección rostral del sistema visual de los vertebrados ancestrales. La división de las funciones entre ellos no refleja necesariamente una tendencia evolutiva, sino más bien el grado de adaptación para cada especie. Por los estudios de Karten y cols., (1973), se sabe que la vía ascendente visual de las aves, presenta dos ramas que van desde la retina hasta el telencéfalo en el búho, clasificándose al sistema como tectofugal y pasa desde el tectum óptico, hasta el núcleo rotundus talámico.

Según Karten y Revzin (1966), el ectostriatum y el cinturón parietoestriatal en el telencéfalo, son parte de la vía talamofugal, que pasa del núcleo tálamo principal, hasta el núcleo accesorio intecalado, y al hiperestriado telencefálico. Además la wulst, se proyecta al cinturón parietoestriatal y el grupo de células que reciben proyecciones retinales. La distribución de proyecciones aferentes que componen el tracto tectofugal provee a este sistema de conducción, enmarcado por la influencia de regiones difusas del cerebro, el cual se extiende más allá de los límites conocidos como sistema

visual; en este sentido, la vía tectofugal está en severo contraste con el canal visual talamofugal. Virtualmente, todas las proyecciones aferentes originadas en el área de distribución telencefálica posterior, están dirigidas a estructuras que también reciben proyecciones retinales primarias, como el núcleo ventral del cuerpo geniculado lateral, la región pretectal y el tectum óptico, tienen un arreglo diferencial espacial. Esta organización anatómica permite la modulación fisiológica talamofugal de la entrada visual a lo más extenso del sistema tectofugal. Con respecto a la visión de los mamíferos, la evidencia actual sugiere que el canal visual tectofugal representa más bien un vestigio evidente de los ancestros no mamíferos en la integración de la información visual (Karten, 1965; Karten y Revzin 1966; Hunt y cols., 1972).

El grupo de investigación con el que he realizado el presente trabajo de tesis, ha estudiado durante los pasados 5 años la actividad electroencefalográfica del perico Aratinga canicularis, de estos estudios, surgió la idea de la necesidad de efectuar un análisis neuroanatómico del área hiperestriatal corticoide, así como también de la organización anatómica de la vía visual, particularmente de la organización citoarquitectural de la wulst visual en A. canicularis. Debido a que Portmann (1979), ha descrito que en la porción caudal de los hemisferios cerebrales se presenta una relativa uniformidad de las células que configuran el área visual, y por otra parte, en es--

pecies como el búho, existe una laminación de la wulst visual, se espera que en este análisis de la wulst en A. canicularis, sea comparable a la wulst del búho.

La terminología utilizada por diferentes autores con respecto a la wulst, es difícil de compaginar, en la presente tesis se tomó el criterio de que la wulst visual, está situada arriba del hiperestriatum dorsal accesorio, y delimitada en plano rostro caudal por un surco de poca profundidad denominado "valécula".

#### OBJETIVOS.

- 1o. Incrementar la información neuroanatómica de la wulst visual.
- 2o. Establecer correlaciones neuroanatómicas de la wulst visual con otras aves.
- 3o. Descripción morfométrica y citoarquitectural de la wulst visual del perico A. canicularis.

## MATERIAL Y METODOS

El material biológico utilizado en el presente estudio se obtuvo de pericos adultos cuya clasificación según Young (1980), es la siguiente:

Phylum Vertebrata  
Clase Aves  
Subclase Neornithes  
Orden Psittaciformes  
Familia Psittacidae  
Género Aratinga  
Especie canicularis.

Se emplearon 10 ejemplares que fueron procesados con dos técnicas histológicas clásicas. Primero los animales fueron anestesiados con una dosis de nembutal sódico de 35 mg/Kg, transcurridos 30 min. de la anestesia, se les perfundió vía intracardiaca, con una solución al 10% de formalina amortiguada a un pH de 7.0. Posteriormente se extrajo el cerebro de la cavidad craneana, para luego ser procesados con la técnica de Nissl o la de Golgi rápido, la primera permitió la localización del área de estudio, y con la segunda, se pudieron observar y caracterizar a las neuronas completas de la wulst:

Los encéfalos se incluyeron en una mezcla de albúmina gelatina, la cual se mantuvo en baño maría por espacio de una hora, al término de la cual se almacenó en el refrigerador, hasta el momento

de incluir los cerebros. Para tal fin se colocó en baño maría, nuevamente, y cuando la mezcla se encontró totalmente líquida, se procedió a la inclusión procurando que no quedaran burbujas alrededor del tejido nervioso, previa orientación y sujeción con alfileres entomológicos del mismo, en cajitas de cartón para inclusión. Una vez solidificada la mezcla de albúmina gelatina, los moldes se colocaron en el refrigerador por espacio de 72 horas en vapores de formaldehído para el endurecimiento del molde, transcurrido este tiempo se extrajo el bloque de la caja de inclusión y se colocó en una solución de formalina sacarosa, en la cual el molde flotó, pero una vez que el fijador fué penetrando al interior del molde, éste cayó al fondo del recipiente, señal de que la mezcla de albúmina gelatina se encontraba totalmente fijada, posteriormente se obtuvieron los cortes de 50 micrones al microtomo de congelación.

Los cortes, se colectaron en recipientes con divisiones individuales, conteniendo agua destilada, se obtuvieron cortes en plano sagital y frontal. Enseguida se procedió a su montaje en laminillas portaobjetos, utilizando una mezcla de gelatina al 2% en solución de alcohol al 80%. Se dejaron secar al aire y después de 8 días se procedió a su tinción. Lo cual se inició preparando el tejido para la tinción, en una mezcla de alcohol 80% acidulado con unas gotas de ácido acético glacial, durante 15 minutos, posteriormente, se lavaron en agua destilada por espacio de 1 minuto y luego se tiñieron

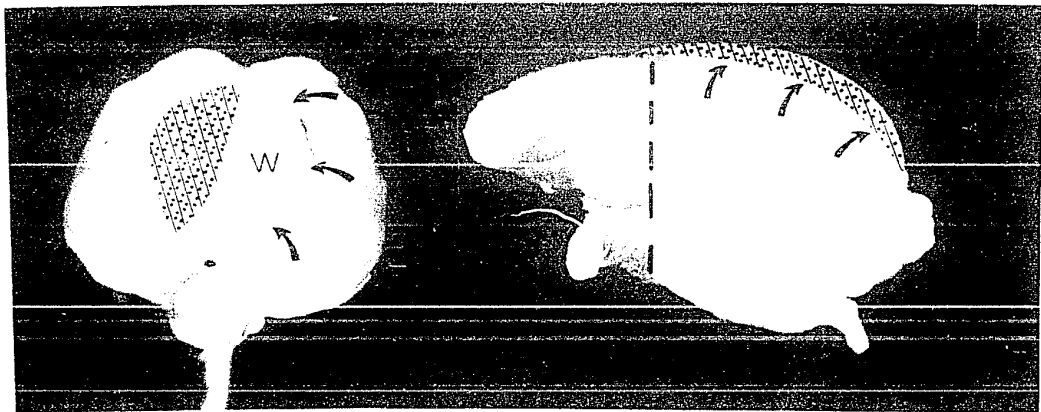
con violeta de crecilo al 0.1% por un tiempo de 15 a 20 minutos, se lavaron en agua destilada y se deshidrataron en alcoholes graduales desde 70% a 95%, en éste último alcohol ocurrió la viración cromática (cambio de color violeta a azul), luego se pasaron directamente a terpineol para ser aclarados y finalmente se transfirieron a dos cambios de xileno para luego ser montados en resina sintética.

Una vez obtenidas las preparaciones, del cerebro del perico en ambos planos (frontal y sagital), se procedió a la identificación del área, objeto de estudio, la wulst visual (Figs. 3 y 4).

Técnica de Golgi rápido (modificación Díaz-Cintra y cols., 1981).

Se anestesiaron los animales y se perfundieron como en el caso anterior, se obtuvieron los cerebros 24 horas después, e inmediatamente se seccionaron en bloques muy pequeños para la mejor penetración del fijador, acercándose lo más posible a la región en donde se localiza el área de la wulst visual. Se obtuvieron los bloques de 4 mm de lado, se colocaron en una solución de dicromato de potasio y ácido ósmico en una proporción de 4:1 respectivamente, se dejaron por espacio de 8 días, transcurridos los cuales se diferenciaron en una solución de nitrato de plata al 0.75%, en donde se llevaron a cabo dos cambios uno de 4 horas y otro de 24, después de lo cual, se procedió a la deshidratación del tejido en alcoholes graduales

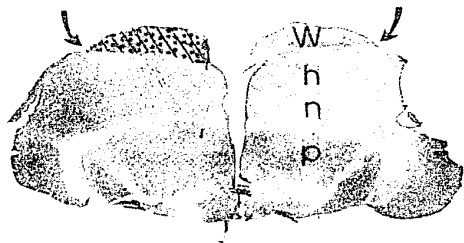




D

L

Fig. 3 Vistas; dorsal (D), lateral (L) y frontal (F) del cerebro del perico *Aratinga canicularis*. Con la pantalla, se indican los límites de la vólvula visual (V), y las flechas, los bordes de la misma, por la valécula en las tres vistas. La línea punteada en L, indica el nivel rostral de F. Aumentos, 2X, 2.5X y 40X, respectivamente. Abreviaciones; h, hiperstriatum; n, neostriatum, y p, paleostriatum aumentatum.



F

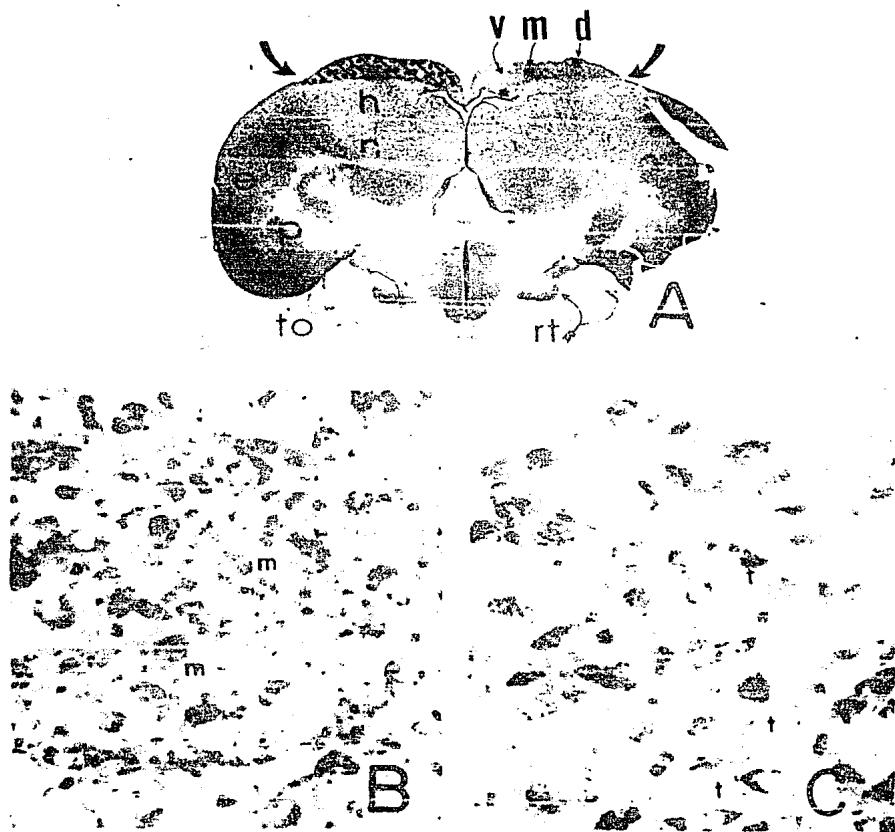


Fig. 4 Fotomicrografías de cerebros de Aratinga canicularis, teñidos con Nissl. En A, se muestra un corte frontal al nivel de la porción medial del cerebro, en donde se señala la wulst, del lado izquierdo con la pantalla. En el lado derecho, los asteriscos muestran los estratos en donde se tomaron las mediciones; dorsal (d), medial (m) y ventral (v), las flechas indican los límites de la wulst por las valéculas. En B, se observan las células de la wulst en su porción dorsal (d), donde predominaron las células multipolares (m), a 250X. En C, el estrato medial (m), en donde el tipo celular predominante fué el triangular (t), a 400 X. Abreviaciones: h, hiperestriado; n, neostriado; c, ectoestriado; p, paleostriado; to, tectum óptico y rt, núcleo rotundus talámico.

de 50%, 70%, 80% y 95%, luego se efectuaron dos cambios de alcohol etílico absoluto y éter vol:vol cada cambio fué a los 30 minutos, posteriormente se procedió a colocar el tejido en nitrocelulosa de baja viscosidad en concentraciones desde 1%, 5%, 15% y 30%, cada uno de los cambios se efectuaron de 24 horas. Enseguida los cortes fueron incluidos en nitrocelulosa al 30%, en moldes de plástico de 8 X 8 mm. los cuales fueron colocados en un desecador en vapores de cloroformo durante toda la noche. Después, se obtuvo un bloque que se montó en un soporte de metal para ser cortados al microtomo de deslizamiento, en secciones de 100 a 120 micrones de grosor, los cortes fueron colectados en un recipiente con divisiones individuales que contenían alcohol de 70%, para luego ser deshidratados en alcoholes graduales (80%, 95%, e isopropanol), luego se les transfirió a terpineol para ser aclarados, se pasaron a dos cambios de xileno y se procedió a su montaje en laminillas con resina sintética. Las preparaciones se dejaron secar por espacio de 10 días, al término de los cuales se procedió a la selección del material, que contenía el área de la wulst.

Para el estudio cuantitativo, de las neuronas de la wulst se seleccionaron 5 cerebros de los pericos, y se dividió el área en un plano dorso ventral en tres estratos; dorsal (d), medial (m) y ventral (v), en total se consideraron 3,500 micrones de profundidad y los límites entre cada uno de los estratos se tomaron entre 1,000 a 1,500 el dorsal; de 1,500 a 2,000 el medial y el último o

T A B L A I

Parámetros medidos en las células y comparaciones de los tres estratos, ( Dorsal, Medial y Ventral ) de la Wulst visual del perico A. canicularis.

REGION	SOMA ( ):		No. de Ramas dendríticas				No. de Espinas dendríticas				L-0 / %
	Ma	Me	1	2	3	4	1	2	3	4	
Dorsal											
n	220	220	220	220	220	167	220	220	220	167	
$\bar{X}$	15.5	12.4	4.4	9.1	11.7	9.0	2.8	9.3	13.9	15.8	
d.e. $\pm$	$\pm 5.4$	$\pm 4.2$	$\pm 0.8$	$\pm 2.3$	$\pm 4.3$	$\pm 5.3$	$\pm 4.1$	$\pm 6.0$	$\pm 6.0$	$\pm 5.1$	
Medial											
n	220	220	220	220	220	175	220	220	220	168	
$\bar{X}$	17.0	12.2	6.4	10.0	14.8	9.9	3.0	13.3	12.8	16.1	
d.e. $\pm$	$\pm 5.8$	$\pm 11.1$	$\pm 3.2$	$\pm 8.3$	$\pm 10.9$	$\pm 6.0$	$\pm 2.8$	$\pm 8.0$	$\pm 10.4$	$\pm 5.0$	
% de cambio	+ 9	- 2	+ 45**	+ 10*	+ 26**	+ 10**	- 21**	+ 43***	- 8	+ 2	
D vs M											
Ventral											
n	220	220	220	220	220	168	155	204	216	161	
$\bar{X}$	16.2	13.0	4.5	9.2	11.2	9.9	4.4	10.3	14.7	16.3	
d.e. $\pm$	$\pm 6.0$	$\pm 4.6$	$\pm 0.9$	$\pm 2.2$	$\pm 3.5$	$\pm 5.6$	$\pm 2.5$	$\pm 3.9$	$\pm 5.0$	$\pm 5.7$	
% de cambio	- 5	+ 7	- 30**	- 8	- 24**	0	+ 47***	+ 23**	+ 15*	+ 1	
M vs V											
D vs V	+ 5	+ 5	+ 2	+ 1	- 4	+ 10	+ 19*	+ 11*	+ 6	+ 3	

=micras; n= no. de datos;  $\bar{X}$ = media y d.e.= desviación estandar, 1-4= círculos.

P < 0.05\*

P < 0.01\*\*

P < 0.001\*\*\*

ventral entre 2.500 a 3,000 micrones (Fig. 5).

En los tres estratos se midieron 10 neuronas tomadas al azar, haciendo un total de 30 neuronas. De cada una de ellas se midieron los 10 parámetros siguientes: el eje mayor y menor del soma, campos dendríticos, según el disco de Sholl (1953), en el que se tomaron el número de intersecciones de las dendritas en los 4 círculos concéntricos, cuya distancia fué de 50 micras, así mismo se consideró el número de ramas primarias, secundarias, terciarias y cuaternarias coincidentes por círculo. Se midió en un segmento de 50 micras el número de espinas dendríticas correspondientes en cada círculo para cada una de las ramas primarias (1o. círculo), secundarias (segundo círculo), terciarias (3o. círculo) y cuaternarias (4o. círculo). Todas las mediciones se llevaron a cabo en un microscopio de campo claro marca Zeiss y con óptica planopocromática a 40X de inmersión, con apertura numérica de 1.0, haciendo un total de 400 aumentos del campo del microscopio y un poder de resolución de 0.25. Se calibró previamente una retícula ocular, con la que fueron tomadas todas las mediciones. Con la ayuda de la cámara lúcida se hizo coincidir la neurona enfocada al microscopio a los aumentos antes mencionados con la plantilla de los cuatro círculos concéntricos. Asimismo, se efectuaron dibujos de las neuronas representativas en cada uno de los 3 estratos (dorsal, medial y ventral), y finalmente, se tomaron fotomicrografías del área de estudio en laminillas teñidas con ambas técnicas de Nissl y de

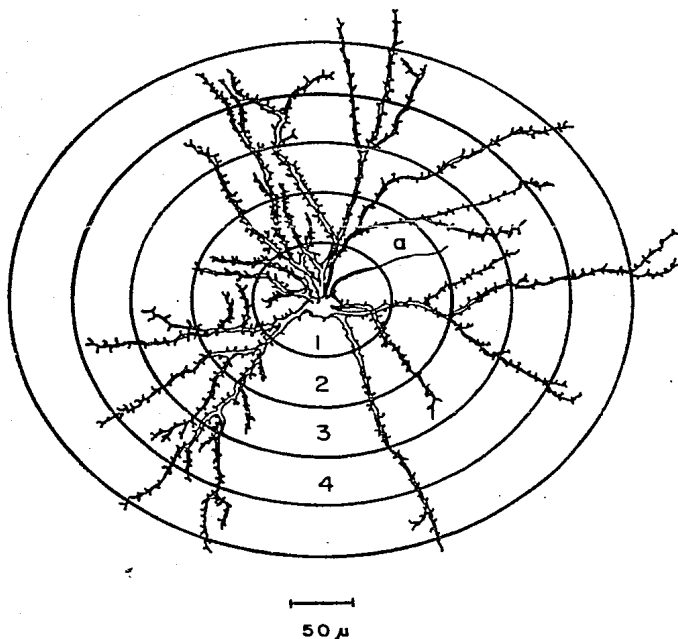


Fig. 5 Dibujo de una célula multipolar, mediante la cámara lúcida, haciéndola coincidir con el esquema de discos concéntricos de Sholl. En el número 1, se tomaron las siguientes mediciones: del soma, su eje mayor y menor y el número de ramas primarias, así como el número de espinas dendríticas en un segmento de 50 micras, en 2 al 4, se contaron el número de ramas que intersectaban cada círculo así como el número de espinas dendríticas en un segmento de 50 micras en las ramas secundarias, terciarias y terminales. Aumentos 400 X, a, axon.

Golgi, con el fin de adecuar el área de la wulst visual y poder compararla con la descrita en el búho y en el pichón (Fig. 4).

Con los datos obtenidos se hizo un análisis estadístico (empleando la prueba de "t" Student), con la finalidad de estimar las diferencias entre los distintos estratos en los que se dividió la wulst visual del perico A. canicularis.

## RESULTADOS

Las observaciones citomorfológicas en el material teñido con Golgi, permitieron identificar tres tipos celulares presentes en los tres estratos; células triangulares (T), multipolares (M) y ovoides (O), la densidad de cada una de ellas varió según el estrato; así, el dorsal, presentó predominancia de las células multipolares, aunque también existen los otros dos tipos celulares; en el estrato medial, las células predominantes fueron las células triangulares (Figs. 4 y 6), y finalmente en el estrato ventral, las células ovoides, fueron las predominantes (Fig. 6 y 7).

En cada célula se observaron ciertas características específicas, por ejemplo en las triangulares, del estrato medial, su patrón dendrítico fué abundante, así como la densidad de sus espinas. el axón tuvo un carácter distintivo, en cuanto a su dimensión ya que presentó una mayor longitud de 200 micrones, en proporción a las otras células y se observó la tendencia a alcanzar el estrato inmediato superior, además de que en el trayecto se bifurcó varias veces en ángulos rectos. Por otra parte en las células multipolares, sus patrones dendríticos fueron muy ramificados y con abundantes espinas, su cuerpo presentó una forma irregular. Las células ovoides, tuvieron pocas ramificaciones y espinas, además de que fueron las células más pequeñas en todos los estratos, (Figs. 6 y 7).

En la Tabla I, se muestran las comparaciones hechas en los tres niveles, dorsal vs medial; medial vs ventral y dorsal



## RESULTADOS

Las observaciones citomorfométricas en el material teñido con Golgi, permitieron identificar tres tipos celulares presentes en los tres estratos; células triangulares (T), multipolares (M) y ovoides (O), la densidad de cada una de ellas varió según el estrato; así, el dorsal, presentó predominancia de las células multipolares, aunque también existen los otros dos tipos celulares; en el estrato medial, las células predominantes fueron las células triangulares (Figs. 4 y 6), y finalmente en el estrato ventral, las células ovoides, fueron las predominantes (Fig. 6 y 7).

En cada célula se observaron ciertas características específicas, por ejemplo en las triangulares, del estrato medial, su patrón dendrítico fué abundante, así como la densidad de sus espinas. el axón tuvo un carácter distintivo, en cuanto a su dimensión ya que presentó una mayor longitud de 200 micrones, en proporción a las otras células y se observó la tendencia a alcanzar el estrato inmediato superior, además de que en el trayecto se bifurcó varias veces en ángulos rectos. Por otra parte en las células multipolares, sus patrones dendríticos fueron muy ramificados y con abundantes espinas, su cuerpo presentó una forma irregular. Las células ovoides, tuvieron pocas ramificaciones y espinas, además de que fueron las células más pequeñas en todos los estratos, (Figs. 6 y 7).

En la Tabla I, se muestran las comparaciones hechas en los tres niveles, dorsal vs medial; medial vs ventral y dorsal

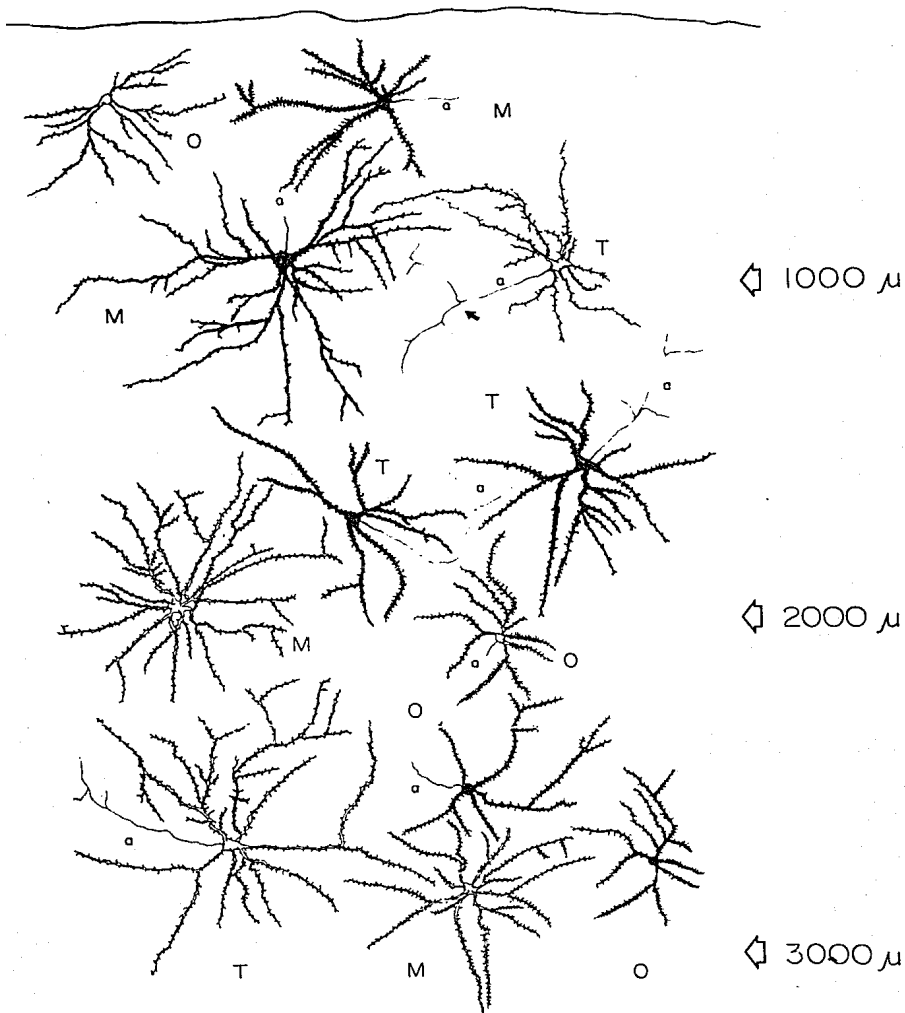


Fig. 6 Dibujo con cámara lúcida de los tres estratos, en material teñido con Golgi rápido a los 1,000 micrones, correspondió el estrato dorsal, a los 2,000 el medial y a los 3,000, el ventral. En cada estrato se muestran sobreadas en negro, las células predominantes. Células multipolares (M); triangulares (T) y ovoides (O), a, axones, la flecha indica la ramificación en ángulos rectos del axón de las T. Aumentos, 400 X.

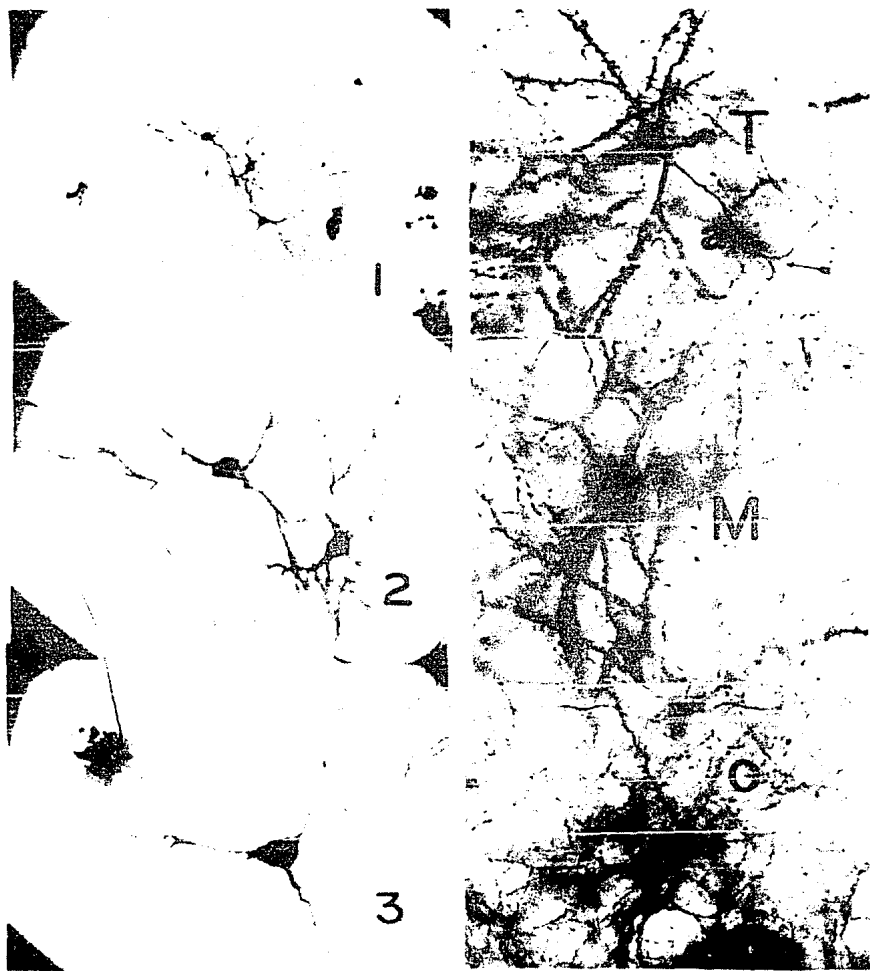


Fig. 7 Fotomicrografías tomadas en el material teñido con Golgi rápido de la vulst del perico. A la izquierda se muestra una secuencia a diferentes aumentos: 1, a 10 X; 2, a 250 X; y en 3, a 400 X. A la derecha, las células triangulares (T), multipolares (M) y ovoides (O). -- Aumentos, 400 X. a, axon.

vs ventral, en los 10 parámetros medidos en un total de 167 y 220 neuronas, encontramos diferencias estadísticas entre cada uno de los estratos, por lo que se establecieron diferencias celulares, en cuanto al tamaño (Fig. 8), densidad de las dendritas (Fig. 9), y densidad de las espinas (Fig. 10). Tomando el total de las células, se pudieron observar diferencias entre el estrato dorsal vs el medial, se observó un incremento del número de ramas que fué significativo en los cuatro círculos. En cuanto al número de espinas dendríticas se redujo significativamente en las dendritas del primer círculo que correspondían a las dendritas primarias y luego hubo un incremento en las dendritas secundarias del 2o. círculo, no habiendo cambios en las dendritas de los dos últimos círculos. Cuando las comparaciones se establecieron entre el estrato medial con el ventral, hubo decrementos significativos en cuanto al número de las ramas primarias y terciarias, en sus respectivos círculos, así como aumentos significativos en el número de espinas dendríticas en el primero y en el tercer círculos, correspondientes a las ramas primarias y terciarias, finalmente cuando las comparaciones fueron entre el estrato dorsal y el ventral, sólo se observaron dos incrementos significativos en cuanto al número de espinas en el primero y segundo círculos, cuantificados y correspondientes a las dendritas primarias y secundarias, en un total de 9 cambios, seguidas de las dendritas terciarias (3 cambios), y finalmente las dendritas terminales. La mayoría de los cambios ocurrieron en el número de espinas

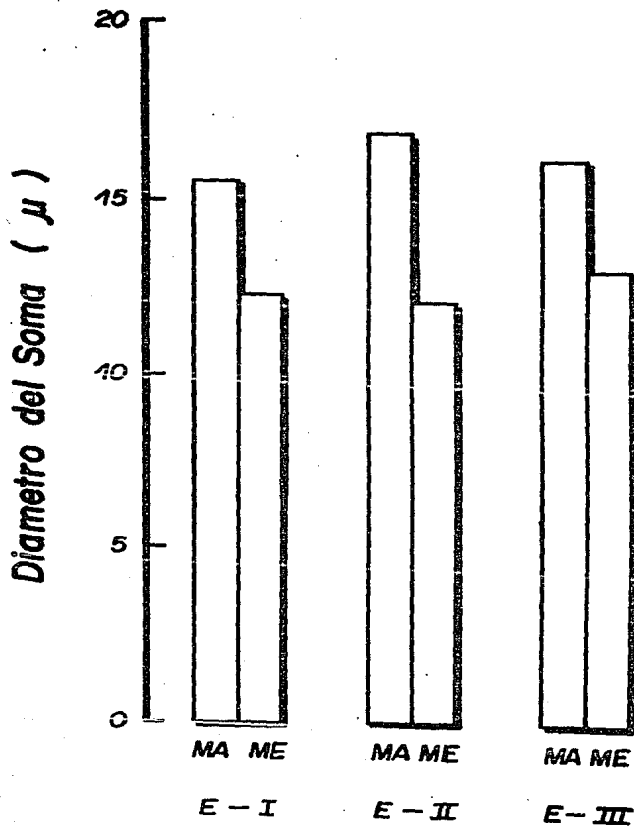


Fig. 8 Tamaño del soma en micrones ( $\mu$ ), en su mayor extensión (MA) y en su menor extensión (ME), en los tres estratos dorsal (E-I), medial (E II) y ventral (E III). Nótese - los pocos cambios que ocurren del tamaño celular en todos los estratos.

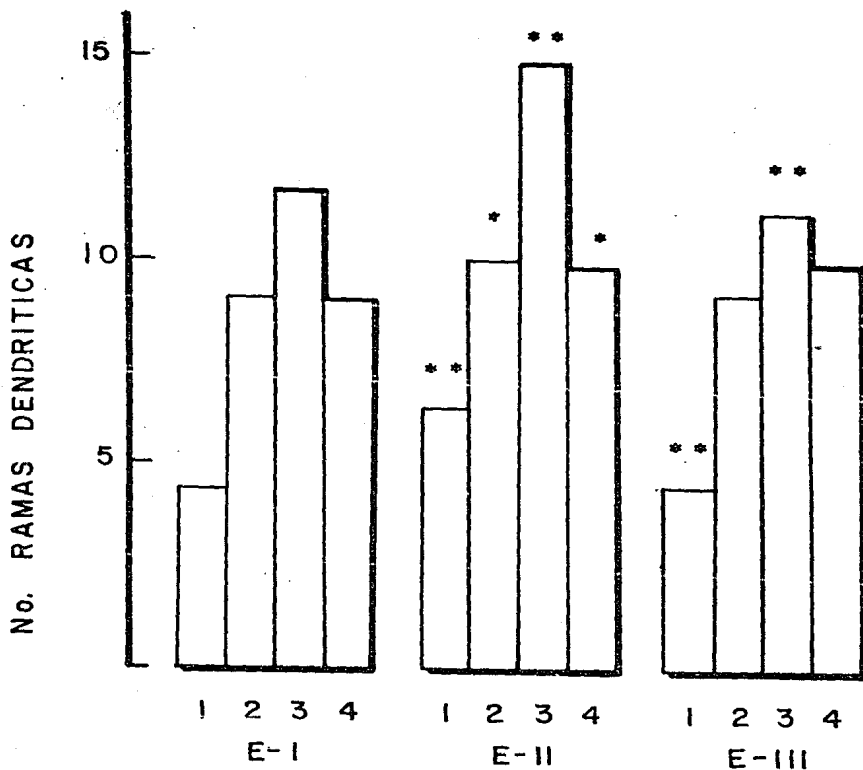


Fig. 9 Número de ramas dendríticas, en los cuatro círculos medidos, en los tres estratos. Nótese que el mayor número de ramas se encontró en el tercer círculo en los tres estratos. Se compararon entre sí los tres círculos y las diferencias estadísticas se muestran con los asteriscos; \*p < 0.5; \*\*p < 0.01.

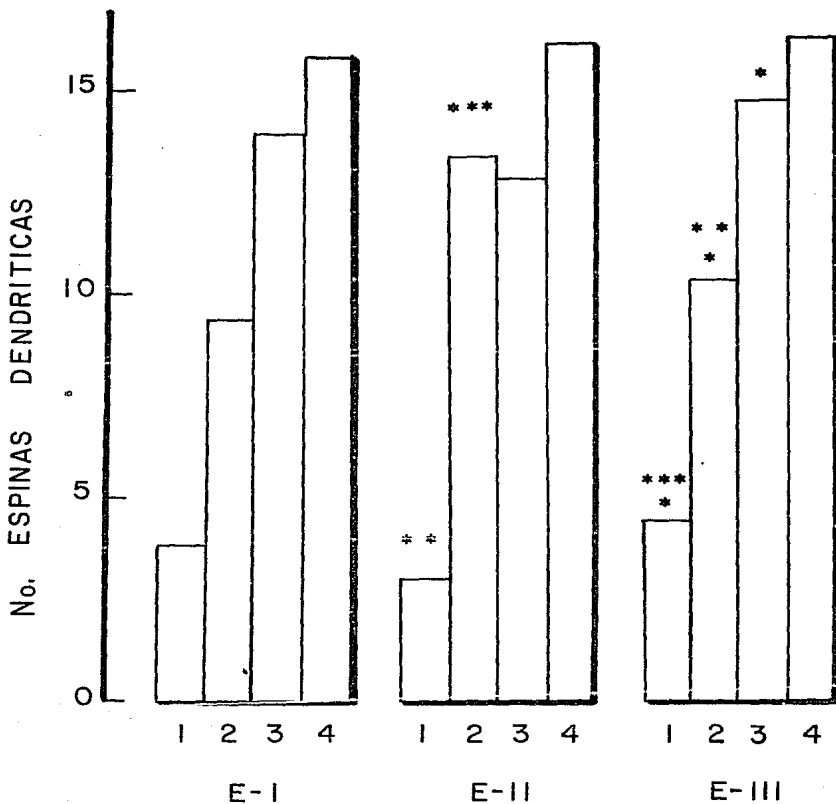


Fig.10 Número de las espinas dendríticas medida en un segmento de 50 micrones en los cuatro círculos, y en los tres estratos. Obsérvese el aumento 5 veces mayor en el número de espinas dendríticas entre los círculos 1 al 4. Las diferencias estadísticas entre los tres estratos y cada uno de los 4 círculos medidos se indican con asteriscos. \* $P < 0,05$ ; \*\* $P < 0,01$  y \*\*\* $P < 0,001$ .

dendríticas, 7 del total de 12 cambios significativos.

Con éste método de cuantificación, diferencial, no solamente pudimos encontrar tres estratos que difieren entre si por la frecuencia de los tres tipos celulares, sino además, que cada una de ellas posee ciertas características cualitativas, en la wulst visual del perico A. canicularis.



## DISCUSION

De acuerdo con Pearson (1970), las aves presentan una gran variedad estructural de la wulst visual, en cada especie inclusive ésta se presenta en cuanto a la citoarquitectura y estratificación, a nivel de Ordenes, por la diversidad de hábitos ecológicos en ellas.

El tectum óptico es enormemente elaborado, las células de las capas superficiales tectales reciben entrada retinal, mientras que las células profundas del estriatum griseo central (EGC), originan los canales eferentes. Las subdivisiones del núcleo rotundus talámico reciben entradas de canales tectofugales y en turno envían información a la región ectoestriatal, todo esto indica que la información visual de este sistema tectofugal está elaborada antes de llegar a los niveles telencefálicos, cuando hay lesión de este sistema el pichón, pierde la capacidad visual de aprendizaje, sin embargo, la conducta de gobierno de patrones conductuales permanece intacta (Figs. 1 y 2), Benowitz (1980).

El sistema talamofugal es el componente secundario importante desde la retina hasta el núcleo talámico dorsomedial, en el área óptico principal, recibe la proyección mayor retinal, al núcleo lateral y al dorsolateral anteriores y dentro de éste último a la porción ventral del mismo y finalmente a la porción ipsilateral de la wulst. Los registros electrofisiológico en la wulst, mostraron características similares a las de la corteza estriada en el gato (Pittigrew

y Konishi 1976; Revzin 1965).

Por otra parte, se sabe por los estudios hechos por Karten y cols., (1973), en el búho Speotyto cunicularia, que la wulst visual presenta tres estratos claramente definidos, cuya citoarquitectura es la siguiente: una capa amplia celular profunda y una capa granular superficial bilaminada prominente, estos investigadores consideraron que los distintos tipos celulares encontrados en la wulst están ampliamente relacionados con el área del estriado externo (hiperestriado).

De acuerdo con nuestros resultados, la wulst del perico se le dividió también en tres regiones; una dorsal, otra medial y una última caudal, a las dos primeras se les considera la wulst anterior o visual, y de ellas escogimos para nuestro estudio la región medial, a la que en los cortes frontales, se le dividió en tres estratos; uno dorsal o superficial, uno medial y un tercero ventral o inferior, por otra parte esta división es congruente con la del búho y la descripción rostro caudal de la wulst en el pichón realizada por Karten y cols., (1973). En nuestras secciones teñidas con Nissl en esta porción medial, se notan distintas capas celulares (Fig. 5 A), así las dos primeras capas pudieran corresponder a la prominente capa granular superficial bilaminada y la última (ventral) a la amplia capa celular de la wulst del búho (Nauta y Karten 1970).

Por otra parte, en nuestro estudio pudimos distinguir

tres tipos celulares que configuran a la wulst visual del perico A canicularis, como células triangulares, multipolares y ovoides, las que se localizan en los tres estratos, además la proporción de cada una varío de estrato a estrato, así el tipo representativo de la porción dorsal fué el multipolar, el de la medial, el tipo triangular y de la porción ventral el tipo ovoide, La representación funcional de esta proporción celular no está aclarada, pudiéndose solo especular de que la pseudoestratificación es similar a la encontrada en el búho. Por otra parte faltaría por aclarar si los tres tipos celulares se les relaciona con ciertos contactos sinápticos de relevo tectofugal de la vía visual de las aves, además, si se les pudiera involucrar en ciertos patrones de conducción retinal específicos.

Desde el punto de vista evolutivo, el origen del hiperestriado, representa la proliferación del estriado externo, que en aves y reptiles ocupa la porción más prominente del telencéfalo, en los mamíferos, se ha modificado en el isocortex, en donde se llevan a cabo las funciones sensoriales y de integración más complejas, desde este punto de vista, ambos, estriado externo e isocortex, son fisiológicamente, equivalentes, ya que en ambos se recibe la información primaria sensorial (visual, auditiva) y se procesa de manera integral (Hodos y Karten 1970).

En el material teñido con Golgi rápido se efectuaron las mediciones morfométricas del tamaño del soma, el cual no tuvo gran-

des variaciones en las células localizadas en las porciones dorsal y medial, sin embargo, cuando se compararon ambos estratos con la porción ventral, entonces se observó una diferencia en el tamaño celular, el cual es más pequeño. En relación al patrón dendrítico de las células de la wulst, éste es diferente para cada estrato así, al efectuar las comparaciones entre el estrato dorsal y medial de las ramificaciones dendríticas primarias, secundarias, terciarias y terminales (Tabla I), se observa en todas las células, una disponibilidad a modificar su estructura dendrítica, aumentando el campo dendrítico, de aspecto simple, pobremente ramificado y con pocas espinas a un aspecto más complejo con campos más ramificados y con mayor número de espinas, con un patrón preferente de contactos sinápticos, aumentando así la superficie dendrítica. Se sabe entonces que las células se especializan para integrar mejor el número de estímulos visuomotores (Karten y cols., 1973).

Acerca de la densidad de las espinas dendríticas se observó que existe un aumento progresivo, desde las ramas primarias hasta las cuaternarias o terminales de 5 veces mayor en los tres estratos. Cuando se efectuaron las comparaciones entre ellos, se observó que las ramas primarias y las secundarias, ambas presentaron el mayor número de cambios morfométricos significativos, entre el estrato dorsal vs el medial, las ramas primarias mostraron un aumento y las secundarias un decremento, y entre los estratos medial y ventral, el cambio sucedió al contrario, es decir, el aumento fué para las ramas prima-

rias y el decremento para las secundarias, finalmente cuando las comparaciones se efectuaron entre los estratos dorsal y ventral, entonces ambas ramas aumentaron su densidad de espinas dendríticas, estos resultados son congruentes con los diferentes tipos celulares encontrados (Tabla I). Así en cada estrato, la población celular probablemente efectuó funciones específicas y como se observa, su maduración va siendo de una manera heterocrónica en los tres estratos, es decir, las células superficiales serían las más especializadas funcionalmente como sucedería en los procesos de maduración cortical en los mamíferos sin embargo, faltarían más estudios que apoyaran esta idea (Fig. 6).

En cuanto a las observaciones de los axones, en algunas células, éstos fueron característicos, como los largos de las células triangulares, cuyas ramificaciones sucedieron en ángulos rectos, en las del estrato medial, particularmente, dirigiéndose al estrato inmediato superior, esto nos permite suponer que la función de estas células sea moduladora, y entonces esta analogía, con las células de los mamíferos, corresponderían a las células Golgi tipo II, las que poseen axones recurrentes y establecen contactos entre la misma célula, es decir, uniones axo axónicas, axo somáticas y axo dendríticas (Karten, 1968). Esta información visual es manejada en la corteza estriada área 17 de los mamíferos particularmente en estos tipos celulares. Al respecto faltarían más estudios experimentales para poder efectuar estas analogías funcionales.

## CONCLUSIONES

10. La wulst visual del perico A. canicularis, presenta tres estratos claramente diferenciados que pueden ser semejantes a la wulst visual de otras aves como pichón, Columba livia y del búho Speotyto cunicularia.
20. En nuestro estudio distiguimos tres tipos celulares, los cuales se encontraron en diferente propoción en cada estrato, así las células multipolares fueron representativas del estrato dorsal, las triangulares del medial y las ovoides del ventral.
30. Los diámetros celulares son iguales entre el estrato dorsal y el medial, difiriendo con el último estrato en donde las células fueron más pequeñas.
40. Se observó una diferencia notable en cuanto al patrón dendrítico de los tres tipos celulares, el cual fué evidente entre los estratos dorsal y ventral.
50. La densidad de las espinas dendríticas tuvo un incremento significativo en las ramas terminales o cuater-

narias en los tres estratos y en los tres tipos celulares.

60.

Finalmente, la wulst visual del perico Aratinga canicularis presenta una organización celular estratificada, constituida por diversos tipos celulares, como se observa en la corteza visual de los mamíferos, y por lo que ambas estructuras, pudieran tener un origen común.

## REFERENCIAS

- Atak, J.R. y Mervin, A.J. Chromatic adaptation in pigeon animal learning. J. Behav., 11 (4): 391-395 (1983).
- Benowitz, L. Functional organization of the avian telencephalon. En: Comparative organization of the telencephalon. S.O.E. Ebbenson (Ed.). Plenum Press New York, (1980).
- Cajal, S.R. Histologie du Système Nerveux de l'homme et des vertébrés. Vol. II, 2a. Imp. C.S.I.C. Madrid, pp. 519-642, (1952).
- Cohen, D.H. y Karten, H.J. The structural organization of the avian brain: An Overview. En: Lesheley Memorial Conference. West Virginia University, pp. 29-45, (1971).
- Corner, M.A y Bakhuis, W.L. Development patterns in the central nervous system of birds. V. Cerebral electrical activity forebrain function and behavior in the chick at the time of hatching. Brain Res., 13: 541-555, (1969).
- Cowan, W.M., Adamson, L., T.P.S. An experimental study of the avian visual system. J. Anat., 95: 545-563, (1961).
- Cuénod, M. Commissural pathways in the interhemispheric transfer of visual misprint in the pigeon. F.O. Smith y T.G. (Eds.), Press cambridge, Mass., pp. 21-29, (1961).
- Diamont, I.T. y Hall, W.C. Evolution of Neocortex. Science. 164: 3:, 877 (1969).
- Díaz-Cintra, S., Cintra, L., Kemper, T., Resnick, O. y Morgane, P.J. Nucleus raphe dorsalis: a morphometric Golgi study in rats of three age groups. Brain Res., 207: 1-16, (1981).
- Erulkar, S.D. Tactile and auditory areas in the brain of the pigeon. J. Comp. Neurol., 103: 421-457 (1955).
- Ewert, J.P., Concepts in vertebrate neurology. Anat. Bev., 33: 1, (1985).



- Hall, W.C., Ebner, E.F., Thalamo-Tlencephalic projections in the turtle (*Pseudemys scripta*). J. Comp. Neurol. 140: 101-122, (1970).
- Hodos, W. Color discrimination deficits after lesions of the nucleus rotundus. In the pigeon. Brain Res., Evol. 2: 185-200, (1969).
- Hodos, W., y Karten, H.J. Brightness and pattern discrimination deficits in the pigeon after lesions in the nucleus rotundus. Exp. Brain Res., 2: 151, (1966).
- Hodos, W., y Karten, H.J. Visual intensity and pattern discrimination deficits after lesions of ectostriatum in pigeon. J. Comp. Neurol., 140: 53, (1970).
- Hubert, G.C. y Crosby, E.C. The nuclei and fiber paths of the brain telencephalon and fiber paths of the brain diencephalon, with consideration of the telencephalic and certain mesencephalic centers and conections. J. Comp., Neurol. 48: 1-225 (1929).
- Hunt, S.P., Streit, P.H., Kunzle, Cuénod, M. Characterization of the pigeon itsmo-tectal pathway of selective uptake and retrograde movement of radio compounds and by Golgi-like horseradish peroxidase labeling. Brain Res., 129: 197-212, (1972).
- Jhonston, J.B. The cell masses in the forebrain of turtle *Cistudo carolina*. J. Comp. Neurol., 25: 393-468, (1915).
- Kalisher, O., Das Grosshirn der papagein in anatomischer und physiopathologie. Besilhung. Abb. Kon. Preuss. Akad. Wiss., 4: (1), (1905).
- Kappers, C.U.A., Hubert, G.C. y Crosby, E.C. The Comparative Anatomy of the Nervous System of the Vertebrate Including Man. 2 Vols. New York, (1936).
- Karten, H.J. Projection of the cerebellar nuclei of the pigeon (*Columba livia*). Anat. Rec., 148: 297-298, (1964).

- Karten, H.J. Projections of the optic tectum of the pigeon (Columba livia). Anat. Rec., 148: 297-298 (1965).
- Karten, H. The ascending, auditory pathway in the pigeon (Columba livia). II. Telencephalic projections of the nucleus ovoidalis thalami. Brain Res., 11: 134-153, (1968).
- Karten, H.J., y Hodos, W. The afferent connections of the nucleus rotundus in the pigeon. Brain Res., 2: 268, (1966).
- Karten, H.J. y Hodos, W. Telencephalic projections of the nucleus rotundus in the pigeon (Columba livia). J. Comp. Neurol., 140: 35, (1970).
- Karten, J.H., Hodos, W., Nauta, J.W. y Revzin, M.A. Neural connections of the avian telencephalon. Experimental studies in pigeon (Columba livia) and owl (Speotyto cunicularia). J. Comp. Neurol., 150: 253-278, (1973).
- Karten, H.J., y Nauta, J.W. Organization of retino-thalamic projections in the pigeon and owl. Anat. Rec., 160: 373, (1968).
- Karten, J.H., Revzin, M.A. The efferent connections of the nucleus rotundus in the pigeon. Brain Res. 2: 368-377, (1966).
- Kreigsten, R.A. y Dishert, A.M. Morphological classification of cortical neurons. In cell culture. J. Neurosci. 3 (8): 1634-1647, (1983).
- López-García, C., Soriano, E. Molowny, N. y García Verdugo, J.M., Berbel, P. y Regidor, H. The time, Positive system of axonil terminals of the cerebral cortex of lacerta. En: Ramón y Cajal Contributions to the Neurosciences. Grisola, Guerri, Samson Norton y Reinozo-Suárez (Eds.), (1970).
- Marshall, J.A. Biology and Comparative Physiology of Birds. Academic Press New York y London. Vol. II, (1961).
- Moruzzi, G., Problems in Cerebellar Physiology. Charles C. Thomas (Eds.), Springfield, Illinois, USA, (1950).

Nauta, W.J.H. y Karten, H.J. A general profile of the vertebrate brain with sidelights on the ancestry of cerebral cortex. En: The Neuroscience: Second Study Program, F.O. Schmith (Ed.) Rockefeller University Press, New York. pp. 7-26, (1970).

Northcutt, R.G. Evolution of the telencephalon in non mammals. Ann. Rev. Neurosc. 4: 301-350, (1981).

Orrego, F., y Lisenby, D. The reptilian forebrain IV. Electrical activity in the turtle cortex. Arch. Ital. Biol., 100: 17-30, (1962).

Papéz, J.W., Comparative Neurology, T. Crowell Co. (Ed.), p. 518, (1929).

Pearson, R. The Avian Brain. Academic Press, London, New York, (1970).

Pittegrew, J.D. y Konishi, M. Neurons selective for orientation and binocular disparity in the visual wulst of the barn owl (Tyto alba). Science, 193: 675, (1976).

Portmann, A. y Stingelin, W. The central nervous system. En: The biology and Comparative Physiology of Birds, Vol.1, A.J. Marshall (Ed.), Academic Press New York, pp. 1-36, (1961).

Revzin, A.M. Some characteristics of wide field brain. Brain Behav., Evol. 3: 195 (1965).

Revzin, A. M. Specific projection area in the hyperstriatum of the pigeon. (Columba livia). Brain Res., (Short Comm.), 15: 246-249, (1960).

Revzin, A.M. y Karten, H.J. Rostral projections of the tectum, optic and nucleus rotundus in the pigeon, Brain Res., 3: 264-276, (1966/67).

Rogers, F.T., Studies of the Brainstem. VI. An experimental study of the corpus striatum of the pigeon as related to various types of behavior. J. Comp. Neurol., 35: 21, (1922).

Sholl, A.D. Dendritic organization in the neurons of visual and motor cortices of the cat. J. Anat. 87 (4): 387-407, (1953).

Stingelin, N. Verglychend morphologische untersuchungen am vorderhirn del Vorgel auf cytologischer und cytoarchitektonioschi. Grundlage Verloy Heblung and Sichtelahan. Banl. (1958).

Vasconcelos-Dueñas, I., Neurobiología del Sueño en el perico Aratinga canicularis. (Tesis Doctoral), UNAM. (1985).

Vasconcelos-Dueñas, I., y Ayala, G.F. Filogenia del sueño. Sueño en aves. Inst. Invest. Bioméd. Vol. 33: (en prensa).

Vasconcelos-Dueñas, I., Díaz-Cintra, S., Salgado, B. E., Cintra, L. y Ayala, G.F. Actividad hipnográfica y estudio neuroanatómico del área corticoide en el perico Aratinga canicularis. Arch. Biol. Exp. de Chile. (en prensa).

Young, J.Z. La vida de los Vertebrados. Omega (Ed.) Barcelona, España, 1980, pp. 354-436.