

13/75

**ESTUDIO CITOMORFOMETRICO
EN LAS NEURONAS DEL
NUCLEO GENICULADO LATERAL
DORSAL DEL RATON ALBINO**

M. DEL VALLE OSTOS GARRIDO



BIBLIOTECA
FACULTAD DE CIENCIAS
GRANADA
Estante 112
Tabla 11
Núm. 138

FACULTAD DE CIENCIAS
BIBLIOTECA
GRANADA

Esta tesis fue leída el día 31 de Enero de 1980; ante el tribunal formado por los Pro fesores: Carrato Ibañez, Marín Girón, Abadía Fenoll, Aijón Noguera y Navascués Martínez. Obtuvo la calificación de "Sobresaliente cum laude".

R. 52109

T
11
120

Universidad de Granada
Facultad de Ciencias
Departamento de Citología e Histología

ESTUDIO CITOMORFOMETRICO EN LAS
NEURONAS DEL NUCLEO GENICULADO
LATERAL DORSAL DEL RATON ALBINO

Trabajo presentado por
M^a del Valle Ostos Garrido,
Licenciada en Ciencias Bio-
lógicas, para optar al gra-
do de Doctor.

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
GRANADA
Nº Documento 619596753
Nº Copia 121177557

El Director del Departamento de Citología
e Histología de la Facultad de Ciencias de
la Universidad de Granada

CERTIFICA:

Que el presente trabajo ha
sido dirigido por los Profesores Francisco
Abadía Fenoll, Catedrático de la Asignatura
y Julio Navascués Martínez, Agregado de la
Asignatura.

A mi marido

A mi hijo

Agradezco al Prof. F. Abadía Fenoll, Catedrático y Director del Departamento de Citología e Histología, al Prof. J. Navascués Martínez y al Prof. A. Rios Guadix, la dirección y ayuda recibidas para la realización de esta tesis.

Mi agradecimiento a la Srt^a. M^a Josefa Vidal Sánchez, por la confección del manuscrito.

I N D I C E

	pgs.
INTRODUCCION	1
SITUACION BIBLIOGRAFICA	11
A: Procedimiento estereológico	12
1: Cálculo de volúmenes	12
2: Determinación den nº de neuronas	17
B: Núcleo geniculado lateral	24
1: Desarrollo ontogénico	25
2: Estudios citoarquitectónicos	32
3: Estudios experimentales	45
4: Diferenciación de tipos celulares	54
PLAN DE TRABAJO	68
MATERIAL Y METODO	71
1: Material empleado	72
2: Preparación del material para la técnica de tinción	76

3: Técnica de tinción	80
4: Delimitación del Núcleo y determinación del Nº total de neuronas	84
5: Determinación de parámetros celulares: medios de observación y procedimientos empleados ...	99
6: Estudios comparativos	114
7: Estudio de poblaciones neuronales	119
RESULTADOS	122
1: Morfología general de la zona objeto de estudio	123
2: Resultados obtenidos tras la aplicación de la técnica de tinción	131
3: Determinaciones volumétricas y cálculo del Nº total de neuronas	136
4: Valores de los parámetros celulares analizados	141
5: Resultados obtenidos al relacionar y compa- rar parámetros entre si	199
A: Establecimiento de correlaciones	200
B: Comparación de parámetros entre si	241
6: Determinación de poblaciones celulares	286

DISCUSION Y COMENTARIO	311
1: Comentario sobre la morfología del Núcleo geniculado lateral	312
2: Comentario a la metodología técnica	314
3: Comentario de los resultados	321
A: Valores medios de los distintos parámetros	322
B: Proporción entre los distintos parámetros	328
C: Análisis de las correlaciones encontradas ...	334
D: Análisis de poblaciones celulares	339
CONCLUSIONES.....	346
BIBLIOGRAFIA	350

INTRODUCCION.-

El conocimiento del Sistema Nervioso se ha desarrollado considerablemente en los últimos años, siendo abundante la literatura existente sobre morfología y fisiología de dicho Sistema, sin embargo los aspectos íntimos de su funcionamiento no están aún lo bastante claros.

Con el fin de rellenar algunas de las lagunas existentes en el conocimiento de la morfología del cerebro hemos realizado el presente trabajo centrado en el estudio del Sistema Visual. La elección del citado Sistema como objeto de nuestra atención se debe a que representa una zona del Sistema Nervioso concreta y bien delimitada, sobre la que ya se viene trabajando algún tiempo en el departamento.

Ontogenicamente el Sistema Nervioso Central procede del ectoblasto. En una fase muy precoz del desarrollo, antes de formarse el primer somita aparece el primer esbozo morfológico del Sistema Nervioso, constituido por un engrosamiento del ectoblasto que ocupa la línea media dorsal del embrión. A partir de este momento se pueden distinguir en el ectoblasto 2 porciones: una media impar, más gruesa, el neuroectoblasto y otras laterales y simétricas, más delgadas, que forman el epiblasto, origen de la epidermis y órganos de los senti-

dos, excepto el de la vista, que procede del mismo Sistema Nervioso, ya que la retina en los Vertebrados no es más que una porción nerviosa central que se ha hecho superficial y que se ha especializado para recibir las sensaciones fotónicas.

MORFOLOGIA GENERAL DE LA ZONA.-

En el Sistema Visual de Mamíferos se distinguen tres centros fundamentales: la retina ó estación inicial, el núcleo geniculado lateral ó estación de relevo y la corteza visual ó estación final. Cada una de estas estructuras nerviosas es doble y se encuentran representadas en ambas regiones, derecha e izquierda del cerebro.

La porción óptica de la retina es una membrana que recubre la superficie interna de la cúpula óptica, con excepción de su parte más periférica.

La retina se compone fundamentalmente, a parte de las células de sosten y asociación, de tres neuronas superpuestas que entran en conexión entre si; la neurona externa es el fotoreceptor propiamente dicho, capaz de transformar las ondas luminosas en impulsos nerviosos y transmitir la sensación a la neurona media. Son

células muy diferenciadas, en las que se puede distinguir una parte interna, en que se encuentran los núcleos dispuestos en 4 ó 5 estratos, que forman la lámina granular externa. Su prolongación externa afecta dos formas distintas, los bastones y conos, la interna ó neurita entra en sinapsis con las dendritas de la segunda neurona para formar la lámina plexiforme externa.

La neurona media es una célula bipolar, tanto su prolongación periférica como la central terminan en la retina misma. La periférica se une con los axones de los conos y bastones, la central establece conexión con la neurona interna ó célula ganglionar. Los núcleos de las células bipolares, juntos y dispuestos en varias capas, forman la lámina granular interna, mientras que la conexión de su prolongación central con la periférica de las células ganglionares constituye la lámina plexiforme interna.

La neurona interna ó célula ganglionar es de mayor tamaño que los dos tipos antes mencionados, son células multipolares y bipolares. Sus prolongaciones periféricas ó dendritas muy cortas, entran en relación con la prolongación central de las células bipolares, mientras que su prolongación axónica, que sale del polo central de la célula, forma, junto con las de las demás células ganglionares una capa de fibras que viene a cons

tituir el fascículo óptico.

Los nervios ópticos se extienden pues desde el globo ocular al quiasma óptico, son oblicuos en dirección medial y dorsal y no rectilíneos sino ligeramente curvos. Estos fascículos ópticos se reúnen con los del lado opuesto para formar el quiasma óptico. Este forma una zona de fibras, situada en la parte rostral del infundíbulo, desde aquí salen las cintillas ópticas ó tractos ópticos. En el quiasma, las fibras de las mitades nasales de ambas retinas ocupan su parte central, flanqueadas lateralmente por las fibras temporales. Las procedentes de los cuadrantes superiores de las retinas ocupan su parte superior, y la inferior, las que vienen de los inferiores.

En el tracto óptico, de un lado, se reúnen, por lo tanto, fibras procedentes de ambas retinas, así en el derecho, las fibras que vienen de las mitades de rechas, ó sea, las temporales del ojo derecho y las nasales del izquierdo, lo contrario sucederá en el tracto óptico izquierdo.

Los tractos ópticos parten en dirección lateral y dorsal, rodean hacia afuera la cara basal del mesencéfalo, a nivel del pie del pedúnculo cerebral y antes de alcanzar su cara dorsal se dividen en varias ra-

mas. La rama lateral, la más ancha e importante, desaparece en el relieve del cuerpo geniculado lateral, la medial, mucho más fina, en el cuerpo geniculado medial, mientras que algunas fibras rodean el pie del pedúnculo y penetran en el mesencéfalo formando la radiación óptica mesencefálica. (Orts Llorca, 1972).

El núcleo geniculo lateral es la estación de relevo de las vías ópticas y el centro óptico primario. En su parte lateral termina la mayor parte del tracto óptico. De sus células salen fibras, la mayoría de ellas van a la corteza visual formando el fascículo geniculocortical ó calcarino, las fibras de este fascículo proporcionan pues conexiones con las células corticales. De esta forma cada núcleo geniculado lateral se proyecta sobre las áreas visuales homolaterales (Minkowski, 1913; Waller y Barris, 1937; Wilson y Cragg, 1967).

En la parte lateral del cuerpo geniculado el fascículo geniculocalcarino es compacto y ocupa la parte más dorsal ó posterior de la capsula interna. A partir de aquí sus fibras divergen, por lo que se le denominan radiaciones ópticas. En su trayecto hacia la corteza, las fibras de las radiaciones ópticas muestran una determinada ordenación, las más anteriores y basales llevan las fibras de la parte anterior de la retina, las

más posteriores y dorsales, las de la parte superior.

Las proyecciones desde el Núcleo Genuculado lateral se realizan sobre las áreas que componen la corteza visual y está organizada tópicamente, de manera que las partes anterior y posterior del Núcleo genuculado lateral se proyectan, respectivamente, sobre las regiones anterior y posterior de cada área visual. Como por otra parte, la proyección retiniana sobre el núcleo genuculado lateral también está tópicamente organizada, se ha podido determinar que los cuadrantes superiores de la retina tienen su representación en las partes anteriores de la corteza visual, mientras que los cuadrantes retinianos inferiores se proyectan a las partes posteriores de la corteza visual. Estas relaciones entre la retina y la corteza visual fueron demostradas en conejo y hombre, por Putnam (1926). Putnam y Putnam (1926). Fukuda y Sugitani en una serie de trabajos realizados en la corteza visual de la rata identificaron en ella el área 17 por el embalaje denso de células granulares en la capa IV y por la escasez de células en la capa V, en comparación con la capa V en el área 18. La localización del área 17 es similar a la seguida por Krieg (1946); Adams y Forrester (1968) y Montero y col.(1973). Con el estudio de las proyecciones genuculocorticales se ha podido comprobar que el área 18 de la corteza de

la rata aparece análoga al área 18 del gato y de otro modo, no ha sido descrita área en el gato con parecido análogo al área 18a de la rata. Esta área, parecida al área 18 de la corteza visual del mono es la responsable visualmente y ocupa un lugar adyacente al área 17.

La presente investigación examina el núcleo geniculado lateral del ratón. La literatura sobre este núcleo no es tan abundante comparada con los estudios anatómicos y fisiológicos en primates y gatos.

La rata ha sido más utilizada que el ratón en experimentación de la conducta visual, entre los autores que han utilizado este animal se encuentran: Munn ' 50; Silver '67; Rosenberg y Ernst, '71.

Los roedores tienen considerable interés en el estudio de la visión por dos razones:

1ª) Se conocen especies dentro de los roedores con tendencia a una existencia nocturna ó diurna. Además, se ha mostrado en estos animales preferencia de desarrollo de bastones ó conos en la retina, (Detwiler, '42; Wallas '42; Muntz, '67; Michael '68; Jacobs y Yolton, ' 71).

2ª) Han sido demostradas diferencias en la organización de las proyecciones retinales ipsilaterales

entre ratas pigmentadas y ratas albinas. (Sheridan, '65; Lund, '65; Adans y Forrester, '68; Guillery y col. '71; Cunningham y Lund, '71).

En la actualidad se ha llegado a un conocimiento básico sobre la estructura citoarquitectónica del núcleo geniculado lateral dorsal, que permite profundizar en su conocimiento.

Igualmente la utilización de técnicas fisiológicas ha sido ampliamente aplicadas a este núcleo diencefálico. A pesar de estos extensos estudios citoarquitectónicos y fisiológicos, el conocimiento que han aportado acerca del funcionamiento íntimo de la corteza visual es todavía incompleto. Antes de efectuar investigaciones de naturaleza experimental en el Sistema Visual del ratón hemos de tener un conocimiento claro de la morfología y morfometría de los diversos centros visuales y concretamente en nuestro caso del núcleo geniculado lateral dorsal.

El primer paso para un conocimiento de la cuantificación del núcleo geniculado lateral, antes de cualquier otro tipo de estudios, ha de ser la investigación del volumen y número total de neuronas del núcleo objeto de estudio. El núcleo geniculado lateral representa un

lugar del Sistema Nervioso, donde resulta complejo realizar recuentos neuronales debido sobre todo a la irregularidad de su distribución.

Una vez obtenida la situación cuantitativa del núcleo geniculado lateral, nos hemos aplicado a la determinación de diferentes cocientes e índices de correlación entre diversos parámetros celulares, utilizando como método de estudio la obtención de fotografías sobre las que se realizan medidas de los siguientes parámetros:

- Superficie del soma celular.
- Superficie del núcleo celular.
- Superficie del nucléolo.
- Superficie de la heterocromatina asociada al nucléolo.

SITUACION BIBLIOGRAFICA.-

A: PROCEDIMIENTO ESTEREOLOGICO.-

Uno de los problemas más característicos que se encarga de resolver la ciencia de la Estereología es el del cálculo del volumen de diversas estructuras histológicas, a partir de los datos de superficie obtenidos de una serie de cortes practicados a través de dichas estructuras.

Elias y col. (1971) definen a esta ciencia como la interpretación tridimensional de imágenes bidimensionales, tales como secciones ó proyecciones. De los aspectos que puede resolver la Estereología estos autores describen, entre otras, el cálculo de volúmenes, de áreas superficiales por unidad de volumen ó áreas superficiales absolutas y de longitudes por unidad de volumen ó longitudes absolutas, así como la determinación del número de partículas por unidad de volumen y la distribución de tamaños de partículas. Estos problemas son ampliamente discutidos por Haug (1970, 1972) y Weibel y Elias (1967a, 1967b).

1.- Cálculo de volúmenes.

Fue Delesse (1848) el primer investigador que

determinó volúmenes a partir de secciones. Consideró sólidos de formas irregulares, que seccionó en una serie de cortes de un grosor determinado; medía después las respectivas áreas de cada corte y a continuación multiplicaba la suma de estas superficies calculadas por el grosor de los cortes. De esta forma hallaba el volumen del sólido en cuestión. En este principio se apoyan todos los autores que desde entonces han abordado esta cuestión, los cuales han seguido fundamentalmente 5 maneras de proceder, que describimos a continuación.

- Born en 1883 introduce un método que se basa en la reconstrucción de placas de cera, el empleo de este método ha sido bastante reducido debido a su falta de exactitud.

- Un método todavía primitivo, pero más exacto es el introducido por Hammar (1914, 1926). Consiste en dibujar sobre una cartulina los contornos de la estructura que estudiamos, a partir de las diversas secciones donde está contenida; posteriormente las figuras son recortadas y pesadas. En la misma cartulina se dibuja un cuadrado que representa una superficie de $1 \mu^2$ y se pesa igualmente. La relación entre los pesos de las figuras recortadas y el peso de la cartulina que

representa $1 \mu^2$ nos ofrece la superficie total de las secciones valoradas, que al multiplicar por el grosor de dichas secciones se transforma en el volumen de la estructura que tratábamos de determinar.

Con este metodo, Stephan (1967) consiguió determinar el volumen de cerebros.

- El tercer método fue desarrollado por Gla-goleff en 1933 para estudios mineralógicos, posteriormente fue aplicado por Chalkley (1943) a estudios de estructuras biológicas.

En este método los cortes obtenidos a partir de una estructura son valorados de la siguiente forma: la imagen obtenida por la proyección de un corte se cubre con una lámina sobre la que se representan puntos dispuestos a distancias regulares. Cada punto se corresponderá con una cierta superficie de la lámina. Dentro del contorno ofrecido por la imagen del corte se situaran un conjunto de puntos, de los señalados en la lámina. El volumen del corte se determina multiplicando el área que corresponde a un punto por el número de puntos situados dentro del contorno de dicho corte y por el grosor de éste. Por último, el volumen total de la estructura se establece mediante la suma de los volúme-

nes correspondientes a cada corte.

- Rosival (1898) desarrolló un sistema parecido al anterior, que difiere únicamente en que los puntos son sustituidos por líneas, se establece así una relación entre la longitud total de líneas que caen dentro del contorno de la estructura y el volumen ocupado por ella.

- Un método más exacto que todos los descritos anteriormente y relativamente sencillo de llevar a cabo, basa la determinación de superficies en los cortes histológicos en la utilización del planímetro.

En los métodos de planimetría el primer paso consiste en dibujar sobre un papel el contorno ofrecido por las secciones histológicas de la estructura que se pretende valorar. Esto se puede conseguir de tres maneras diferentes.

1ª) A partir de la imagen ofrecida por fotografías aumentadas de las diferentes secciones. Así fue llevado a cabo por Daron (1960).

2ª) Utilizando una cámara clara. Esta manera de proceder fue empleada por Lassek y Rasmussen (1938) para determi

naciones volumétricas en la sustancia gris de la médula espinal humana, por Dornfeld y col. (1942), para de terminaciones de volumen en ovario de rata y por Konigsmark y col. (1969) para el cálculo del volumen ocupado por el núcleo del sexto par de nervios craneales en el hombre.

3ª) Proyectando, con aumentos suficientes las secciones histológicas. Este es el método más extendido. Entre los autores que lo utilizan destacan Chacko (1948), Harman y Carpenter (1950) y Powell y col. (1957). Una vez obtenidos los dibujos de las diferentes secciones, se deter minan las superficies ocupadas por ellos, esto se lleva a cabo en cada dibujo moviendo el brazo de un planímetro a lo largo del contorno dibujado, a partir de un punto de dicho contorno. Así el dial del planímetro da una lectura que corresponde a la superficie encerrada en cada contorno. Se transforma a continuación las superficies obtenidas sobre los dibujos en superficies reales, teniendo en cuenta para ello los aumentos que hemos utilizado.

La suma de las superficies reales obtenidas en los diferentes cortes histológicos multiplicada por el grosor de ellos, nos calcula el volumen total de la estructura estudiada.

No es necesario valorar las superficies de todas las secciones histológicas obtenidas a lo largo de una estructura, Dornfeld y col. (1942) y Konigsmark y col. (1969) demostraron que determinando dichas superficies en cortes escogidos periódicamente a partir del total y extrapolando los valores resultantes, se puede determinar el volumen total de la estructura con un error mínimo.

2.- Determinación del número de neuronas.

Sobre este aspecto de la Estereología, se encuentra en la literatura gran cantidad de referencias. Los diferentes autores que han realizado investigaciones cuantitativas han empleado una notable diversidad de métodos.

El método fotográfico es probablemente el menos exacto para los recuentos neuronales y es el menos utilizado. Entre los autores que lo han empleado podemos citar a Von Economo y Koskinas (1925), Bouman (1928) y Tower (1954).

La inexactitud de este método se debe a que algunas células, que existen en el corte, no aparecen en la fotografía, puesto que quedan desenfocadas y ade-

más no se pueden utilizar aumentos suficientes para diferenciar claramente entre neuronas pequeñas y células gliales.

Otro método de recuento fué introducido por Ryzen (1956), para el cálculo del número de neuronas tiene en cuenta la densidad óptica ofrecida por los cortes histológicos teñidos. Este método se basa en la utilización de un microfotómetro y es poco empleado.

Se puede llegar a determinar el número de neuronas de una determinada región cerebral a partir de homogenados de dicha zona, en una cámara hemocitométrica. Este método fue desarrollado por Heller y Elliot (1954) y no distingue entre neuronas y células gliales.

Existen métodos automáticos de recuento, mediante la utilización conjunta de un microscópio, un televisor scanning y un computador. Este fué el sistema empleado por Causley y Young (1955). Estos métodos ofrecen la ventaja de su rapidez y poca laboriosidad pero son más inexactos que los recuentos directos.

Los métodos de recuento más exactos son aquellos que se realizan directamente sobre la imagen, aumentada, que ofrece el corte histológico.

Se pueden distinguir 2 sistemas de recuento directo, según la forma de obtener la imagen: de proyección y micrométrico-oculares.

En la técnica de proyección, los recuentos se realizan sobre la imagen proyectada del corte histológico mediante la utilización de un microproyector.

La pantalla sobre la que se proyecta la imagen de la sección histológica ha de subdividirse en cuadrados, realizandose los recuentos sobre cada cuadro. Conociendo la superficie real, en el corte, con la que se corresponde cada cuadrado de recuento y multiplicandola por el grosor del corte se puede establecer el volumen en el que se contienen las neuronas contadas.

Esta técnica ha sido utilizada por, Bianchi (1942), Sullivan y col. (1958) y Escobar y col. (1968).

Las técnicas micrométrico-oculares son las más exactas aunque de gran laboriosidad. A pesar de ello, han sido las más utilizadas.

Esta técnica se utilizó ya en el siglo pasado (Hammarberg, 1895);(Thompson, 1899) y su empleo se continua hasta nuestros días.

Con esta técnica, los recuentos se llevan a cabo directamente mediante observación en el microscópio, utilizando una retícula interpuesta en el ocular que acota el campo de observación.

Se determina el número de neuronas que aparecen en cada uno de los cuadrados de la retícula y se calcula la superficie que corresponde a cada cuadrado. Con esto, y conociendo el grosor del corte, se puede establecer el número de neuronas por unidad de volumen. Esta técnica ha sido ampliamente utilizada por Konigsmark (1970) y Haug (1970,1972).

En estas técnicas de recuento para llegar a resultados precisos, hay que tener en cuenta diversas cuestiones:

a) Retracciones tisulares producidas por la fijación e inclusión.

Todas las técnicas utilizadas para la obtención de preparaciones histológicas producen retracciones en el tejido. Por tanto, los valores del volumen sobre los que se llevan a cabo los recuentos han de ser corregidos previamente de acuerdo con el grado de retracción del tejido. Si esto no se realiza, el número de neuronas obtenido para un volumen determinado serán superiores a los reales.

b) Grosor del corte: Para realizar recuentos es conveniente hacerlo sobre cortes bastante gruesos hasta un límite, de 40μ , según Hang (1970), que viene determinado por la óptica de los microscópios y la calidad de la tinción.

El mayor grosor de los cortes facilita el que las estructuras que se contabilicen aparezcan contenidas en un solo corte y no puedan contarse más de una vez.

Este criterio general puede variar según el tipo de estructura que elijamos como unidad de recuento. Así pues, el grosor de la sección viene determinado por su relación con el tamaño de la estructura tomada como unidad de recuento.

Entre los autores se han desarrollado fórmulas para corregir la sobrecuantía neuronal debida a la contabilización de la misma estructura en más de un corte. Entre ellos destacan Agduhr (1941); Floderus (1944); Abercrombie (1946); Marrable (1962); Haug (1967) y González-Pareja-Abadía (1975).

c) Tipo de tinción:

Para la realización de recuentos neuronales es necesario la elección de una técnica que mantenga

una constancia de la imagen ofrecida, que dé una diferenciación entre las neuronas y otros tipos celulares y que resalte la estructura elegida como unidad de recuento.

De acuerdo con estas consideraciones la técnica empleada ha sido la del verde de metilo pironina.

d) Aumentos a que se trabaja:

Se puede afirmar, en general, que los recuentos han de llevarse a cabo utilizando grandes aumentos. No obstante, los aumentos concretos a utilizar vienen definidos por el grosor de la sección, el tamaño de las neuronas, la densidad de la población neuronal etc.

Con relación a los recuentos, se encuentran en la literatura aumentos que van desde 50x (Hall, 1962) hasta 1000x (Ebbesson, 1968).

e) Muestreo efectuado sobre el tejido objeto de estudio.

Puesto que la zona en la que se quiere determinar el número de neuronas es suficientemente amplia, hemos de proceder a elegir a partir de ella, una muestra sobre la que se realizan los recuentos.

La elección de una muestra mayor ó menor depende del material con el que se trabaja. Konigsmark y col. (1969) en un estudio realizado en el núcleo del sexto par de nervios craneales, llegan a la conclusión de que la elección de muestras periódicas de cortes histológicos, a partir del total de ellos donde esté contenida la zona que se estudia, ofrece mayor seguridad que la utilización de cortes al azar.

f) Unidad de recuentos elegida:

Como unidad de recuento se pueden utilizar tres elementos neuronales: soma neuronal, núcleo y nucléolo. Puesto que cada neurona posee un soma y un solo núcleo, estos pueden tomarse como representantes de la totalidad de la neurona.

Para el caso del nucléolo, esto es válido siempre que de cada neurona elegida se contabilice solamente uno de estos elementos. El nucléolo es la estructura que menos errores origina en el recuento, ya que por su pequeño tamaño, presenta menor probabilidad de ser seccionado, apareciendo en dos secciones histológicas diferentes. Además el empleo del nucléolo requiere la utilización de cortes más delgados.

Las tres estructuras han sido muy utilizadas



como unidad de recuento. Autores como Lassek (1940), Chacko (1948), Braitenberg y Atwood (1958), Sullivan y col. (1958) y Escobar y col. (1968) toman el soma neuronal como unidad de recuento. Thompson (1899), Abercrombie (1946), Chow (1951), Irving y Harrison (1967) etc. utilizan el núcleo y Hatai (1902), Jones (1937), Cavanaugh (1951), Ebbeson y Tang (1965), Cragg (1967), Konigsmark y col. (1969) y Hang (1972) entre otros utilizan el nucléolo.

Entre los diferentes autores, los hay que utilizan fórmulas de corrección para compensar los efectos del seccionamiento de la unidad de recuento elegida, obteniendo resultados más exactos que aquellos otros autores que no emplean las fórmulas antes mencionadas.

B: NUCLEO GENICULADO LATERAL.

El núcleo geniculado lateral como ya hemos expuesto con anterioridad representa una estación de relevo de las vías ópticas en su camino hacia la corteza visual.

Este núcleo ha sido ampliamente investigado por parte de numerosos autores los cuales han abordado

su estudio desde distintas perspectivas. Así tenemos:

- Estudios sobre el desarrollo ontogénico del núcleo.

- También se cuenta con diferentes estudios encaminados a la determinación de la estructura citoarquitectónica de dicho núcleo.

- Igualmente se han realizado experimentaciones en el núcleo cuyo principal objeto ha sido la determinación de sus conexiones.

- Se han estudiado las relaciones funcionales, mediante la aplicación de microelectrodos y se cuenta además con gran cantidad de trabajos cuya finalidad ha sido la diferenciación de tipos celulares en el cuerpo geniculado lateral.

1.- Desarrollo Ontogénico

Desde el trabajo clásico de Bianchi ('09), varios estudios han sido realizados sobre el desarrollo ontogénico del diencéfalo en mamíferos inferiores por varios autores: Fortuyn ('12), Miura ('33), Kaneko ('40), Rose ('42) y Ströer ('56).

En estados primitivos del desarrollo del ratón el diencéfalo consta de una capa celular densa. Gradualmente y con el desarrollo progresivo esta capa se hace gruesa e inicia la diferenciación en 3 capas celulares.

En el desarrollo ontogénico del diencéfalo del ratón, se puede distinguir 3 estados:

En el primer estado, desde los 10 a los 12 días de gestación, el diencéfalo consta de una sola capa celular densamente colocada, siendo dividida en 4 zonas por Herrick's, epitálamo, tálamo dorsal, tálamo ventral e hipotálamo, separadas por el surco ventricular, surcos diencefálicos dorsal, medio y ventral.

El segundo estado está representado por embriones desde el 13 al 15 día de gestación. Este es el estado de diferenciación en capas. En él la primitiva capa celular se diferencia en una capa germinal, una capa manto y una capa marginal. Se inicia en este estado una lámina celular libre, la zona limitante intratálamica (Kuhlenbeck), que corresponde al límite entre el tálamo dorsal y el ventral. Kuhlenbeck ('30) supone que esta lámina puede ser la lámina medular interna en el adulto. Por el contrario Miura ('33) la considera como la lámina medular externa.

Al fin de este estado, las capas celulares del diencéfalo inician la diferenciación en núcleos.

Rose ('42) apunta que la diferenciación nuclear en el diencéfalo progresa generalmente en dirección cefalocaudal.

En el tercer estado, desde el día 16 de gestación al estado postnatal, la estructura en capas del diencéfalo se hace indistinta y los núcleos diencefálicos son generalmente formados.

El tálamo dorsal se diferencia relativamente tarde, mientras que el hipotálamo, tálamo ventral y epitálamo se diferencian más temprano. Este hecho ha sido mencionado por varios autores: Grünthal ('30), Gilbert ('35), Papez ('40), Dekaban ('54) y otros.

Bianchi ('09) apunta que el desarrollo embriológico del conejo progresa muy lentamente en la primera mitad del estado embriónico pero rápidamente en estados más avanzados. Esto se ve más claramente en el embrión del ratón, como apunta Kaneko ('40). Se afirma que el desarrollo embriológico en el ratón es generalmente más lento que en otros mamíferos y no es aún suficientemente avanzado en el nacimien-

to. Este hecho es de una gran significación al comparar el desarrollo ontogénico del ratón con el de otros mamíferos.

Desde el tálamo dorsal se origina entre otros núcleos talámicos, el núcleo geniculado lateral dorsal.

El tálamo dorsal se distingue ya a los 10 días de gestación. Después del día 11 se muestra más avanzado en diferenciación, conteniendo células de tamaño medio, casi ovals y colocadas no muy densamente.

A los 12 días de gestación, esta región se puede dividir en partes medial y lateral. La parte medial consta de células pequeñas, colocadas laxamente, mientras que la parte lateral está compuesta de células grandes, colocadas densamente.

A los 13 días en el tálamo dorsal aparecen unas expansiones y se da la diferenciación en tres zonas ó bandas: una zona germinal interna, una zona germinal externa y una capa manto. En la zona media, dentro de la germinal interna las células están colocadas estrechamente y aparecen teñidas extremadamente oscuras, mientras que en la zona lateral las

células aparecen menos intensamente teñidas y colocadas también densamente, estas zonas se distinguen con dificultad.

Lateral a la zona germinal interna está la zona germinal externa que consta de células menos profundamente teñidas y colocadas relativamente densas.

Más lateral a la zona germinal externa, se encuentra la capa del manto que consta de células ligeramente teñidas, colocadas laxamente y que incrementan en tamaños caudalmente.

En este estado el margen lateral de la capa del manto forma una banda compacta de células que es considerada como la precursora del cuerpo geniculado lateral dorsal.

El límite entre la zona germinal externa y la capa del manto, especialmente en la mitad rostral del tálamo, aparece poco señalada debido a las fibras del haz lateral "forebrain". Esta zona es la que corresponde a la zona celular intermedia de Miura ('33) ó a la zona limitante de Rose ('42).

Existe abundante literatura sobre la dife-

renciación en zonas en el tálamo dorsal. Bianchi ('09) distingue en el tálamo dorsal 4 zonas: a, b, c y d, de modo que la zona "a" probablemente corresponde a la zona germinal y la zona "c" a la capa del manto.

Fortuyn ('12) divide el tálamo dorsal en zona medial y lateral que corresponde a la zona germinal y la capa del manto. Estas partes son también idénticas en términos generales al área celular interna y externa de Miura ('33) y Kaneko ('40), una capa matriz y una capa manto de Rose ('42) y capa ependimal y capa del manto de Cooper ('50), así como una capa germinal y una del manto de Dekaban ('54). Fortuyn aporta que los núcleos laterales y el cuerpo geniculado lateral dorsal derivan de la zona lateral.

Miura señala que el cuerpo geniculado lateral dorsal y el núcleo posterior tienen su origen en el área celular externa. Nakamura ('54) estudia en detalle la ontogénesis del núcleo talámico humano. Según él, la capa del manto se diferencia en núcleo lateral dorsal, núcleo ventral, cuerpo geniculado lateral dorsal y cuerpo geniculado medial dorsal. A los 13 días de gestación, la capa del manto es fácilmente distinguible y en ella los precursores del cuerpo geniculado lateral dorsal y del cuerpo geniculado medial

dorsal se reorganizan. A medida que el desarrollo progresas, esta capa incrementa en espesor y densidad celular y se delimita de la zona germinal externa con dificultad, sin embargo esta delimitación es relativamente facil a nivel caudal.

El precursor del cuerpo geniculado lateral dorsal puede distinguirse a los 13 días de gestación como una banda compacta de células, situada en el margen lateral de la capa del manto.

Después del 15 día aparece claramente separada de los otros núcleos talámicos por una delgada lámina. Durante los días 17 y 18 el cuerpo geniculado lateral dorsal muestra una marcada progresión en el desarrollo y representa durante todo él, la mayor extensión en dirección rostrocaudal, pero en estados subsiguientes estos núcleos, particularmente en su porción rostral se reducen. Después del nacimiento son laxos en cuanto a número de células se refiere, con la excepción de la parte más lateral donde se puede observar un área celular densa.

El cuerpo geniculado lateral dorsal aparece en el estado primitivo de la ontogénesis, esto puede estar de acuerdo en algún grado con su aparición en fi-

logénesis, donde este núcleo aparece ya en vertebrados inferiores.

Desde el tálamo ventral se desarrolla el núcleo ventral del cuerpo geniculado lateral y medial.

El primordio del cuerpo geniculado lateral ventral se distingue a los 15 días de gestación y aparece colocado ventral al cuerpo geniculado lateral dorsal, del cual está separado por una delgada lámina. Durante los días 17 y 18 de gestación este núcleo alcanza la cumbre de su desarrollo y en estados siguientes es desplazado gradualmente en la zona caudal. Al cuarto día después del nacimiento aparece más reducido y denso, pero a los 10 días después del nacimiento se extiende más rostralmente que en el adulto. El Cuerpo geniculado lateral ventral suele generalmente ser viejo filogenéticamente. En la ontogénesis del ratón está mejor desarrollado en el estado embriológico más adelantado y experimenta una reducción gradual.

2.- Estudios citoarquitectónicos

El cuerpo geniculado lateral forma un relieve

ve en la parte dorsal y basal del tálamo, por debajo del pulvinar. En su parte lateral, termina la mayor parte del tracto óptico, medialmente se encuentra unido al tubérculo bigémino craneal del mesencéfalo (colliculus rostralis) por un relieve llamado brazo conjuntival anterior (brachium colliculi rostralis).

En el hombre se puede afirmar que todas las fibras que llegan al cuerpo geniculado lateral por el tracto óptico terminan en él y después de interrumpirse aquí continúan su trayecto hacia la corteza visual.

Algo muy distinto sucede en los vertebrados inferiores en los cuales el centro visual es el colliculus rostralis del mesencéfalo, al que por este motivo se le llama tectum ópticum. Este es enorme en las aves, en las que falta una continuación de estas vías ópticas hacia la corteza cerebral, que por otra parte, casi no existe, pues el telencéfalo lo constituyen casi exclusivamente los ganglios de la base. Sólo en los mamíferos, al adquirir gran desarrollo el manto cerebral, se continúa la vía óptica hasta la corteza y a su vez, la estación de enlace se traslada del colliculus rostralis al cuerpo geniculado lateral cuyo desarrollo está en relación con la corteza.

Desde comienzos del siglo, el núcleo geniculado lateral en los roedores ha sido descrito por varios investigadores (Münzer y Wiener, '02; Winkler y Potter, '11; Brouwer, '23; Gurdjian, '27 y otros).

Dentro de este grupo empieza a reorganizarse en el núcleo una parte dorsal y una ventral, separadas ambas por el plexo de fibras. El núcleo está delimitado lateral y dorsalmente por el tracto óptico, ventralmente por el tálamo ventral y medialmente por la parte posterior del núcleo lateral.

En secciones a través de su mayor extensión, la parte dorsal es redondeada u oval en su contorno y presenta un aspecto irregular debido a la presencia en su interior de células entremezcladas con fibras del tracto óptico. No se observa en este núcleo una estructura lamelar.

La parte ventral del Núcleo geniculado lateral en los roedores tiene un tamaño menor que la parte dorsal.

En la rata el cuerpo geniculado lateral es ancho, según Hayhow, Sefton y Webb (1962), mide aproximadamente 2,1 mm anteroposteriormente, 2,3 mm dorso ven-

tralmente y 1,5 mm medio lateralmente (medidas máximas).

Como en todos los mamíferos, en el Núcleo geniculado lateral de la rata consta de las 2 divisiones antes mencionadas: parte dorsal y parte ventral, separadas ambas por un plexo prominente de fibras.

La parte dorsal mide 2,1mm anteroposteriormente, 1,6mm dorsoventralmente y 1,2mm medio lateralmente. Utilizando la técnica de Nissl, se observa en la parte dorsal la existencia de somas multipolares, con un tamaño de 10-27 μ . Esta parte tiende a mostrar células grandes (diámetro medio 19 μ) en el segundo tercio del núcleo, en comparación con las células en el tercio anterior y posterior (diámetro medio 17,6 μ y 16,9 μ respectivamente).

Las células superficiales guardan relación con el tracto óptico, teniendo un diámetro menor, (diámetro medio 14,5 μ), mientras que las células situadas internamente tienen un diámetro medio de 18 μ .

Las células correspondientes a la zona marginal ó células subópticas fueron descritas por Cajal ('11) en el conejo.

No se evidencia laminación celular en la parte dorsal de la rata.

La parte ventral del núcleo es casi coextensiva con la dorsal, mide 1,85 mm anteroposteriormente, 0,6 mm mediolateralmente y 0,8 mm dorsoventralmente (medidas máximas).

En base a la arquitectura de células y fibras es evidente que la parte ventral consta de 2 divisiones, medial y lateral, que se corresponden con las partes ventrales "b" y "a" de Winkler y Potter ('11). Las células de la división lateral tienen de 9 a 28,8 μ de diametro (diametro medio 17,8 μ) con células grandes existentes en la región posterior del núcleo.

Las divisiones medial y lateral tienen límites marcados a nivel del polo posterior de la parte dorsal.

Choudhury y Whitteridge (1965) describen el núcleo geniculado lateral del conejo como una estructura con el cuello curvado hacia adelante y medialmente.

En el ratón, animal que hemos utilizado para nuestras investigaciones, se ha examinado citoarquitectónicamente tanto la parte dorsal como la parte ventral

del Núcleo geniculado lateral, no habiéndose encontrado una ordenación determinada.

En la parte dorsal hemos encontrado zonas don de las neuronas se encuentran densamente colocadas y otras regiones donde apenas se han visto neuronas estando estas zonas ocupadas principalmente por fibras.

Las zonas marginales, especialmente la zona adyacente al tracto óptico se encuentra ocupada en su mayor parte por células pequeñas y con contorno elíptico, mientras que en la zona central hemos observado células de mayor tamaño las cuales poseen un contorno circular u oval.

En el polo posterior de la parte dorsal se observa el plexo de fibras que separa a esta parte de la ventral.

El núcleo ventral del ratón tiene casi el mismo diámetro rostrocaudal que el núcleo dorsal, pero en secciones cruzadas es menor que este último. Dentro de esta parte ventral observamos también células pequeñas, medianas y grandes, siendo en este caso las neuronas pequeñas más abundantes y las neuronas grandes de diámetro mayor que en la parte dorsal.

Estas neuronas muestran una disposición irregular, apareciendo zonas donde las células están muy condensadas y otras zonas laxamente pobladas.

En la región del núcleo ventral que contacta con el núcleo dorsal aparece una zona ocupada por células de tamaño pequeño y dispuestas muy empaquetadamente.

En cortes correspondientes a la zona posterior del núcleo, observamos en el borde interno de él la existencia de células con un diámetro bastante grande.

La parte ventral tiene un margen imperceptible con la adyacente zona incerta del subtálamo.

Niimi, Kanaseki y Takimoto (1963) distinguen en el núcleo ventral del ratón pequeñas células internas y grandes células externas. Estas capas no aparecen claramente separadas como ocurre en el murciélago, pero se pueden diferenciar de acuerdo con sus características celulares. Estas 2 capas se observan en la mayor parte de los mamíferos, ya las hemos indicado al hablar del núcleo ventral en la rata.

La capa externa está en contacto con el tracto óptico y contiene mayormente células grandes, aunque tam

bién aparecen en ella células pequeñas.

La capa interna puede dividirse en parte dorsal y parte ventral, la mayor parte de estas 2 capas compuestas de células pequeñas.

Al ir ascendiendo en la escala zoológica dentro del grupo de los mamíferos se observa una complicación progresiva en la estructura del cuerpo geniculado lateral.

Concretamente entre los Primates encontramos 2 formas del cuerpo geniculado lateral.

Según Woollard y Beattie (1961), en una de ellas existe una división del cuerpo en 2 porciones de laminación diferente, una parte dorsal laminada con células medianas y grandes y una parte ventral en la cual las células son más pequeñas y no aparecen colocadas en láminas.

En la segunda forma, el geniculado lateral es una estructura homogénea con una elongación dorsal que se afila y una parte ventral gruesa. Las células son uniformes para las 2 regiones y ambas estructuras son laminadas.

La primera forma ó tipo del geniculado lateral pertenece a *Perodicticus* y *Nyctipithecus*.



La segunda forma corresponde a *Lemur fulvus*, *Lemur niger* y *Galago*.

Estos autores hacen notar que el geniculado lateral no siempre se dirige dorsoventralmente, sino que puede colocarse en un plano transverso. Este caso es notable en *Galago*.

Otro hecho que apuntan es la presencia de solo células grandes en la porción ventral y lateral del cuerpo, particularmente en *Lemur niger* y *Galago*.

Tarsius y *Tupaia* presentan la forma clásica y *Nycticebus* la segunda.

Se esperó encontrar que estos 2 tipos de geniculado se correspondieran con el habitat de los animales y fuesen dependientes de la estructura de la retina.

El primer tipo es filogenéticamente el más antiguo y fué descrito en otros animales además de en Primates (Kappers y Fortuyn, 1921).

La diferencia en función visual que puede explicar la diferencia en tipo es la adaptación de la retina a funciones y grados de luminosidad diferentes.

Woollard (1926, 1927) hizo un análisis de la retina en un gran número de primates, los resultados de este análisis combinados con el tipo de geniculado lateral confirman que no hay una correlación directa entre la estructura de la retina y el tipo de geniculado lateral.

La estructura del cuerpo geniculado lateral humano es muy complicada y muestra una serie de estratos, separados por fibras.

En el curso de un estudio comparativo de la organización laminar del cuerpo geniculado lateral (Chacko, 1948a) se observó con el microscópio un gradiente regular de tamaño celular en 6 láminas en el área de visión central, así como en 4 láminas en el área de visión periférica. Las medidas indican que el rango de los diámetros de las células es más pequeño en la zona periférica que en la central del área visual. La existencia de este gradiente de tamaños es de particular interés en vista a la existencia de varios gradientes morfológicos en otras partes del sistema visual. En el ancho receptor de la retina, los bastones lenta y gradualmente aumentan en anchura y decrecen en longitud, desde el área central a la periférica. Similarmente los conos cambian en estructura desde cortos y anchos a finos y largos. En las diferentes

variedades de las células bipolares y ganglionares también se han observado gradientes de tamaño.

La ultraestructura y organización sináptica del núcleo geniculado lateral dorsal de la rata ha sido poco investigado en comparación con los estudios realizados en gatos y monos (Guillery, '71).

Recientemente, se ha podido comprobar que el NGLd de la rata está organizado a lo largo de líneas ultraestructurales similares a las del NGLd del gato y mono (Valdivia, '70; Webster y Lieberman, '71; Lieberman y Webster, '72; '73; Lund y Cunningham, '72). Así pues, en la rata, como en otros mamíferos, se han podido reconocer a Microscopía Electrónica, al menos 4 clases principales de finales presinápticos. (Grossman, Lieberman, Webster, 1973).

1.- Terminales de largos axones con vesículas sinápticas esféricas, derivadas al menos en parte de la retina y situadas predominantemente en los glomérulos sinápticos.

2.- Terminales de pequeños axones con vesículas sinápticas esféricas, situadas la mayor parte en el neuropilo extraglomerular y al menos parcialmente derivado de la corteza cerebral.

3.- Terminales de axones de tamaño medio con vesículas sinápticas cilíndricas, que hacen algunos contactos sinápticos en el glomérulo sináptico y muchos en el neuropilo extraglomerular.

4.- Botones de tamaño variable y que contienen vesículas sinápticas discoideas y situadas predominantemente dentro del glomérulo sináptico.

Recientes trabajos de Cunningham y Lund ('71) y de Lund y Cunningham ('72) sugieren que en el NGLd de la rata, las porciones anteromedial y posterolateral difieren. La región posterolateral recibe fibras retinales que terminan en grandes glomérulos sinápticos y la porción anteromedial recibe fibras retinales que terminan en el neuropilo extraglomerular.

En el gato según la descripción clásica (Cajal, 1911) las fibras ópticas terminan en el NGL con arborizaciones terminales libres y semejantes a una brocha, encontrándose varias células del cuerpo geniculado envueltas en la densa maraña de fibras. Esta descripción fué modificada por Glees (1941, 1942, 1959, 1961), Glees y Clark (1941), según los cuales los contactos sinápticos serían en parte axosomáticos, especialmente en los mamíferos superiores y en parte axodendríticos, más fre

cuenta en mamíferos más inferiores. En el mono, según Glees estos contactos son axosomáticos.

En el gato se ha visto (Szentagothai 1963) que las fibras ópticas se articulan con las neuronas del cuerpo geniculado por sinápsis axodendríticas particulares. Estas sinápsis se parecen a las sinápsis glomerulares encontradas en la capa de granos de la corteza cerebelosa.

En el NGLd del ratón (Lieberman, 1974) distingue 2 clases de botones: botones P y botones F. Los botones P son originados enteramente desde dendritas presinápticas de neuronas intrínsecas. Están concentradas dentro del glomérulo y son tanto postsinápticas como presinápticas siendo el elemento intermedio en numerosas sinápsis intraglomerulares.

Los botones F son exclusivamente presinápticos.

Las vesículas sinápticas están más concentradas en los botones F que en los botones P.

Los botones F sináptan extensamente en el neuropilo extraglomerular, pero son superados en número por los botones P en el glomérulo.

3.- Estudios experimentales.-

Los estudios experimentales realizados en el núcleo geniculado lateral se han encaminado fundamentalmente a determinar las proyecciones desde el núcleo a la corteza visual y las aferencias retinales a dicho núcleo.

Utilizando técnicas electrofisiológicas, Fukuda en un reciente trabajo (1973) divide a las células principales (P) del núcleo geniculado en 2 grupos: células rápidas y células lentas, de acuerdo con la respuesta obtenida a la estimulación eléctrica del tracto óptico y estimulación fótica.

Típicamente las células rápidas tienen un umbral más bajo que las células lentas.

Fukuda, Sugitani (1974); definen en la rata mediante activación antidrómica las áreas corticales en las que los axones de las células rápidas y lentas terminan.

Mediante trabajos previos habían identificado el área 17 y 18 en la corteza visual de la rata.

Se comprobó que el área de la corteza desde la cual las células lentas son activadas, se restringe al

área 17 y se extiende anteromedialmente. La región anteromedial del área 17 ha sido identificada histológicamente como área 18 y estudios electrofisiológicos lo han confirmado (Adams y Forrester, 1968), (Montero, Rojas y Torrealba, 1973). Estos resultados hacen sugerir que las células lentas terminan únicamente en el área 17, mientras que las células rápidas terminan en las áreas 17 y 18.

Experimentos avanzados parecen establecer grados de similitud entre rata, gato y mono en las proyecciones geniculocorticales y en el funcionamiento de grupos de células P.

Usando el método de la degeneración de fibras, la presencia de una proyección desde la corteza visual al núcleo geniculado lateral dorsal ha sido aportado por varios investigadores en varios mamíferos (rata: Nauta y Bucher, 1954; Goodman y Horel, 1966; Montero y Guillery, 1968; conejo: D'Hollander, 1922; Giolli y Guthrie, 1971; guinea pig: Gerebtzoff y Wanters, 1941; gato: Altman, 1962; Beresford, 1961, 1962; Garey, 1967; Galago, Campos Ortega, 1968; Macaca mulatta: Mettler, 1935; Beresford, 1962.

Nauta y Bucher (1954) y Godman y Horel (1966) encuentran que en la rata muchas de las fibras cortica-

les al NGLd están distribuidas en las partes dorsal y dorsomedial. Gosavi y Dubey (1972) realizando lesiones en la corteza occipital pueden seguir el trayecto de las fibras que degeneran, viendo que llegan hasta la cápsula interna y la parte dorsolateral del crus cerebri.

Desde aquí las fibras tornan caudomedialmente y toman una de las 2 rutas siguientes:

- Algunas se sitúan dorsalmente y pasan de largo con el tracto óptico por encima del lado dorsal del NGLd, hacia áreas más medialmente situadas, unas pocas pasan a la posición dorsal del NGLd.

- El otro grupo de fibras está situado más ventralmente, pasan primero por el núcleo reticular y luego por el núcleo geniculado lateral ventral para entrar al NGLd por el margen lateral. La mayoría de estas fibras ocupan la parte ventral del NGL dorsal, pero algunas se sitúan más ventralmente y aparecen colocadas fuera del NGL dorsal. Estas fibras pasan hacia áreas más mediales.

Holländer (1969) estudiando la corteza visual de gatos adultos, realizó en ella pequeñas lesiones uni y bilateralmente y obtuvo los siguientes resultados:

- La mayor parte de las fibras que se proyectan

desde la corteza visual al NGL llegan desde el área 18. Estas terminan en las láminas A y A₁ y en el núcleo central interlaminar.

- El área 17 casi no proyecta al NGL. Hay que tener en cuenta la proyección desde la parte caudal del área 17 hacia la cola del NGL.

- El área 19 y posiblemente también el giro suprasilviano proyectan al núcleo medial interlaminar y al núcleo ventral.

- El núcleo lateralis posterior del tálamo recibe fibras desde el área 17, área 18 y posiblemente también desde el área 19 y giro suprasilviano.

Las proyecciones desde el NGL a la corteza visual están organizadas retinotópicamente. (Minkowski, 1913; Polyak, 1957; Garey y Powell, 1967).

Las proyecciones cortico-geniculadas están también organizadas de modo que cada punto en la corteza visual envía fibras exactamente al punto en el NGL desde el cual recibe fibras aferentes (Beresford, 1962; Garey y col. 1968) aunque la evidencia para cada interconexión recíproca punto a punto no es del todo concluyente.

Al igual que en el gato, también en la rata las proyecciones geniculocorticales y corticogeniculadas se encuentran retinotópicamente organizadas.

Estudios realizados en roedores, usando la técnica de "Marchi" (Brouwer y col. '23; Owerbosch, '27 y Lashley, '34), degeneración transneuronal (Minkowski, '20 y Tsang, '37) y degeneración botonal (Nauta y Van Straaten, '47) han demostrado la existencia de un área en la región dorsomedial de la parte dorsal en la cual células geniculadas son inervadas bilateralmente, ambas sinápsis con fibras ópticas ípsilaterales y contralaterales. Hayhow, Sefton y Webb (1962) evidencian que además de las células inervadas bilateralmente, otras se hallan en esta región media inervadas predominantemente por fibras ópticas crzadas ó no cruzadas.

Así pues, en el cuerpo geniculado lateral de la rata existe una tendencia definida en las arborizaciones terminales de fibras ópticas cruzadas y no cruzadas, habiendo separación y de este modo se evidencia, pues, alguna forma oculta de laminación en el geniculado, en el sentido de que fibras cruzadas y no cruzadas se extienden separadas en distintas regiones.

La estratificación de la parte dorsal es similar a la laminación oculta encontrada en el gato (Hayhow, '58).

En el núcleo geniculado lateral no laminado de la zarigüeya, Bodian ('37) habla de una parte solapada por fibras ópticas cruzadas y no cruzadas y un área dorsomedial dentro del núcleo suministrado en su mayor parte, pero no enteramente por fibras no cruzadas.

Jefferson ('40) investigando la oscura laminación del núcleo geniculado lateral del hurón, concluye también que el cruce entre las proyecciones de los dos ojos es únicamente parcial y similarmente describe un área inervada únicamente por fibras no cruzadas en la región dorsomedial del núcleo.

La existencia de una organización retinotópica dentro del núcleo geniculado lateral dorsal de la rata fué reconocida por Lashley (1934) el cual muestra por métodos anatómicos que los cuadrantes retinales tienen representaciones separadas en el núcleo y que la proyección de un sector retinal tiende a seguir en columna oblicua a través del núcleo desde el borde anteromedial al posterolateral.

Bislop, Kozak, Levick y Vakkur (1962) usando microelectrodos pudieron comprobar en el gato unas relaciones precisas punto a punto entre la retina y el NGLd y muestran que la estimulación de una pequeña región de

la retina activa neuronas que ocupan de hecho una columna en el núcleo.

PARTE VENTRAL.-

La presencia de terminaciones ópticas en adición a las fibras ópticas de paso, en la parte ventral de los roedores ha sido descrita por Paulov ('00); Cajal ('11), Loepf ('11); Minkowski ('20), Brouwer y col. ('23) y Polyak ('57).

Según Hayhow, Sefton y Webb (1962) un considerable número de fibras ópticas cruzadas y no cruzadas, más probablemente colaterales de numerosos axones de paso atraviesan el núcleo, terminando en la parte ventral.

Como en la parte dorsal adyacente, el campo de las proyecciones contralaterales dentro de este núcleo es más extenso que el ipsilateral, el cual es solapado por el campo anterior completamente. Este solapamiento ocurre en la porción central de la división lateral de la parte ventral y es máxima en la unión de la mitad y tercio posterior de este núcleo, (Hayhow, Sefton y Webb, 1962).

Según estudios de Ribak y Petter, (1975) la parte ventral del NGL en la rata, envia 5 proyecciones mayores a las estructuras tronco-cerebrales.

Hay 2 proyecciones dorsomediales:

- Una proyección al colliculus superior, que termina principalmente en el tercio medio del estrato óptico.
- Una gran proyección, la radiación superior ta lámica que termina en el área pretectal ipsilateral, a continuación esta proyección pasa entre la comisura post erior acabando en el área pretectal contralateral.

Y tres proyecciones ventromediales:

1.- Proyección que envuelve el tracto geniculo pontino que cursa entre el pedúnculo basal y el lennisco lateral terminando en las partes dorsomedial y dorsolateral del pons dando después terminales al núcleo terminal lateral del tracto óptico accesorio.

2.- Una proyección vía comisura Meynert's al núcleo supraquiasmático.

3.- Una proyección medial a la zona incerta íp silateral.

Se han presentado también evidencias que indican que el núcleo geniculado lateral ventral posee una organización retinotópica.

4.- Diferenciación de tipos celulares.

La diferenciación de varios tipos de células en el núcleo geniculado lateral se ha realizado atendiendo a distintos aspectos de las neuronas, aspectos fisiológicos, aspectos morfológicos etc.

Así pues, desde el punto de vista fisiológico se han distinguido dos tipos neuronales en el núcleo geniculado lateral de la rata, células principales (P) e interneuronas (células I) (Burke y Sefton, 1966; Fukuda y Iwama, 1971; Noda y Iwama, 1967). Las células P son activadas monosinápticamente por aferencias de la retina y emite sus axones a la corteza visual, tienen pues, función de células de relevo.

Como ya hemos indicado en otro apartado, las células P pueden a su vez ser clasificadas en células rápidas y lentas de acuerdo con su respuesta a la estimulación eléctrica del tracto óptico y a la estimulación fónica (Fukuda, Sugitani 1974).

Grossman, Lieberman y Webster (1973) muestran en estudios con el método de Golgi que las neuronas del NGLd de la rata se pueden clasificar en 2 clases distintas:

- Células clase A.

- Células clase B.

Esta clasificación está basada en el tamaño del pericarion, organización dendrítica y naturaleza del árbol dendrítico.

Las células clase A son el tipo predominante, su pericarion tiene generalmente de 15-20 μ en diámetro. En preparaciones de Cox las células aparecen distribuidas a lo largo del NGLd, pero en preparaciones con el método de Kopsch aparecen a menudo concentradas en la porción externa del núcleo.

Las células clase B, aunque con alguna variabilidad morfológica constituyen una segunda población aparente. Las neuronas de esta clase fueron caracterizadas con pericarion pequeño, elipsoidal. El pericarion tiene aproximadamente 10 μ en diámetro y muy comunmente una apariencia bipolar con 2 largas dendritas emergiendo desde polos opuestos del cuerpo celular.

Las células clase A, son muy similares a las células descritas como células de relevo tálamo-cortical en muchos núcleos talámicos de mamíferos incluido el GLd

del mono (Taboada '27; Polyak, '57; Campos-Ortega, Glees y Neuhoff, '68), núcleo geniculado lateral dorsal del gato (O'Leary, '40; Guillery '66), núcleo geniculado medial del gato (Morest '64), núcleo ventrobasal del gato (Tömböl, '66-67; Ralston '71) y núcleo ventrobasal de la rata (Scheibel y Scheibel '66).

Según Grossman, Lieberman y Webster, las células incluidas en la clase A son más frecuentes en la porción medial del núcleo y es posible relacionar estas células con las siguientes.

- 1.- Las células neuronales magnocelulares de Fifková y Hassler ('69).
- 2.- La población de células de relevo pensada por Lund y Cunningham ('72) que recibe únicamente aferencias ópticas no glomerulares.
- 3.- Las neuronas en las porciones medial y especialmente en las porciones anteromediales del GLd mostradas por Montero y col. ('68).
- 4.- Una clase de grandes células TCR (de relevo) en el GLd de otros mamíferos (células clase A en el GLd del gato Guillery, '66; células tipo 1 en el GLd del

squirrel monkey, Wong-Riley '72), con dendritas más largas que otras células de relévo.

La población de las células clase B (Lieberman '73) se corresponde con la identificada por los electrofisiólogos como interneuronas inhibitorias (células I) de Burke y Sefton ('66a) y otros (Fukuda y Iwama, '71; Sefton y Bruce '71).

Kriebel ('75) hace una clasificación de las neuronas del NGLd de la rata en 3 categorías basadas en localización, modelo dendrítico y organización de las ramificaciones dendríticas.

- Neuronas tipo 1.
- Neuronas tipo 2.
- Neuronas tipo 3.

Las neuronas tipo 1 han sido observadas por todo el NGLd. Su pericarión es generalmente multipolar (diámetro medio de 25 μ) dando de 4 a 8 dendritas primarias.

A poca distancia las dendritas primarias se ramifican y dan de 3 a 6 dendritas secundarias éstas también se dividen y dan un número variable de ramificaciones. La organización de estas dendritas ha sido llamada

"modelo dendrítico penachudo" por Ramón Moliner ('68) y es típico de la mayor parte de las neuronas de relevo tálamo-corticales.

Las neuronas tipo 2 fueron encontradas únicamente en la zona superficial del 1/3 medio (anterior a posterior). Los cuerpos celulares de estas neuronas tienen un diámetro medio de 20 μ . Sus dendritas no se observan extendidas en la zona media del núcleo, estas dendritas son menos abundantes que las dendritas de las neuronas tipo 1.

En comparación a las dendritas primeras de las neuronas tipo 1, las dendritas primeras de las neuronas tipo 2 se extienden más ampliamente desde el soma antes de la bifurcación en dendritas secundarias.

Las neuronas tipo 3 fueron encontradas en todas las regiones del núcleo geniculado lateral dorsal.

De los tres tipos neuronales, el tipo 3 fué el menos identificado.

Tienen estas neuronas un pericarión pequeño redondeado (diámetro medio de 14 μ) con relativamente pocas dendritas. Las dendritas se extienden desde el soma en un

"modelo dendrítico radiado" (Ramón Moliner, '68).

En algunos casos únicamente fueron identificadas dendritas primarias.

Las neuronas tipo 1 observadas en el estudio de Kriebel corresponden a la clase 1 de células descritas en el gato por Guillery ('66). También se asemejan a las neuronas tipo 1 identificadas por Wong-Riley ('72) en el squirrel monkey. Campos Ortega y col. ('68) informaba de neuronas similares en el macaco.

Las neuronas tipo 2 de Kriebel corresponden a las neuronas de la clase 2 identificadas en el gato por Szentagothai ('63) y Guillery ('66). También fué identificado este tipo neuronal en el NGLd de primates por Campos Ortega y Wong-Riley. Este tipo neuronal puede representar una neurona más especializada que las células tipo 1. En los primates, por ejemplo, Wong-Riley ('72) describe una población mayor de neuronas tipo 2 que de neuronas tipo 1, lo contrario se encontró en el estudio del NGLd de la rata.

En el gato las neuronas tipo 2 fueron identificadas únicamente en las láminas A y A₁ del NGLd (Guillery '66), en la rata como ya hemos mencionado anteriormente

se encuentran restringidas a la zona superficial. Esta distribución neuronal es de particular interés puesto que la sinaptología de estas 2 regiones es similar en ratas y gatos. (Lund y Cunningham, '72).

Las células de la clase A descritas por Grossman y col. ('73) evidentemente se corresponden con las neuronas de tipo 1 y 2 descritas por Kriebel ('75). Se piensa que las neuronas 1 y 2 representan 2 variedades de neuronas de relévo geniculo-cortical en el NGLd de la rata.

Las neuronas tipo 3 identificadas en el NGLd de la rata posee características que las asemeja a las células de la clase 3 del gato (Guillery, '66) y a las neuronas tipo 3 observadas en monos (Wong-Riley '72). Estas neuronas tienen dendritas radiadas y cortos axones que se ramifican en la vecindad de la neurona. Por eso esta célula ha sido identificada con la célula de Golgi tipo II ó interneurona en núcleos talámicos (Tello, '04; O'Leary, '40; Polyak, '57; Morst, '64; Szentagothai y col. '66; Guillery, '66; Tömböl, '67, '69; Ralston y Herman, '69; Campos Ortega y col. '68; Famiglietti y Peters, '72).

La descripción de la neurona tipo 3 concuerda con las células de la clase B mostradas por Grossman y

col. ('73).

Atendiendo a la longitud axonal, los investigadores están de acuerdo en la existencia de 2 tipos celulares en el núcleo geniculado lateral dorsal.

- Neuronas Golgi tipo I, los axones de las cules sobrepasan los límites del geniculado.

- Neuronas Golgi tipo II, los axones de dichas células aparecen ramificados dentro de los confines del núcleo.

A esta distinción básica de varios tipos de neuronas han sido añadidas subtipos ó clases. Guillery ('66, '71) y Campos Ortega y col. ('68) describen 2 diferentes clases de células tipo I (Guillery's células clase I y células clase II) ó células de relévo geniculocortical, que son distinguidas unas de otras en base al tamaño del cuerpo celular, así como a la orientación dendrítica, longitud y ramificación de su tronco.

Likewise, O'Leary ('40) y Tömböl ('69) reconocen diferentes tipos de interneuronas ó células tipo II en virtud de su morfología axonal.

Rafols y Valverde (1973) distinguen 2 tipos neu

ronales, utilizando preparaciones de Golgi, en el NGLd del ratón.

- Células principales ó tálamo estriadas (TSR). El soma de estas neuronas es redondeado ó con forma oval y mide aproximadamente 15-25 μ en su diámetro mayor. Son multipolares, con un núcleo grande redondeado ó ligeramente oval y un prominente nucléolo.

Estas células aparecen frecuentemente en grupos de 3 ó 4.

- Células PA ó pseudoamacrinas. Tienen una forma oval ó de huso con medidas de 10-20 μ en su diámetro mayor.

Su núcleo es proporcionalmente grande y poseen un prominente nucléolo.

Las células PA aparecen separadas unas de otras.

Schober y Brauer (1973) distinguen 4 tipos de neuronas en el núcleo geniculado lateral de la rata, utilizando el método de Golgi-Kopsch.

De estos 4 tipos 2 están situados en la parte dorsal y otros 2 en la parte ventral.

En el núcleo geniculado lateral dorsal el tipo I muestra una estructura muy regular en su arborización dendrítica. La superficie total ocupada por estas neuronas es de 10.316-27.060 μ^2 , únicamente 4-9% de esta superficie pertenece a la superficie del soma. En este tipo neuronal existe una correlación lineal positiva entre el diámetro del soma y el diámetro del campo dendrítico.

El tipo II muestra dendritas más largas y menos numerosas que el tipo I. Su modelo de arborización dendrítica no es regular y el soma representa el 12% de la superficie total de la neurona.

En el núcleo geniculado lateral ventral el tipo III varía más que el tipo I en su arborización dendrítica. Estas neuronas ocupan una superficie total de 3.950-5.241 μ^2 el 19% de esta superficie corresponde a la superficie del soma.

El tipo IV es similar al tipo II del NGLd. La superficie del soma ocupa el 24% de la superficie total de la neurona.

Los estudios de Werner y Krüger (1973) concuerdan con los de Schober y Brauer (1973). También ellos distinguen 4 tipos neuronales en el NGL de la rata albi

na, pero en este caso utilizando el método de Nissl.

La distinción de los tipos neuronales se basa en características morfológicas y cuantitativas: diámetro medio del soma celular, tamaño de la partícula de cromatina y nucléolo etc.

Según ellos, los tipos I y II se encuentran si tuados en la parte dorsal y los tipos A y B en la parte ventral.

La relación de células tipo I a células tipo II es aproximadamente de 13:1 y la del tipo A al tipo B es alrededor de 9:1.

El tipo I es considerado como células de relévo, el tipo II como interneuronas.

El tipo A se considera como células mixtas y el tipo B corresponde morfológicamente al tipo II del NGLd.

Nuestras investigaciones en la parte dorsal del núcleo geniculado lateral del ratón nos han llevado al es tablecimiento de 2 poblaciones neuronales, atendiendo al tamaño del soma celular, obteniendo, pués, resultados con cordantes con lo anteriormente expuesto.

Exponemos a continuación dos cuadros; en el primero de ellos equiparamos los tipos neuronales según los distintos autores. En el segundo resumimos las características que presentan los tipos neuronales ya mencionados.

Autor	Año	Animal	Método	Caracteres utilizados	Tipos neuronales
Grossman y col.	1973	rata	Golgi	Tamaño pericarion Organización dendritica	Clase A Clase B
Kriebel	1975	rata	Golgi	Localización	Tipo 1 Tipo 2 Tipo 3
Rafols y Valverde	1973	ratón	Golgi	Forma y Tamaño del pericarion	TSR PA
Schober y Brauer	1973	rata	Golgi	Modelo de arboriza- ción dendritica	Tipo I Tipo II
Werner y Kruger	1973	rata	Nissl	Caracteres morfológi- cos y cuantitativos	Tipo I Tipo II

CUADRO I.-

Autor	Tipos	Diámetros	Forma del pericarion	Localización	Modelo	Función
Grossman y col.	Clase A	15-20 μ	-	Porción medial	Multipolar	Relevo
	Clase B	10 μ	Elipsoidal		Bipolar	Interneuronas
Kriebel	Tipo 1	25 μ	Redondas u	Todo el NGLd zona superficial del 1/3 medio.	Penachudo	Relevo
	Tipo 2	20 μ	ovaladas.			Relevo
	Tipo 3	14 μ	Redondeado		Todo el NGLd	Radiado
Rafols y Valverde	TSR	15-25 μ	Redondeado u ovál.	-	Multipolar	Relevo
	PA	10-20 μ	Oval ó de huso	-	Bipolar	Interneuronas
Schober y Brauer	Tipo I	17,18 μ	-	-	Regular	Relevo
	Tipo II	13,04 μ	-	-	No regular	Interneuronas
Werner y Krüger	Tipo I	13,5 μ	-	-	-	Relevo
	Tipo II	9,08 μ	-	-	-	Interneuronas

CUADRO II.

PLAN DE TRABAJO.-



Con el fin de realizar un estudio citomorfométrico profundo, en las neuronas del Núcleo geniculado lateral dorsal del ratón, hemos desarrollado el siguiente plan de trabajo:

a) Delimitación del Núcleo objeto de estudio y determinación en él de la muestra necesaria para realizar mediciones de diversos parámetros neuronales.

b) Determinación de los valores medios de los siguientes parámetros celulares:

- Superficie Celular
- Superficie Nuclear
- Superficie Nucleolar
- Superficie de la Heterocromatina asociada al nucléolo
- Índice de Constitución
- Constante de Organización Nucleolar.

c) Realización de comparaciones para los distintos parámetros, entre los NGLd derecho e izquierdo de cada animal y entre animales diferentes, para determinar la existencia ó no de diferencias significativas.

d) Estudios de los índices de correlación entre los

diferentes parámetros, con el fin de determinar si las variaciones cuantitativas de cada parámetro están relacionadas con cambios en los restantes.

e) Determinación de las proporciones existentes entre los valores de superficie celular y nuclear y los restantes parámetros analizados.

f) Establecimiento de comparaciones entre los valores encontrados para las proporciones antes mencionadas.

g) Diferenciación de poblaciones neuronales basados en caracteres cuantitativos.

MATERIAL Y METODO.-

1.- Material empleado.

Para la realización del presente trabajo se han utilizado ratones blancos de laboratorio (*Mus musculus*, variedad albina).

Fueron empleados ejemplares adultos de ambos sexos con pesos que oscilaban entre 20 y 30 gr.

Como material de estudio se usaron seis núcleos geniculados laterales, pertenecientes a cerebros de 3 ratones.

Los animales van a ser designados como Ratón Nº 1, Ratón Nº 2 y Ratón Nº 3.

Estos animales tras ser anestesiados con éter, son decapitados para la extracción posterior de su cerebro, realizado esto se procede al lavado del mismo con agua destilada y a la determinación del volumen, peso y dimensiones del cerebro.

Los datos obtenidos se enuncian a continuación.

Para el ratón número 1.

- Volumen cerebral: 0,55cc.

- Peso del cerebro: 0,415 gr.

- Dimensiones: - longitud: 1,8 cm.
 - anchura máxima: 1,1 cm.

- Sexo: hembra.

Para el ratón número 2.

- Volumen cerebral: 0,6 cc.
- Peso del cerebro: 0,433 gr.
- Dimensiones: - longitud: 1,9 cm.
 - anchura máxima: 1,1 cm.

- Sexo: hembra.

Para el ratón número 3.

- Volumen cerebral: 0,6 cc.
- Peso del cerebro: 0,450 gr.
- Dimensiones: - longitud: 1,8 cm.
 - anchura máxima: 1,1 cm.

- Sexo: macho.

A continuación los cerebros se depositaron para su fijación en frascos con fijador Carnoy habiendo sido anteriormente seccionados en trozos apropiados para su mejor penetración por el fijador. Concretamente los cerebros fueron seccionados en 3 porciones: porción anterior, media y posterior.

Las secciones se realizaron perpendiculares a la longitud mayor del cerebro.

Para la obtención de la porción anterior seccionamos por delante de la hipófisis.

En la porción media, la sección anterior se realizó por delante de la hipófisis y la sección posterior perpendicular al borde del polo occipital.

En la porción posterior, la sección superior se realizó a nivel del meséncéfalo y la inferior por debajo de la decusación de las pirámides.

Cada pieza fué sumergida en un volumen de fijador de aproximadamente 25 veces el suyo propio.

En estas condiciones permanecieron durante 96 horas, realizándose durante este periodo de tiempo una renovación del fijador, concretamente a las 48 horas.

El fijador empleado fué el liquido de Carnoy con cloroformo, cuya composición es la siguiente (para 100 ml.).

Etanol absoluto (Merck)	60 ml.
Cloroformo (Merck)	30 ml.
Acido acético glacial (Merck)	10 ml.

Este fijador era preparado inmediatamente antes de su uso.

2.- Preparación del material para
la técnica de tinción.

Las piezas una vez realizada su fijación, fueron incluidas en parafina, para su posterior seccionado.

El núcleo objeto de nuestro estudio se encuentra situado en la porción media, luego será dicha porción la que vamos a incluir siguiendo los pasos que a continuación se exponen:

- Lavado de las piezas en solución saturada de carbonato cálcico (CO_3Ca) en etanol absoluto durante 2 horas realizando un cambio con nueva solución a los 60 minutos de permanencia en ella.
- Inmersión en etanol absoluto durante 72 horas, realizando en este tiempo 3 cambios, cada 24 horas.
- Aclaramiento en Metil benzoato mediante 3 pasos sucesivos de 24 horas cada uno.
- Inmersión en benzol durante media hora, tras renovar el líquido a los 15 minutos de su permanencia en él.
- Paso por benzol-parafina (2:1 v/v) durante 30' en estufa a 60°C.

- Paso por benzol-parafina (1:2 v/v) durante 30' en estufa a 60°C.
- Tres pasos en parafina de 52°-54°, en estufa a 60°C, de 24 horas cada uno.
- Inclusión en parafina y confección del bloque.

El último paso, la inclusión del material en parafina, se consigue dejando enfriar a esta última, es necesario cuidar la colocación del material para que este quede horizontal y las pérdidas de tejido sean mínimas.

Por último el bloque de parafina en el que se haya contenido el tejido, se talla en forma de pirámide truncada. Esta pirámide se pega por su base al tornillo del microtomo de parafina y así se procede a la obtención de cortes seriados de 10 μ de grosor.

Los cortes recogidos fueron pegados sobre el portaobjetos utilizando una placa calorífica a 30°C, temperatura a la cual las retracciones que sufre el tejido no son demasiado grandes, y no se producen roturas. A continuación dichos cortes fueron llevados a la estufa y más tarde se procede a su desparafinación colocando dichos portaobjetos con los cortes en xilol durante 24 horas. Una vez eliminada la parafina los cortes se pasaron a un recipiente con etanol absoluto para eliminar el xilol y se procede a

su hidratación pasándolos sucesivamente por etanol 96%, 90%, 70%, 50%, 30% y agua destilada, permaneciendo 2' en cada uno de los pasos.

Una vez hidratados los cortes son sometidos a la correspondiente técnica de tinción.

Más tarde se procede a la deshidratación.

Los tiempos de deshidratación y diferenciación usados fueron de 1 minuto en cada uno de los alcoholes de concentración creciente 30%, 50%, 70%, 90%, 96% y 100%. El agente aclarante empleado fué el xilol y el medio de montaje usado fué el Eukit.

3.- Técnica de tinción.

La técnica de tinción empleada en nuestro estudio ha sido la del verde de metilo pironina.

La preparación del colorante y el procedimiento de tinción seguido se describen a continuación.

Método del V.M.P.-

La solución colorante se usa a pH = 5,57 en tampón acetato-acético (Walpole) y se obtiene de la siguiente manera.

Solución madre.

- Verde metilo (Merck) purificado 0,20gr.
- Pironina G (Merck) 0,35gr.
- Agua destilada 100 ml.

Solución tampón a pH = 5,57.

- Solución acuosa M/5 de ácido acético (Merck)..
..... 10 ml.
- Solución acuosa M/5 de acetato sódico (Merck)..
..... 90 ml.

Se mezclan a parte iguales la solución madre y

la solución tampón para obtener la mezcla colorante.

La purificación del verde metilo para extraer el violeta de metilo que existe como contaminante en el colorante comercial, se realizó con cloroformo. Este tiene la particularidad de disolver el violeta de metilo, pero no el verde. El colorante comercial era vertido en un recipiente con cloroformo y agitado por espacio de 15 minutos. Posteriormente se realizaba una filtración y el residuo que quedaba sobre el papel de filtro era disecado para su recolección. Este residuo era sometido a nuevas extracciones clorofórmicas hasta que el líquido filtrado aparecía incoloro. El residuo de la última filtración era utilizado en la preparación de la solución colorante.

El proceso de tinción es el siguiente:

- Hidratación de los cortes.
- Tinción en la mezcla colorante durante 15'.
- Lavado en agua destilada durante 2'.
- Deshidratación y diferenciación.
- Aclarado en 2 cambios de xilol de 5' cada uno.

La elección de este método de tinción en nuestro estudio se ha debido a que es una técnica diferencial.

El citoplasma de las neuronas del núcleo geniculado lateral del ratón en las preparaciones realizadas con la técnica del verde metilo-pironina presenta un aspecto más o menos granular y aparece con una coloración roja. En su interior se observa un núcleo claro con un nucléolo intensamente teñido de rojo.

El nucléolo presenta adosada a su superficie una ó dos masas de color verde, correspondientes a la heterocromatina asociada al nucléolo.

El resto de la zona nuclear muestra algunos grumitos verdes y rojos, de pequeño tamaño y número escaso.

En las células gliales el citoplasma se presenta con un aspecto uniforme, tiñendose tenuamente de un color rojo rosado. En su núcleo aparecen los componentes heterocromáticos bajo la forma de cromocentros más o menos adosados a la cara interna de la membrana nuclear.

4.- Delimitación del Núcleo y determina
ción del número total de neuronas.

Una vez obtenidas las distintas preparaciones histológicas por el método ya reseñado, se procede a la delimitación topográfica de la zona objeto de estudio, con la ayuda de un microproyector.

Las preparaciones son proyectadas sobre una pantalla y de este modo se determina en primer lugar el número de cortes histológicos en que el núcleo aparece, con este dato y conociendo el grosor medio de los cortes se puede calcular de una manera aproximada la longitud anteroposterior del núcleo. En nuestro estudio esta longitud viene a representar de 1000 μ a 1200 μ .

Más tarde se confecciona un dibujo de cada uno de dichos cortes sobre papel vegetal, estableciéndose primero una escala de aumento en relación con el objetivo que se ha empleado y la distancia de la pantalla a la que se coloca el microproyector.

La determinación de los aumentos totales se realiza mediante la proyección sobre la pantalla de un micrómetro objetivo, en el que viene representada la longitud de 1 mm dividida en 100 partes.

En nuestro caso al proyectar el micrómetro, el milímetro en él representado pasa a ser 20 cm. en la pantalla, luego hemos utilizado aumentos de 200 x.

Sobre cada uno de los dibujos se va delimitando la zona correspondiente al núcleo geniculado lateral, objeto de nuestro estudio y se van tomando algunos puntos de referencia como pueden ser: situación del Hipocampo, situación del Girus Dentatus, orientación de los plexos coroideos en el tercer Ventrículo etc., de este modo y puesto que los dibujos como ya hemos dicho anteriormente los realizamos sobre papel vegetal, se puede en cualquier momento, haciendo coincidir los puntos de referencia, conseguir una reconstrucción tridimensional del núcleo.

La situación del núcleo dentro de la zona diencefálica viene expresada en las láminas 1 y 2.

En ellas los núcleos geniculados laterales derecho e izquierdo del cerebro no aparecen seccionados al mismo nivel debido a la oblicuidad del corte.

Considerando la sucesión de cortes histológicos desde la parte más posterior del cerebro a la más anterior, se observa en la lámina 1 un corte de cerebro en el cual aparece seccionado el núcleo geniculado lateral izquierdo en su

porción anterior y el núcleo geniculado lateral derecho en su porción media.

El NGL izquierdo, al ser seccionado en su zona anterior muestra solo la región dorsal, mientras que en el derecho al ser la sección más posterior, se hace perfectamente visible la región ventral, la cual se muestra en continuidad con la adyacente zona incerta.

En la lámina 2, se muestra un corte de cerebro en el cual el núcleo geniculado lateral izquierdo se haya seccionado a nivel medio donde se alcanzan los tamaños máximos para las partes dorsal y ventral, mientras que el núcleo geniculado lateral derecho ha dejado de observarse debido a que la sección es muy posterior.

En cuanto a la posición relativa del NGL con respecto al Girus Dentatus diremos que en las zonas media y posterior queda por debajo de él y en zonas anteriores aparece desplazado hacia una región más externa.

En niveles anteriores, el NGL se encuentra limitado en su parte lateral externa por la lámina superficial del diencéfalo, siendo adyacente por su parte lateral interna a los núcleos talámicos lateral y ventral.

En niveles medios, el NGL queda separado de la lá

mina superficial del diencéfalo por el tracto óptico y limita por su parte lateral interna con los mismos núcleos talámicos ya mencionados.

En aquellos niveles posteriores en que el NGL aún muestra sus dos partes, se observa que éste continua separado de la lámina superficial del diencéfalo por el tracto óptico y los núcleos talámicos que se encuentran en las inmediaciones de su parte lateral interna son: talámico lateral y cuerpo geniculado medial.

El núcleo geniculado lateral se encuentra separado de los restantes núcleos talámicos por tractos de fibras nerviosas.

LAMINA 1.

Sección de cerebro de ratón donde se observa la disposición mostrada por los núcleos geniculados laterales y núcleos talámicos adyacentes.

GD : Girus Dentatus.

HI : Hipocampo.

TO : Tracto óptico.

ZI : Zona incerta.

gld: Núcleo geniculado lateral dorsal.

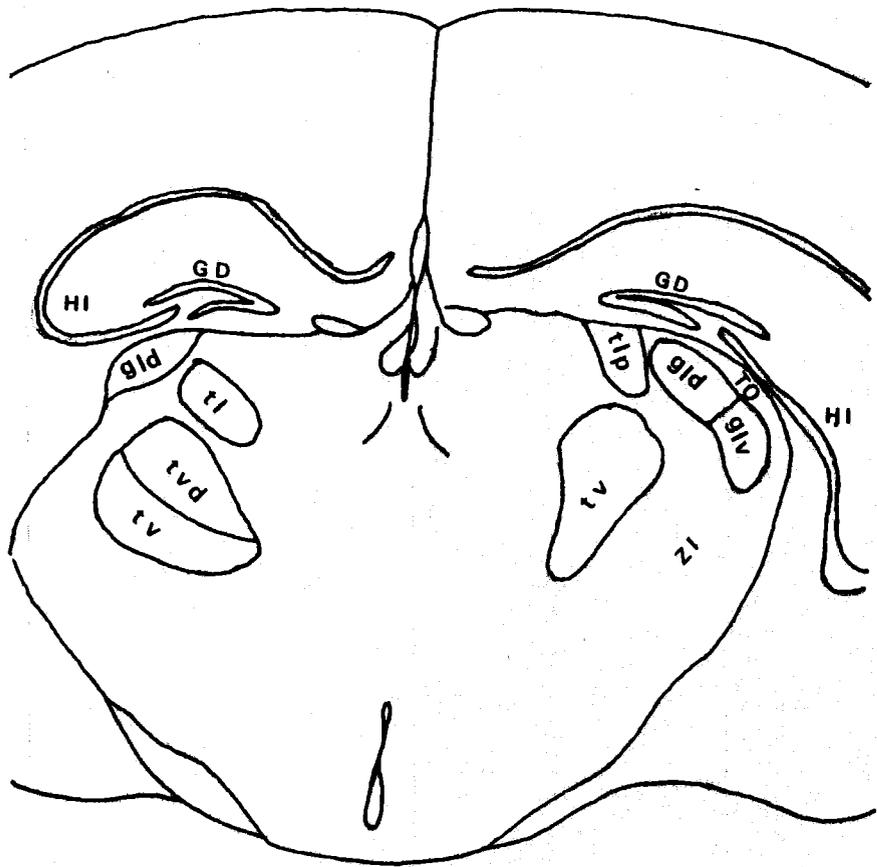
glv: Núcleo geniculado lateral ventral.

tl : Núcleo lateral.

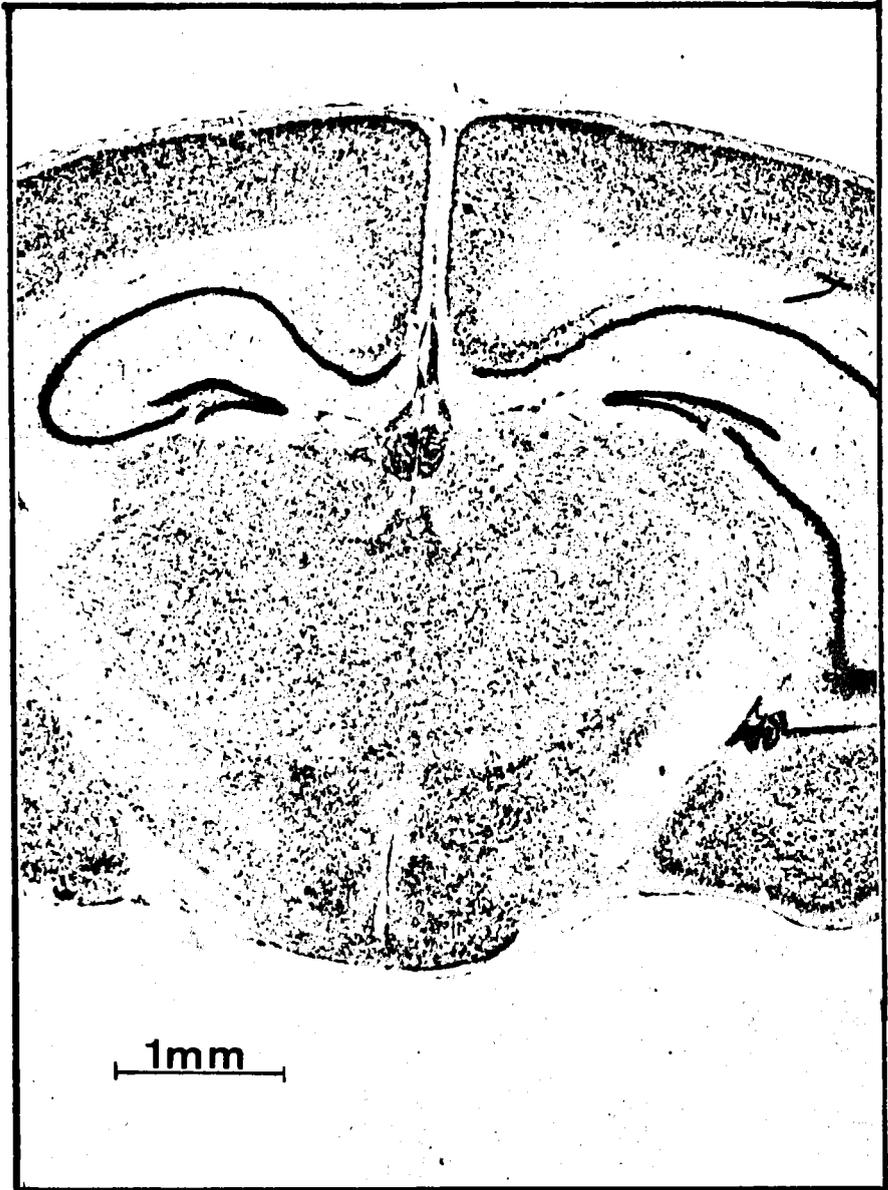
tlp: Núcleo lateral, parte posterior.

tv : Núcleo ventral.

tvd: Núcleo ventral, parte dorsomedial.



LAMINA 1.-



LAMINA 2.

Sección de cerebro de ratón donde se aprecia la disposición de varios núcleos talámicos.

GD : Girus Dentatus.

HI : Hipocampo.

ZI : Zona incerta.

gld: Núcleo geniculado lateral dorsal.

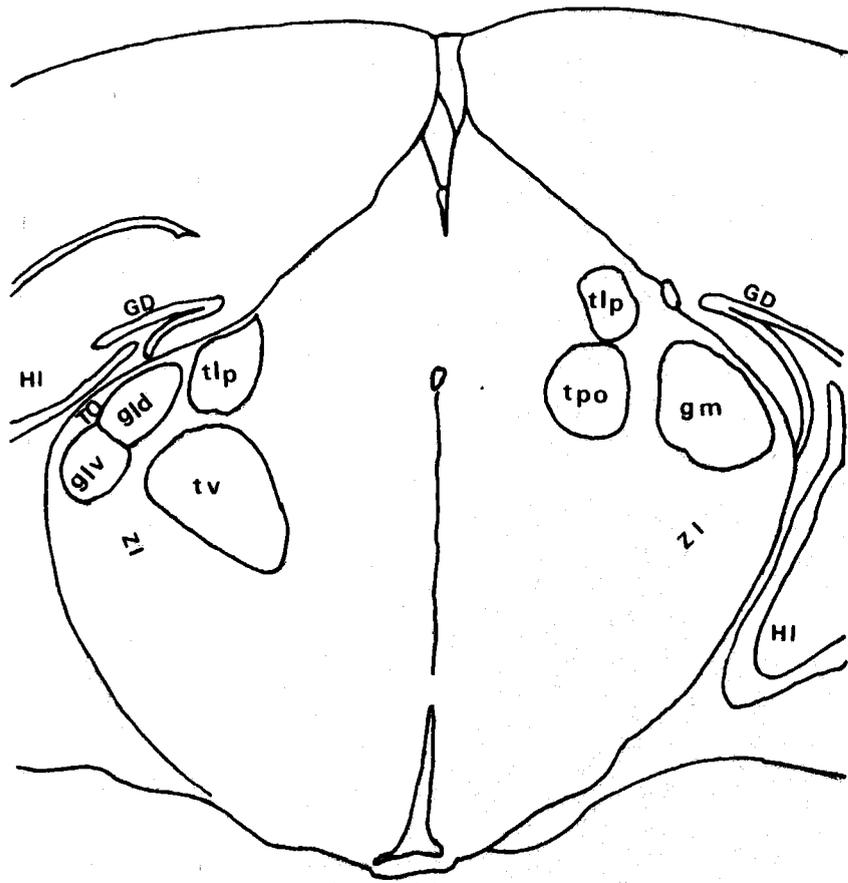
glv: Núcleo geniculado lateral ventral.

tv : Núcleo ventral.

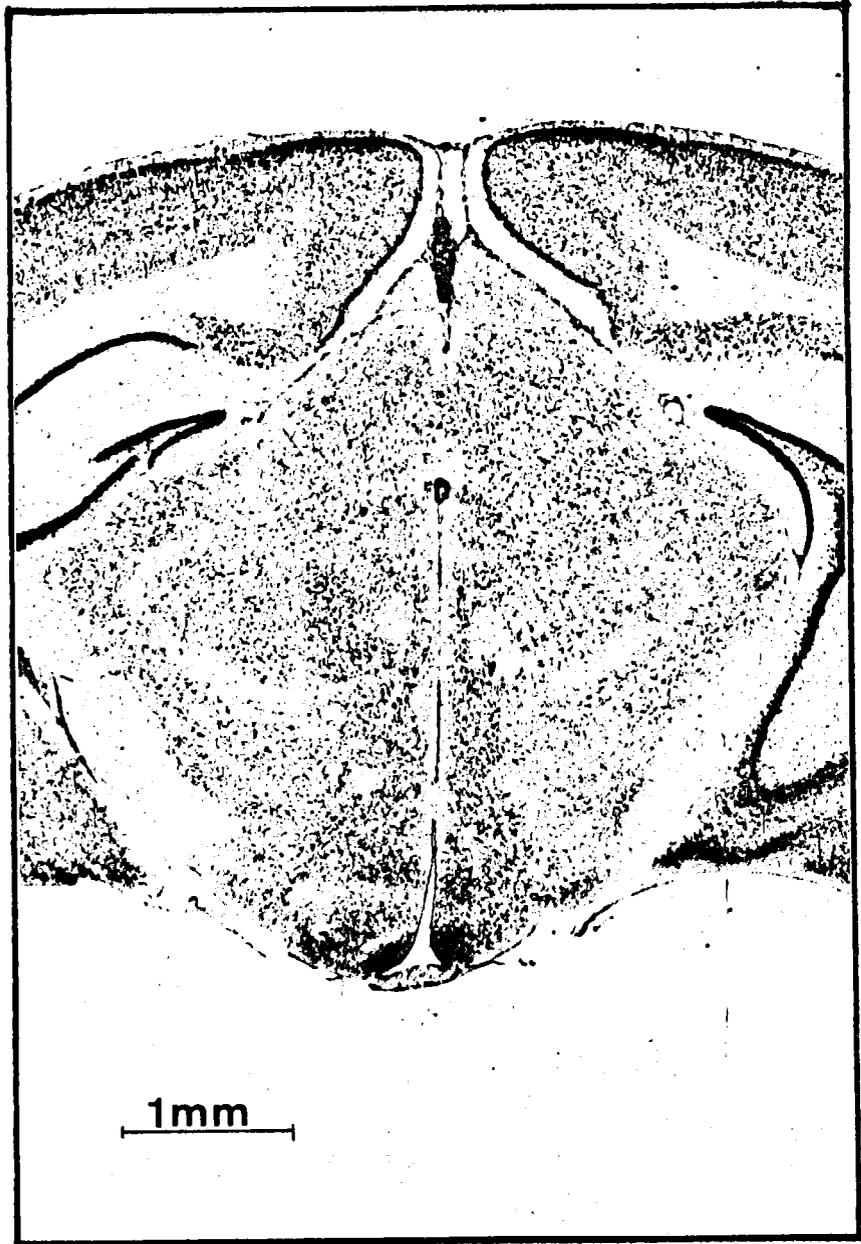
tlp: Núcleo lateral, parte posterior.

gm : Núcleo geniculado medial.

tpo: Núcleo posterior.



IAMINA 2.-



A continuación se procede a la medida mediante planímetro de la superficie que ocupa el núcleo en cada uno de los dibujos. El valor de las superficies así obtenidas, expresado en cm^2 , no representa el valor de la superficie real, para determinar esta última hay que tener en cuenta los aumentos a que se ha trabajado y habremos de realizar la siguiente transformación:

$$S_r = \frac{S_d (\text{cm}^2)}{A^2} \quad (1)$$

En donde S_r es la superficie real del núcleo, S_d la superficie del mismo en el dibujo y A los aumentos lineales utilizados.

Si expresamos los cm^2 del dibujo en μ^2 , tendremos:

$$S_r (\mu^2) = \frac{S_d \times 100.000.000}{A^2} \quad (2)$$

Como los aumentos lineales utilizados han sido de 200X, la expresión anterior quedará:

$$S_r (\mu^2) = \frac{S_d \times 100.000.000}{40.000} = S_d \times 2500 \quad (3)$$

De esta manera cualquier medida obtenida en los dibujos puede transformarse facilmente en la medida real del núcleo en dichos dibujos.

Una vez conocida la superficie real del núcleo en cada dibujo y determinado el grosor medio de los cortes estamos en condiciones de determinar el volumen total del núcleo.

Cálculo del Grosor medio.-

Como ya dijimos, la obtención de cortes seriados se consigue utilizando un microtomo de parafina, el grosor de los cortes obtenidos de este modo presenta ligeras variaciones debidas al rozamiento de la cuchilla contra el bloque de parafina, a cambios de temperatura etc., por lo cual se impone para la determinación del volumen del núcleo, el cálculo del grosor medio de los cortes.

Este se realiza siguiendo el método micrométrico: el tornillo micrométrico del microscópio se ha calibrado de tal forma, que cada 13 subdivisiones del mismo se corresponden con 20 μ de grosor, por tanto una subdivisión equivale a 1,53 μ .

Se coloca la preparación en la platina del microscópio y se enfoca primero la capa de células más superficial,

a continuación se desenfoca y se enfoca la capa de células más profunda, anotándose el número de subdivisiones que se han sucedido en el micrométrico desde el primer al segundo enfoque.

Así pues multiplicando el número de subdivisiones por $1,53 \mu$, obtenemos el grosor del corte. Realizando esta operación en un número significativo de preparados y aplicando la fórmula de la media, se determina el grosor medio de los cortes.

De este modo el valor de los volúmenes totales para cada núcleo vendrá dado por la siguiente expresión:

$$V_t = S_t \times G_m \quad (4)$$

En donde:

S_t = Superficie total ó sea suma de las distintas superficies ocupadas por el núcleo en cada uno de los cortes integrantes del mismo.

G_m = Grosor medio de los cortes.

Los valores de los volúmenes así calculados corresponden a un tejido que ha sufrido retracción debido a los



procederes técnicos a que ha sido sometido.

Ahora bien el volumen ocupado por el núcleo en el tejido fresco se puede determinar puesto que es posible conocer el grado de retracción sufrido por el tejido. Siendo R la retracción y Vr el volumen del núcleo retraído, se puede calcular el volumen del núcleo antes de sufrir retracción (Vt) utilizando la expresión:

$$V_r = V_t - V_r \times \frac{R}{100} \quad (5)$$

El paso siguiente en nuestro estudio, consiste en la determinación del número total de neuronas que integran el núcleo objeto de estudio.

Koningsmark y col. (1969) vieron la eficacia de 4 métodos diferentes para el estudio del número total de células en poblaciones neuronales. Esta valoración fué realizada comparando los resultados obtenidos por el recuento directo de la totalidad de células existentes en la población. Consideraron como técnica de muestreo más exacta aquella en la que, conocido previamente el volumen total (V) que ocupa la población objeto de estudio, se determina el número real de células (x) en una muestra de volumen conocido (v), tomada a partir de un conjunto de preparados escogidos de forma

periódica. El número total de neuronas (X) en la población fué estimado por estos autores como:

$$X = \frac{x \cdot V}{v} \quad (6)$$

Nosotros hemos seguido un procedimiento semejante al expuesto por Konigsmark, pero adaptandolo a las necesidades de nuestro material.

Para el desarrollo de nuestro método seleccionamos del número total de cortes obtenidos una muestra escogida de forma periódica.

Los preparados sobre los que se efectuaron los recuentos fueron observados, para tal fin, con el microscópio utilizando un objetivo de 63x y un ocular de 12,5x.

Para determinar la zona de recuento sobre el preparado, se utiliza una retícula ocular, cuyo lado con los aumentos antes reseñados y determinado mediante el micrómetro objetivo, es igual a 80 μ .

Hemos tomado como unidad de recuento el núcléolo neuronal, teniendo en cuenta que las neuronas cuyos nucléolos se hayan fuera de la retícula de recuento, no serán contados en su totalidad, sino solo aquellos que se encuentran

en el lado superior e izquierdo.

Inicialmente tomamos para recontar un número al azar de cuadrículas en los preparados elegidos, número que posteriormente comprobamos si es significativo mediante la aplicación del tratamiento estadístico de Azorin Poch (72) y Cochran (71) que corresponden a la siguiente expresión matemática:

$$n = \frac{N^2 \times K^2 \times \sigma^2 / e^2}{1 + \frac{N K^2 \sigma^2}{e^2}} \quad (7)$$

En donde:

N = Número total de paralelepípedos que contiene el núcleo.

n = Número de paralelepípedos que ha de contener la muestra.

σ^2 = Varianza de la población de paralelepípedos con respecto al carácter estudiado (número de neuronas por paralelepípedo).

e = Error máximo admisible para lo que se estime como número total de neuronas.

k = Desviación correspondiente al coeficiente de confianza (P_k).

Para un nivel de confianza del 95% $P_k = 0,95$.

$$K^2 = \frac{1}{1 - P_k}$$

$$K^2 = \frac{1}{1 - 0,95} = \frac{1}{0,05} = 20$$

Consideramos nuestro núcleo como una población estadística, para poder establecer el número de neuronas en ella existente se toma como unidad constitutiva de dicha población, el paralelepípedo de $6.400 \mu^2$ de superficie, anteriormente mencionado y que igualmente es considerado como unidad de volumen para el recuento.

Por tanto consideramos la población neuronal del núcleo geniculado lateral, constituida por una serie de paralelepípedos siendo el volumen de los mismos:

$$V_p = 1^2 \times \text{grosor del corte} = 62.656 \mu^3$$

El siguiente paso será la determinación del número medio de neuronas por paralelepípedo, y conociendo el número total de paralelepípedos que contiene nuestro núcleo, será posible conocer el número total de neuronas existentes en el

mismo.

$$\text{Número paralelepípedos} = \frac{\text{Volumen total del núcleo}}{\text{Volumen del paralelepípedo}}$$

5.- Determinación de parámetros celulares: medios de observación y procedimientos empleados.

Una vez determinado el número total de células que componen el núcleo, procedemos a la determinación de diversos parámetros celulares en el cuerpo geniculado lateral, centrándonos para dicho menester en el estudio de su parte dorsal.

Iniciamos el estudio, tomando muestras escogidas de modo aleatorio en las partes dorsales derecha e izquierda de cada uno de los ratones analizados.

Cada una de estas muestras contenía un número de células que representaba aproximadamente el 10% del total y estaban distribuidas a lo largo de diferentes niveles del núcleo considerado. Las células escogidas debían mostrar la masa de heterocromatina asociada al nucléolo dispuestas de manera perpendicular a la dirección de observación, de manera que fuesen fácilmente observables y medibles, se descartaron también las células cuyo nucléolo ofrecía la posibilidad de aparecer cortado en la preparación procurándose que el nucléolo estuviera totalmente contenido en el corte para las células escogidas.

De dichas células se realizaron impresiones fotográficas en blanco y negro. Todas ellas fueron fotografiadas a los mismos aumentos, utilizando un objetivo de inmersión planacromático 100x y un proyectivo de 12,5x.

Los aumentos totales que sufren nuestras células los hemos calculado realizando una fotografía del micrómetro objetivo y midiendo sobre el negativo, utilizando para ello una escala milimetrada, los cm. en que se convierten un determinado número de μ del micrómetro, concretamente hemos observado que 30 μ del micrómetro, con los aumentos utilizados, se transforman en 2,05 cm. ó lo que es igual en 20.500 μ , en el negativo, con lo cual podemos afirmar que el aumento utilizado ha sido de 683,33x.

Teniendo en cuenta el ocular y objetivo que usamos, el aumento obtenido debería ser $100 \times 12,5 = 1250x$.

La disminución sufrida en los aumentos es debida al factor de prolongación, el cual depende de la longitud del tubo.

En nuestro caso este factor de prolongación es de 0,5468 y su cálculo se obtiene viendo la relación existente entre los aumentos obtenidos al fotografiar el micrómetro y los aumentos que deberían aparecer según el objetivo y ocular utilizados.

En nuestro caso concreto sería:

$$\frac{683,33}{1250} = 0,5468$$

Antes de realizar las impresiones fotográficas, hemos procedido a la cuadrícula de los dibujos correspondientes a los distintos cortes integrantes del núcleo geniculado lateral, utilizando para ello unos ejes de coordenadas orientados de manera determinada, de modo que tanto el eje de las X como el de las Y contacten con determinadas puntos de referencia tomados en el núcleo. A cada uno de los cuadros obtenidos se le asigna sus coordenadas (X.Y.).

La longitud correspondiente al lado de cada cuadrado en los dibujos es de 3 cm, y por tanto su superficie es de 9 cm².

Puesto que estos dibujos los hemos realizado proyectando los diferentes cortes con el microproyector y puesto que los aumentos lineales que utilizamos para ello, como ya se especificó en el apartado correspondiente fueron de 200x, la transformación que habremos de realizar para convertir los 9 cm² del dibujo en μ^2 reales será:

$$9 \text{ cm}^2 = 900.000.000 \mu^2$$

$$\frac{900.000.000 \mu^2}{40.000} = 22.500 \mu^2$$

luego la longitud real de cada cuadro viene a ser:

$$l_1 = \sqrt{22.500} = 150 \mu$$

Para la realización de nuestras fotos hemos utilizado una retícula ocular.

La longitud del lado de cada división de la retícula ocular, medida sobre el micrómetro, con los diferentes objetivos viene a ser:

- Objetivo (2,5x):

$$l_2 = 200 \mu \text{ reales}$$

$$S = 40.000 \mu^2.$$

- Objetivo (6,3x):

$$l_2 = 80 \mu \text{ reales}$$

$$S = 6.400 \mu^2.$$

- Objetivo (16x):

$$l_2 = 30 \mu \text{ reales}$$

$$S = 900 \mu^2.$$

- Objetivo (40x):

$$l_2 = 12,5 \mu \text{ reales}$$

$$S = 156,25 \mu^2.$$

- Objetivo inmersión (100x):

$$l_2 = 5 \mu \text{ reales}$$

$$S = 25 \mu^2.$$

Logicamente, tendremos que determinar la equivalencia existente entre la longitud real de los lados de cada división de la retícula y la longitud real del lado de los cuadros dibujados.

Esta relación ó equivalencia será:

- Con objetivo (2,5x): $\frac{150 \mu}{200 \mu} = 0,75$, luego hemos de concluir que 0,75 divisiones de la retícula se corresponden con 1 cuadro del dibujo ó dicho de otra manera; 0,75 μ de lado en la retícula se corresponden con 1 lado en el dibujo.

- Con objetivo (6,3x): $\frac{150 \mu}{80 \mu} = 1,875$, ó sea cada cuadro de 9 cm^2 (22.500 u^2) vale 1,875 divisiones de la retícula.

- Con objetivo (16x): $\frac{150 \mu}{30 \mu} = 5$, luego 1 cuadro de 9 cm^2 equivale a 5 divisiones de la retícula.

- Con objetivo (40x): $\frac{150 \mu}{12,5 \mu} = 10,5$, luego cada cuadro de 9 cm^2 equivale a 10,5 divisiones de la retícula.

- Con objetivo de inmersión (100x): $\frac{150 \mu}{5 \mu} = 30$, luego cada cuadro de 9 cm^2 equivale a 30 divisiones de la retícula.

Según esto observamos que las coordenadas (1-1), (1-2), (1-3) etc. en el dibujo, tienen, utilizando el objetivo de 2,5x, la siguiente correspondencia en la retícula.

<u>Dibujo</u>	<u>Retícula</u>
(1-1)	(0,75-0,75)
(1-2)	(0,75-1,5)
(1-3)	(0,75-2,25)
(2-1)	(1,5-0,75)
(2-2)	(1,5-1,5)
(2-3)	(1,5-2,25)
(3-1)	(2,25-0,75)
(3-2)	(2,25-1,5)
(3-3)	(2,25-2,25)
(4-1)	(3-0,75)
(4-2)	(3-1,5)
(4-3)	(3-2,25)
(4-4)	(3-3)

<u>Dibujo</u>	<u>Retícula</u>
(5-1)	(3,75-0,75)
(5-2)	(3,75-1,5)
(5-3)	(3,75-2,25)
(5-4)	(3,75-3)
(5-5)	(3,75-3,75)
(6-1)	(4,5-0,75)
(6-2)	(4,5-1,5)
(6-3)	(4,5-2,25)
(6-4)	(4,5-3)
(6-5)	(4,5-3,75)
(7-1)	(5,25-0,75)
(7-2)	(5,25-1,5)
(7-3)	(5,25-2,25)
(7-4)	(5,25-3)
(8-1)	(6-0,75)
(8-2)	(6-1,5)
(8-3)	(6-2,25)
(8-4)	(6-3)
(8-5)	(6-3,75)
"	"
etc.	etc.

Así pues el proceso seguido para la realización de las fotografías ha sido el siguiente: elegido un cuadro cualquiera del dibujo, este es localizado mediante la utilización de un objetivo de bajo aumento (2,5x), con las coordenadas que le corresponden en la retícula. De la zona

ocupada por este cuadro en la retícula elegimos una neurona cualquiera (en la que sea observable su nucléolo y heterocromatina), dicha neurona la llevamos hasta el centro de la retícula moviendo la preparación sobre la platina, una vez allí cambiamos de objetivo con cuidado de no perderla. De este modo, una vez colocado en el revolver el objetivo de inmersión, 100x, podemos fotografiar la célula quedando determinada exactamente la posición que ocupa dicha célula en el núcleo.

Los negativos fueron obtenidos por duplicado para cada imagen, obteniéndose una impresión con filtro verde y otra con filtro rojo.

Con la impresión en que utilizamos el filtro verde, obtenemos una imagen general de la célula en que aparece resaltado el nucléolo, por el contrario al utilizar el filtro rojo aparece resaltada la heterocromatina.

Para la realización de las impresiones fotográficas hemos utilizado una película de sensibilidad media (Negra, S = 100 Asa). Esta película presenta la ventaja de dar una gran nitidez en la imagen.

Los negativos así obtenidos eran montados sobre un marquito de diapositivas para proyectarlos como tales. Los negativos eran proyectados sobre una pantalla horizon

tal con la ayuda de un espejo situado en ángulo de 45° frente al proyector y en la vertical de la pantalla.

De cada una de las células proyectadas se realizó un dibujo y en ellas se llevaron a efecto las siguientes medidas:

- Superficie celular. (SC)
- Superficie nuclear. (SN)
- Superficie nucleolar. (SNu)
- Superficie de la heterocromatina asociada al nucléolo. (SHCnu)

Para la realización de tales medidas fué necesario la utilización del planímetro.

Los resultados obtenidos, expresados en cm^2 hay que transformarlos en μ^2 reales, para conseguir esta transformación hemos realizado una fotografía del micrómetro y la hemos proyectado, al igual que hicimos con las neuronas, observándose que 10 μ del micrómetro equivalen a 9 cm en el papel, lo que equivale a decir que el aumento lineal conjunto producido en las células por el microscopio y el proyector de diapositivas es de 9000x.

El aumento en superficie será $9.000 \times 9.000 = 81.000.000 \mu^2$.

El número por el que habremos de multiplicar los cm^2 obtenidos en los dibujos para convertirlos en μ^2 reales vendrá dado por el cociente.

$$\frac{100.000.000}{81.000.000} = 1,2345$$

Hemos realizado unas tablas, situadas en el apartado "Resultados", en las que expresamos los valores cuantitativos de los diferentes parámetros celulares ya señalados, así como los valores correspondientes al Índice de Constitución (IC) y a la Constante de Organización nuclear (CON).

Las fórmulas que representan los dos nuevos parámetros, establecidos por Rios Guadix, en su tesis doctoral, (1975) vienen expresados por:

$$IC = \frac{SHCnu}{SNu} \quad (8)$$

$$CON = \frac{SHCnu + SNu}{SC} \times 100 \quad (9)$$

En donde:

SHCnu = Superficie de la heterocromatina asociada al nucléolo.

SNu = Superficie del nucléolo.

SC = Superficie celular.

Como ya indicamos, las muestras correspondientes a las partes dorsales de los núcleos geniculados laterales derecho e izquierdo de cada ratón, fueron tomados de modo aleatorio y sometidos al tratamiento estadístico de Azorin Poch (1972) y Cochran (1971), utilizando la siguiente expresión matemática:

$$n = \frac{\frac{K^2 \cdot S^2}{e^2}}{1 + \frac{K^2 \cdot S^2}{N \cdot e^2}} \quad (10)$$

Siendo:

K^2 = Constante = 20.

S^2 = Varianza de la media del carácter.

e = 10% del valor medio (\bar{x}) del carácter que se utilice.

N = Número total de neuronas en la parte dorsal del núcleo.

Como carácter para la aplicación de esta fórmula hemos utilizado el índice de constitución (IC), habiéndose comprobado previamente que con él, el número de células (n) integrantes de la muestra es mayor que si utilizamos como carácter cualquier otro parámetro celular como por ejemplo, tamaño medio de la HCnu, tamaño medio del Nu, etc.

Una vez conocidos los valores de los distintos parámetros celulares estamos en condiciones de determinar dentro de cada núcleo geniculado lateral dorsal las relaciones ó cocientes que a continuación se enuncian:

- Relación entre la superficie nuclear y superficie celular (SN/SC).
- Relación entre la superficie del nucléolo y la superficie celular (SNu/SC).
- Relación entre la superficie de la heterocromatina asociada al nucléolo y la superficie celular (SHCnu/SC).
- Relación entre la superficie nucléolar y la superficie nuclear (SNu/SN).
- Relación entre la superficie de la heterocromatina asociada al nucléolo y la superficie nuclear (SHCnu/SN).

Así como los coeficientes de correlación existentes entre las parejas de valores siguientes:

SN	SC
SNu	SC
SHCnu	SC

SNu SN
 SHCnu SN
 SHCnu SNu

La fórmula que expresa el coeficiente de correlación entre una serie de parejas de valores viene dado por la expresión:

$$r = \frac{\rho}{\sigma_x \sigma_y} \quad (11)$$

Siendo:

r = Coeficiente de correlación.

ρ = Covarianza.

σ_x = Desviación típica de uno de los valores de las parejas.

σ_y = Desviación típica de otro de los valores de las parejas.

Cada uno de estos parámetros viene expresado por las fórmulas:

$$\rho = \frac{1}{n} \sum X_i Y_i - \bar{X} \bar{Y} \quad (12)$$

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{n} \sum X_i^2 - \bar{X}^2 \quad (13)$$

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{n} \sum Y_i^2 - \bar{Y}^2 \quad (14)$$

donde:

n = número de parejas de la serie.

$\sum X_i Y_i$ = suma total de los resultados del producto de los valores de cada pareja.

\bar{X} = Valor medio de uno de los componentes de las parejas.

\bar{Y} = Valor medio del otro componente de ellas.

$\sum X_i^2$ = Suma total de los distintos cuadrados de uno de los valores de las parejas.

$\sum Y_i^2$ = Suma total de los diferentes cuadrados del otro de los valores de ellas.

6.- Estudios comparativos.

Realizamos a continuación, un estudio comparativo de los distintos parámetros celulares y cocientes obtenidos, entre los NGLd derecho e izquierdo de cada animal y entre los de animales diferentes.

Para comprobar, en este estudio, si las diferencias obtenidas entre los Núcleos geniculados laterales dorsales de un mismo animal, así como entre cada dos animales son significativas ó no, realizamos un test de comparación de medias, del siguiente modo:

Si llamamos m_1 y m_2 a los valores medios de 2 de los parámetros que estamos comparando y σ_1 y σ_2 a sus respectivas desviaciones típicas, podemos determinar el error standard de la diferencia de las medias (Sd) mediante la ecuación:

$$Sd = \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}} \quad (15)$$

siendo n_1 y n_2 el número de datos que hemos utilizado para el cálculo de las medias m_1 y m_2 .

A continuación podemos calcular:

$$td = \frac{|m_1 - m_2|}{Sd} \quad (16)$$

Si adoptamos un coeficiente de seguridad del 95%, los valores de t_d superiores a 2, resultan ser significativos y no lo son los valores inferiores a dicha cifra.

En la comparación llevada a efecto para los distintos parámetros celulares y cocientes, entre los Núcleos geniculados laterales de los diferentes animales, se aplicó un "análisis de la varianza" para testificar la homogeneidad de un conjunto de muestras, en nuestro caso 3, en lo que concierne a un carácter cuantitativo.

La dispersión factorial, S_f^2 , viene representada por la suma de los cuadrados de las desviaciones entre las medias de las muestras y la media general, estando cada término multiplicado por el número de variables de la serie.

$$S_f^2 = n_1 (m_1 - M)^2 + n_2 (m_2 - M)^2 + n_3 (m_3 - M)^2 \quad (17)$$

Siendo:

n_i = Número de elementos de cada muestra.

m_i = Valor medio para cada muestra.

M = Valor medio general.

Esta S_f^2 presenta $3-1 = 2$ grados de libertad.

La dispersión residual, S_r^2 , viene representada por la suma de los cuadrados de las desviaciones de los resultados individuales a las medias respectivas de las muestras.

$$S_r^2 = \sum (x_1 - m_1)^2 + \sum (x_2 - m_2)^2 + \sum (x_3 - m_3)^2 \quad (18)$$

Siendo:

x_i = Valor de cada uno de los elementos de las muestras.

m_i = Media de cada una de las muestras.

Esta S_r^2 presenta $(n_1+n_2+n_3) - 3$ grados de libertad.

Se puede estimar de dos maneras distintas la varianza de la población única origen de las 3 muestras.

De una parte, a partir de la dispersión factorial S_f^2 :

$$U_f = \frac{1}{2} S_f^2 \quad (19)$$

de otra, a partir de la dispersión residual S_r^2 :

$$U_r = \frac{1}{(n_1 + n_2 + n_3) - 3} S_r^2 \quad (20)$$

Estas dos estimaciones son independientes. Podremos, pues, compararlas por el método de Snédecor.

Para ello se forma la relación:

$$\frac{U_f}{U_r} \quad (21)$$

El valor obtenido para este cociente, se compara con los valores de la tabla de Snédecor, correspondientes a los grados de libertad $\nu = 2$ y $\nu = (n_1 + n_2 + n_3) - 3$, para un coeficiente de seguridad del 95%, pudiendo afirmar que existen diferencias reales entre las tres muestras, en el caso de que el valor del cociente $\frac{U_f}{U_r}$ sea mayor que los valores dados por la tabla de Snédecor, para los grados de libertad indicados.

7.- Estudios de poblaciones neuronales.

Para el estudio de poblaciones neuronales en el Núcleo geniculado lateral dorsal del ratón, se ha utilizado una muestra que contiene aproximadamente el doble del número de células necesario (según aplicación de la fórmula de Azorin) para la determinación del parámetro tamaño del soma neuronal.

El sistema empleado para este estudio ha sido el siguiente:

Utilizando una película con sensibilidad 100 Asa, realizamos impresiones fotográficas de las neuronas, utilizando para ello un objetivo de 16x y un ocular de 12,5x. Para contrastar la imagen se utilizó un filtro verde.

Las impresiones fotográficas se realizaron a diferentes niveles en el Núcleo, desde la parte más posterior a la más anterior.

Los aumentos totales que presentan las células ya ampliadas, se calculan fotografiando un micrómetro objetivo, obteniéndose un índice de aumento de 1.100x.

Dentro de cada una de las fotografías obtenidas, realizamos medidas mediante planímetro, de la superficie ce

lular de todas las neuronas que en ella aparecen, tanto de aquellas que muestran su nucléolo como de aquellas otras que no lo muestran debido a que el corte las haya cogido a un ni vel en que aquel ya no existe.

Las mediciones obtenidas mediante este procedimien to fueron utilizadas para efectuar las correspondientes gráficas y análisis.

OBSERVACIONES Y RESULTADOS.-

1.- Morfología general de la zona
objeto de estudio.

El núcleo geniculado lateral, situado en la parte dorsal del tálamo, está delimitado externa y dorsalmente por el tracto óptico, ventralmente por el tálamo ventral y medialmente por la parte posterior del núcleo lateral. En el ratón, al igual que en el resto de los roedores, el núcleo geniculado lateral se encuentra constituido por dos partes: dorsal y ventral, separadas ambas por un plexo de fibras.

La parte dorsal del núcleo muestra un contorno ovalado y presenta un tamaño mayor que la parte ventral, ésta última presenta un contorno más redondeado con el polo inferior curvado hacia dentro.

En la parte ventral del NGL, se aprecia claramente la existencia de dos regiones, medial y lateral, las cuales presentan tamaños diferentes.

En la lámina 3 y 4 exponemos 2 fotografías realizadas a diferentes aumentos de dos cortes de cerebro de ratón donde se aprecia la morfología que presenta el Núcleo geniculado lateral en sus porciones medias. En la fotografía de la lámina 4 se puede apreciar la disposición del citado núcleo con mayor detalle.

El Núcleo geniculado lateral en sus regiones más

anteriores, próximo a su comienzo, muestra sólo su parte dorsal, al ir avanzando hacia la parte posterior esta va aumentando de tamaño, a la vez que aparece la parte ventral, consiguiéndose los tamaños máximos para ambas partes en sus porciones medias, desde aquí hasta la región posterior el núcleo decrece llegando a desaparecer primero la región ventral y por último la dorsal.

En cuanto a la disposición del Núcleo geniculado lateral diremos que su parte dorsal muestra un aspecto irregular, debido a la ausencia de una ordenación celular patente.

En la lámina 5 se puede observar la disposición mostrada por las neuronas en la parte dorsal del NGL. Dichas neuronas presentan una forma esférica u ovoidal encontrándose junto a regiones densamente pobladas, otras donde apenas aparecen células, estando estas zonas ocupadas principalmente por fibras. Las células superficiales situadas en las proximidades del tracto óptico presentan generalmente formas elipsoidales, teniendo un diámetro menor que aquellas otras situadas en la parte más interna del núcleo.

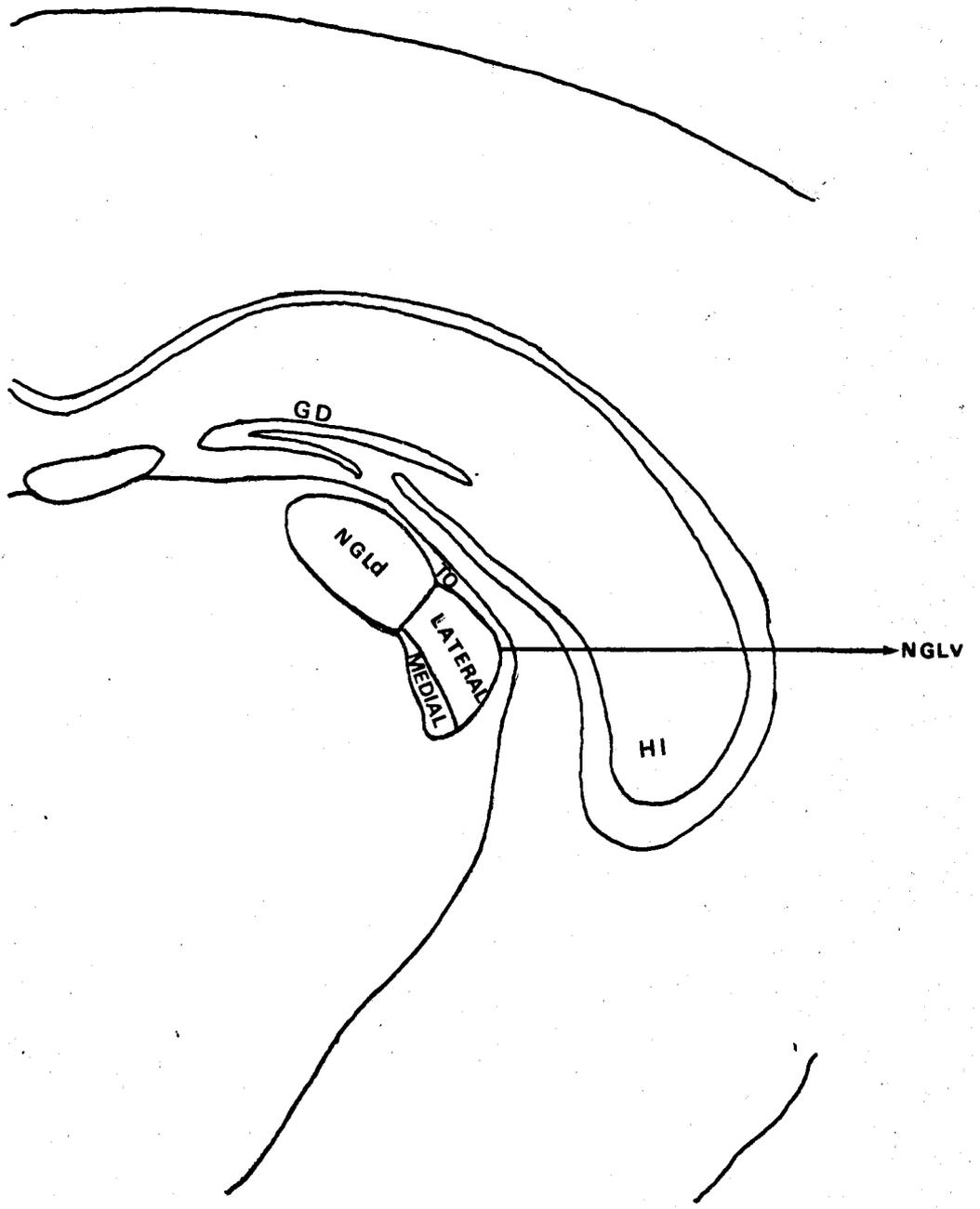
Las formas que presentan las neuronas en la parte dorsal del Núcleo así como sus tamaños se evidencian con mayor claridad en la lámina 6.

En la parte ventral del NGL, se observa un predominio de células pequeñas en su región medial y de grandes células en su región lateral.

Se ha comprobado en el Núcleo geniculado lateral la presencia de neuronas binucleoladas, tanto en su parte dorsal como en la ventral, representando estas un porcentaje con respecto al número total de neuronas según hemos podido comprobar en otros trabajos, de aproximadamente un 3% para la parte dorsal y un 5% para la ventral.

LAMINA 3

Corte histológico de cerebro de ratón donde se aprecia una sección del núcleo geniculado lateral a nivel medio.
Las siglas como en la lámina 1.



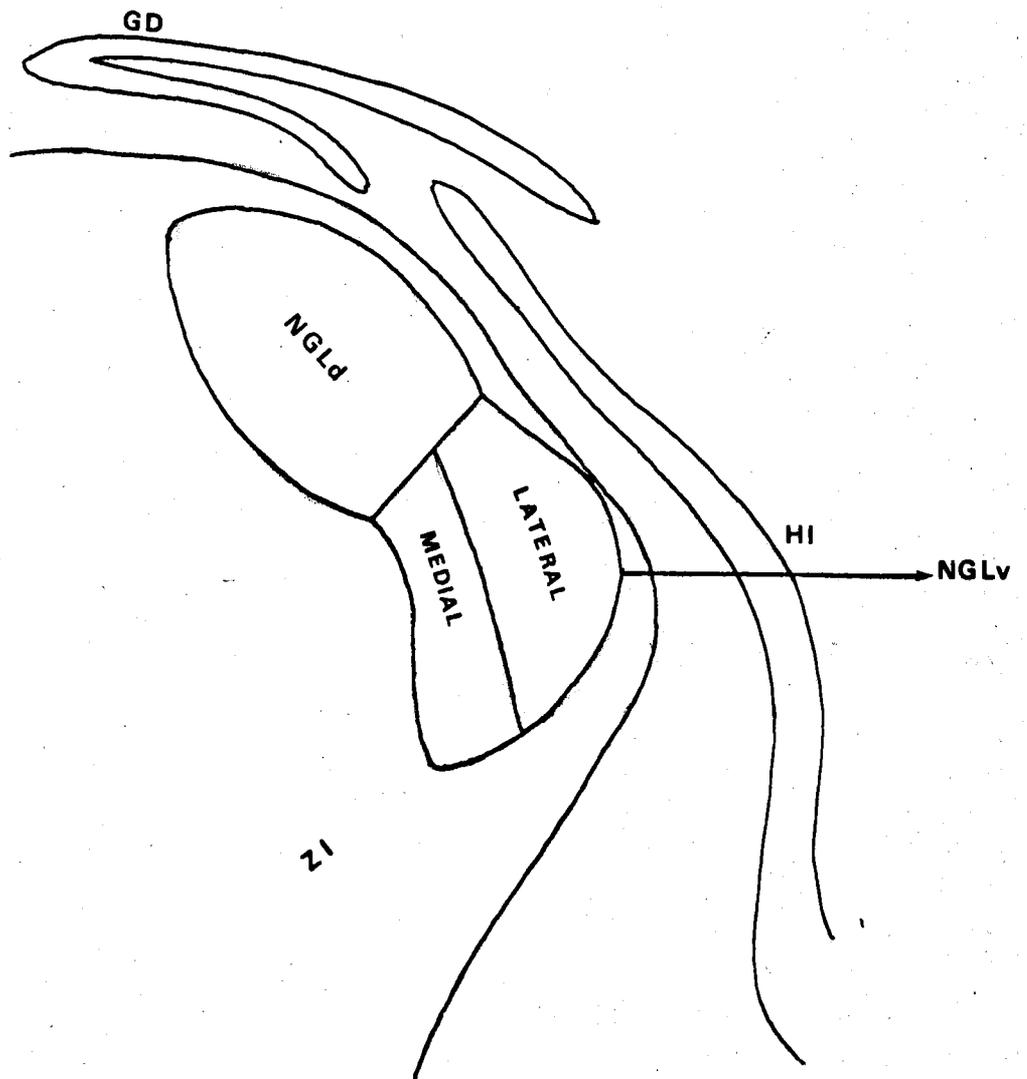
LAMINA 3.-



1mm

LAMINA 4

Corte histológico de cerebro de ratón en el que se observa una sección del núcleo geniculado lateral a nivel medio. Las siglas como en la lámina 1.



LAMINA 4.-



LAMINA 5

Aspecto y disposición general de las células de la parte dorsal del Núcleo geniculado lateral. Tinción con verde metilo-pironina.

A: Aspecto general de la parte dorsal del NGL.

B: Disposición neuronal en la zona central del NGLd.







LAMINA 6

Aspecto general de las neuronas del núcleo geniculado lateral dorsal. Observese las diferencias de formas y tamaños, así como la presencia de células binucleoladas. Estas últimas se han indicado con flechas.



50 μ

2.- Resultados obtenidos tras la aplicación
de la técnica de tinción.

Las neuronas del cerebro de ratón, en las preparaciones realizadas con la técnica del verde metilo-pironina, presentan el aspecto mostrado en la lámina 7. Su citoplasma más ó menos granular, aparece teñido de rojo; el núcleo, claro, contiene un nucléolo intensamente teñido de rojo que presenta adosada a su superficie una ó dos masas heterocromaticas de color verde; el resto de la zona nuclear muestra algunos grumitos verdes y rojos, de pequeño tamaño y número escaso.

Debido a las propias características citoquímicas de la tinción con verde metilo-pironina, como a las peculiaridades de las imágenes obtenidas, se viene considerando que los componenetes celulares basófilos, intra ó extranucleares, ricos en RNA, se corresponden con las zonas que aparecen teñidas de rojo; la cromatina nuclear toma, por el contrario, el color verde, revelando su constitución a base de desoxirribonucleoproteinas. De esta forma, en las neuronas del ratón, el nucléolo y los materiales basófilos citoplasmáticos equivalentes a los grumos de Nissl, aparecen con coloración roja, mientras que los grumos de color verde azulado intranucleares representarían masas heterocromáticas, destacando entre ellas las de HC asociada al nucléolo por su peculiar tamaño y localización.

Las células neuronales del geniculado del ratón albino presentan, por tanto, unas masas de heterocromatina asociada al nucléolo relativamente voluminosas, mientras que la existencia de cromocentros es, por el contrario, escasa. En los núcleos de las células gliales aparecen, sin embargo, una mayor cantidad de componentes heterocromáticos, bajo la forma de cromocentros, adosados a la cara interna de la membrana nuclear; el citoplasma glial se presenta con un aspecto uniforme, tiñéndose tenuamente de un color rojo rosado.

Con respecto a la forma como se desarrolla la tinción del material con el verde metilo-pironina, es interesante hacer notar la diferencia de coloración de esta heterocromatina en relación al pH utilizado y al proceso empleado en la técnica. Es fundamental, para la obtención de una coloración homogénea y constante, la purificación del verde metilo comercial en la forma descrita en el apartado "Métodos", así como una fijación del pH óptimo para el material empleado. A pHs bajos predomina la tinción de las estructuras celulares que toman el color verde, de manera que a medida que bajamos el pH de la mezcla colorante por debajo de 5 la coloración de citoplasma y nucléolo se va haciendo más tenue, mientras que la heterocromatina toma una coloración verdosa de color cada vez más nítido. Llega un momento, cuando el pH se ha hecho demasiado bajo, en que desaparece prácticamente la coloración de las estructuras ribonucleoprotéicas, apareciendo sólo las estructuras celulares

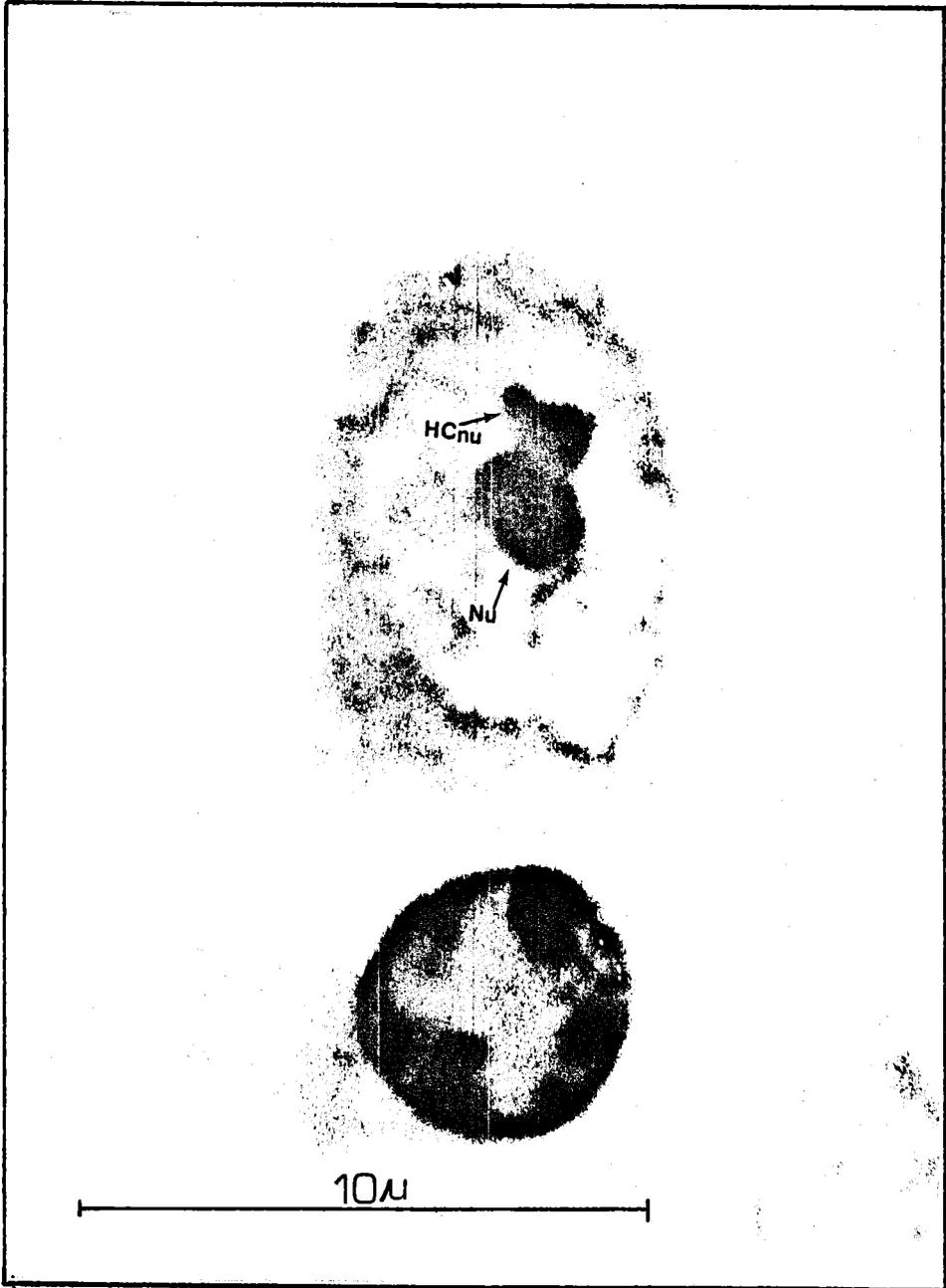
heterocromáticas en una tonalidad verde, coloración que no llega a desaparecer ni a pHs muy bajos.

Por el contrario, a medida que realizamos el método de tinción a pHs cada vez más básicos, la intensidad de coloración del citoplasma y nucléolo va aumentando, llegando incluso a aparecer la heterocromatina en un color azulado, en lugar de verde, posiblemente porque, a este pH tan alto, las estructuras heterocromáticas sufran un virado.

De manera que es preciso una fijación estricta del pH óptimo para el material usado que permita colorear suficientemente en rojo y verde los componentes celulares constituidos por RNA y DNA respectivamente; de otra forma existiría una disminución ó enmascaramiento de la coloración que repercutirá siempre en la nitidez de las estructuras.

LAMINA 7

Imágen de una neurona y una célula glial, del Núcleo geniculado lateral dorsal del ratón, teñidas con la técnica del verde metilo-pironina.



3.- Determinaciones volumétricas y cálculo
del número total de neuronas.

Determinaciones volumétricas.-

Una vez delimitado el núcleo geniculado lateral dorsal y determinado el número de cortes que integran dicho núcleo, se procede, como ya indicamos en el apartado correspondiente, a la obtención de un dibujo de cada uno de los cortes mediante proyección.

Sobre cada uno de los dibujos se determinó la superficie ocupada por la zona objeto de estudio. Conocida esta y obtenido el grosor medio de los cortes (tabla I), nos encontramos en condiciones de iniciar el cálculo volumétrico en los núcleos geniculados laterales dorsales derecho e izquierdo, de cada uno de los ratones analizados.

Ilustramos a continuación (tabla II) los valores volumétricos expresados en μ^3 , obtenidos para las partes dorsales de los núcleos geniculados laterales derecho e izquierdo de los diferentes ratones.

Cálculo del número total de neuronas.-

Realizadas las determinaciones volumétricas, se

procedió a un estudio cuantitativo del número de neuronas en la parte dorsal del núcleo geniculado lateral.

Para la determinación del número total de neuronas de dicho núcleo, se seleccionó, como ya se indicó anteriormente, del número total de cortes integrantes del núcleo, una muestra escogida de forma aleatoria.

Se tomó como unidad de recuento sobre el preparado un paralelepípedo de 80 μ de lado, utilizando una retícula ocular y como criterio diferenciador el nucléolo neuronal.

Los resultados obtenidos para los núcleos genic

lados laterales dorsales derecho e izquierdo, de cada uno de los ratones analizados, se exponen en la tabla III.

	Gm	σ_n
RATON N° 1	9,79	0,4085
RATON N° 2	11,80	0,5374
RATON N° 3	10,54	0,4898

TABLA I: Valores medios del grosor de los cortes para cada uno de los cerebros utilizados. Tanto el grosor medio como su desviación típica vienen expresados en μ .

	NGLd derecho	NGLd izquierdo
RATON 1º	$1,45 \times 10^5 \mu^3$	$1,43 \times 10^5 \mu^3$
RATON 2º	$1,47 \times 10^5 \mu^3$	$1,49 \times 10^5 \mu^3$
RATON 3º	$1,44 \times 10^5 \mu^3$	$1,44 \times 10^5 \mu^3$

TABLA II: Valores volumétricos de los NGLd derecho e izquierdo en los diferentes animales.

	NGLd derecho	NGLd izquierdo
RATON 1º	22.346	22.026
RATON 2º	21.662	22.059
RATON 3º	20.648	20.504

TABLA III: Número total de neuronas en los NGLd derecho e izquierdo de cada animal.

4.- Valores de los parámetros
celulares analizados.

Las muestras representativas de la zona dorsal de los diferentes Núcleos geniculados laterales analizados, fueron obtenidas tras someter a tratamiento estadístico, las muestras inicialmente tomadas, utilizando para ello la fórmula de Azorin y tomando como caracter para determinar la desviación tipo, los valores del Índice de Constitución.

Para obtener valores fiables, se han tenido que realizar medidas con un valor medio de 201 neuronas por núcleo, haciendo un total de 1205 células, repartidas entre los 6 Núcleos geniculados laterales dorsales utilizados.

En cada neurona, se ha medido:

- Superficie Celular.
- Superficie del Núcleo.
- Superficie del Nucléolo.
- Superficie de la heterocromatina asociada al nucléolo.

Y se ha determinado el:

- Índice de Constitución.
- Constante de Organización nucleolar.

Los valores de los distintos parámetros celulares, en los diferentes núcleos geniculados laterales dorsales, se ofrecen en las tablas de valores A, B, C, D, E y F.

En ellas, los valores que se refieren a las distintas superficies vienen expresados en micras cuadradas, el IC y la CON no se expresan lógicamente, en ningún tipo de unidades.

Las distintas medidas celulares vienen ordenadas en las tablas y en cada núcleo, según valores decrecientes de la Superficie Celular.

LAMINA 8

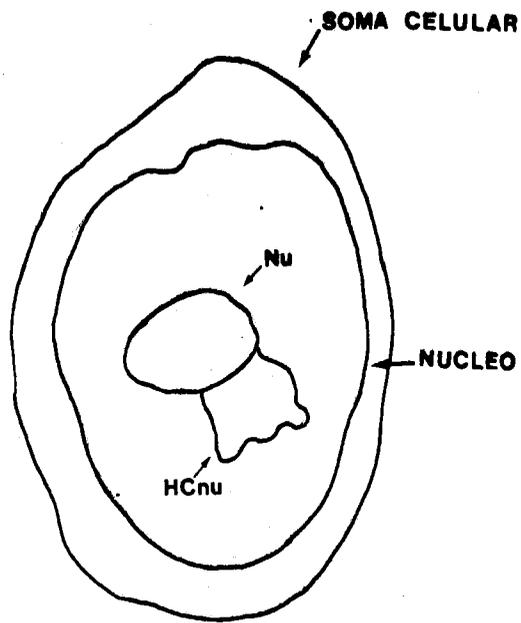
Aspecto de varias neuronas del Núcleo geniculado lateral dorsal del ratón. Tinción con verde metilo-pironina.

A: Neurona en la que se han señalado los límites del soma, núcleo, nucléolo y heterocromatina asociada al nucléolo.

B: Neurona en cuyo núcleo se observa la presencia de una masa de heterocromatina compartida por dos nucléolos. Ambos nucléolos vienen indicados por flechas.

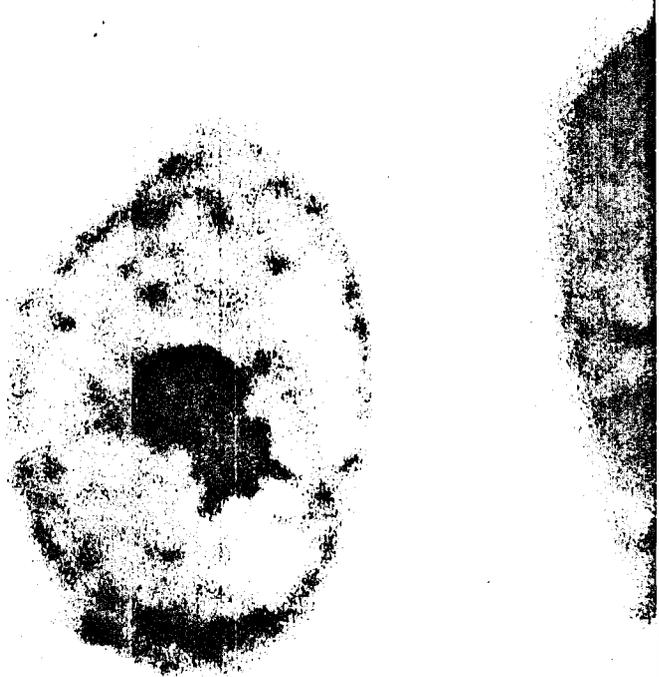
C: Neurona binucleolada de la zona central del NGLd. Los nucléolos vienen indicados por flechas.

D: Neuronas de la zona periférica externa del NGLd.



LAMINA 8:A.-

A



10μ

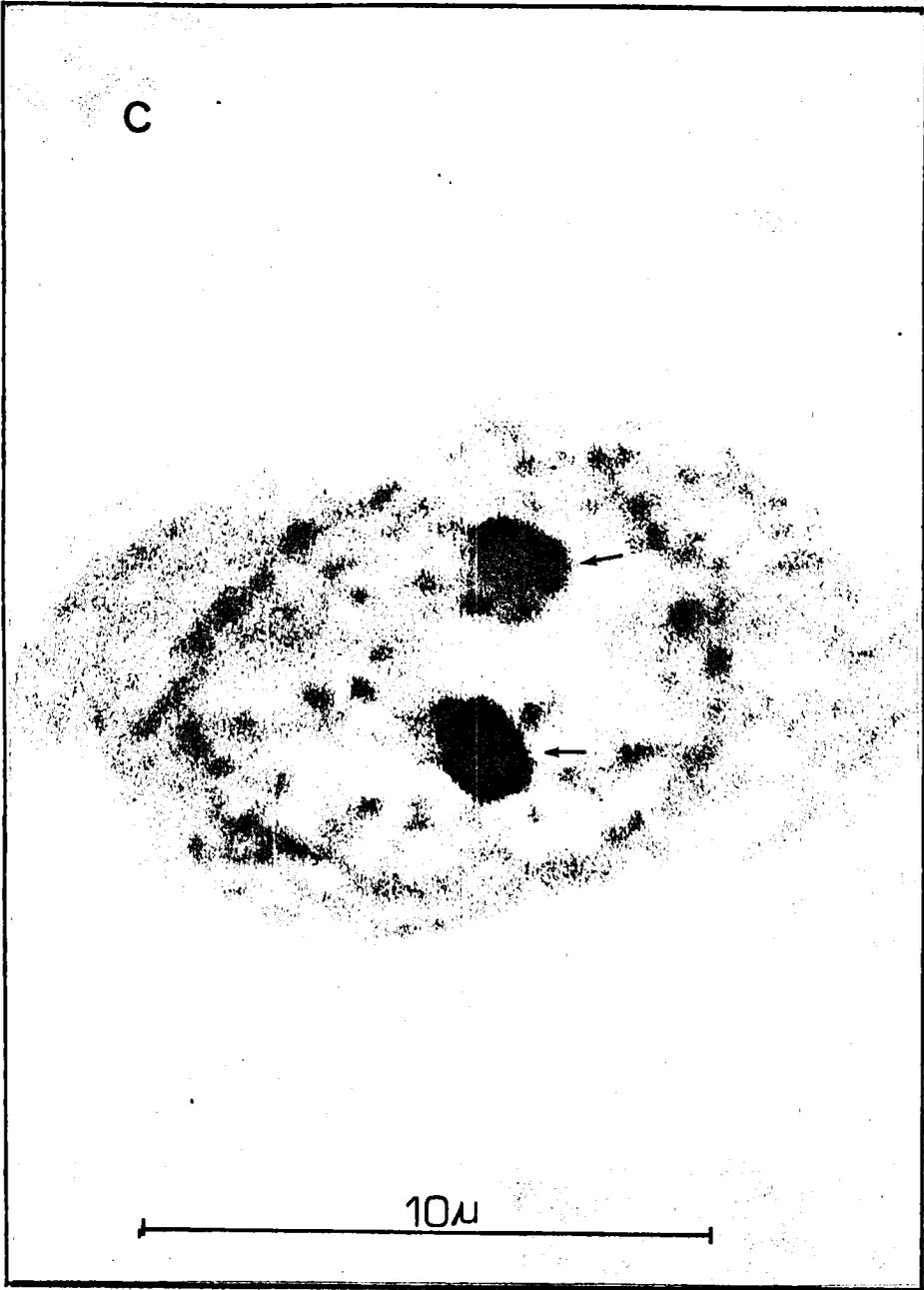


B



10 μ

C



D



10μ



Realizada la medida de los diversos parámetros en cada una de las neuronas integrantes de las muestras representativas de los distintos núcleos geniculados laterales dorsales analizados, procedemos a la determinación del valor medio y desviación típica de cada uno de dichos parámetros celulares, encontrando los siguientes resultados:

RATON Nº 1: NGLd Derecho.

- Superficie Celular media (\overline{SC}) = 87,3983 μ^2

Desviación típica (σ_n) = 25,0268 μ^2

n = 204

Los valores de la superficie celular oscilan en este núcleo entre 38,2954 μ^2 y 168,7356 μ^2 .

- Superficie Nuclear media (\overline{SN}) = 46,3220 μ^2

Desviación típica (σ_n) = 12,5703 μ^2

Los valores de la superficie nuclear oscilan en este núcleo entre 19,6134 μ^2 y 89,1186 μ^2 .

- Superficie Nucleolar media (\overline{SNu}) = 2,0509 μ^2

Desviación típica (σ_n) = 0,5147 μ^2

Los valores de la superficie nucleolar oscilan en este núcleo entre 1,0176 μ^2 y 3,7180 μ^2 .

- Superficie media de la Heterocromatina asociada al nucléolo
 $(\overline{\text{SCHCnu}}) = 2,2949 \mu^2$
 Desviación típica $(\sigma_n) = 0,4804 \mu^2$
 Los valores de la Superficie de la Heterocromatina asociada al nucléolo oscilan en este núcleo entre $1,2074 \mu^2$ y $3,7436 \mu^2$.

- Valor medio del Índice de Constitución = 1,1783
 Desviación típica $(\sigma_n) = 0,3497$
 Los valores del Índice de constitución oscilan en este núcleo entre 0,4390 y 2,2222.

- Valor medio de la Constante de Organización Nucleolar =
 = 5,2306
 Desviación típica $(\sigma_n) = 1,1256$
 Los valores de la Constante de organización Nucleolar oscilan en este núcleo entre 2,8593 y 8,7504.

RATON Nº 1: NGLd izquierdo.

- Superficie Celular media $(\overline{\text{SC}}) = 80,1463 \mu^2$
 Desviación típica $(\sigma_n) = 32,4773 \mu^2$
 $n = 218$
 Los vaores de la Superficie celular oscilan en este núcleo entre $30,9640 \mu^2$ y $174,7521 \mu^2$.

- Superficie Nuclear media (\overline{SN}) = 36,6698 μ^2
 Desviación típica (σ_n) = 13,2336 μ^2
 Los valores de la superficie nuclear oscilan en este núcleo entre 11,8334 μ^2 y 75,5312 μ^2 .
- Superficie Nucleolar media (\overline{SNu}) = 1,8613 μ^2
 Desviación típica (σ_n) = 0,4326 μ^2
 Los valores de la Superficie nucleolar oscilan en este núcleo entre 0,9142 μ^2 y 3,4534 μ^2 .
- Superficie media de la Heterocromatina asociada al nucléolo (\overline{SHCnu}) = 2,3107 μ^2 .
 Desviación típica (σ_n) = 0,5755 μ^2
 Los valores de la Superficie de la Heterocromatina asociada al nucléolo oscilan en este núcleo entre 1,0521 μ^2 y 4,2057 μ^2 .
- Valor medio del Índice de Constitución = 1,2832
 Desviación típica (σ_n) = 0,3722
 Los valores del Índice de constitución oscilan en este núcleo entre 0,5424 y 2,6621.
- Valor medio de la Constante de Organización Nucleolar = 5,8250
 Desviación típica (σ_n) = 1,9836
 Los valores de la Constante de organización nucleolar oscilan en este núcleo entre 2,4024 y 11,7542.

RATON Nº 2: NGLd Derecho

- Superficie Celular media (\overline{SC}) = 94,6454 μ^2
Desviación típica (σ_n) = 27,4518 μ^2
n = 250

Los valores de la Superficie celular oscilan en este núcleo entre 37,4868 μ^2 y 177,5690 μ^2 .

- Superficie Nuclear media (\overline{SN}) = 51,3562 μ^2
Desviación típica (σ_n) = 10,9982 μ^2

Los valores de la Superficie nuclear oscilan en este núcleo entre 26,5120 μ^2 y 89,2777 μ^2 .

- Superficie Nucleolar media (\overline{SNu}) = 2,3295 μ^2
Desviación típica (σ_n) = 0,6135 μ^2

Los valores de la Superficie nucleolar oscilan en este núcleo entre 1,1098 μ^2 y 4,1926 μ^2 .

- Superficie media de la Heterocromatina asociada al nucléolo (\overline{SHCnu}) = 2,5809 μ^2

Desviación típica (σ_n) = 0,6844 μ^2

Los valores de la Superficie de la heterocromatina asociada al nucléolo oscilan en este núcleo entre 1,2948 μ^2 y 4,8717 μ^2 .

- Valor medio del Índice de Constitución = 1,1839.

Desviación típica (σ_n) = 0,4164

Los valores del Índice de Constitución oscilan en este núcleo entre 0,5345 y 2,6334.

- Valor medio de la Constante de Organización Nucleolar =
= 5,5291

Desviación típica (σ_n) = 1,5319.

Los valores de la Constante de Organización Nucleolar oscilan en este núcleo entre 2,7290 y 10,7669.

RATON Nº 2: NGLd Izquierdo.

- Superficie Celular media (\overline{SC}) = $87,4445 \mu^2$

Desviación típica (σ_n) = $19,0915 \mu^2$

n = 147

Los valores de la superficie celular oscilan en este núcleo entre $48,7627 \mu^2$ y $145,0537 \mu^2$.

- Superficie Nuclear media (\overline{SN}) = $44,5798 \mu^2$

Desviación típica (σ_n) = $9,1411 \mu^2$

Los valores de la superficie nuclear oscilan en este núcleo entre $22,4679 \mu^2$ y $73,3293 \mu^2$.

- Superficie Nucleolar media (\overline{SNu}) = $2,0977 \mu^2$

Desviación típica (σ_n) = $0,4228 \mu^2$

Los valores de la superficie nucleolar oscilan en este núcleo entre $1,1110 \mu^2$ y $3,7035 \mu^2$.

- Superficie media de la Heterocromatina asociada al nucléolo (\overline{SHCnu}) = $2,6436 \mu^2$
 Desviación típica (σ_n) = $0,5779 \mu^2$
 Los valores de la Superficie de la heterocromatina asociada al nucléolo oscilan en este núcleo entre $1,3579 \mu^2$ y $4,6911 \mu^2$.

- Valor medio del Índice de Constitución = $1,2891$
 Desviación típica (σ_n) = $0,3034$
 Los valores del Índice de Constitución oscilan en este núcleo entre $0,8000$ y $2,7273$.

- Valor medio de la Constante de Organización Nucleolar = $5,6302$
 Desviación típica (σ_n) = $1,3881$
 Los valores de la Constante de Organización Nucleolar oscilan en este núcleo entre $3,1846$ y $9,2103$.

RATON Nº 3: NGLd Derecho.

- Superficie Celular media (\overline{SC}) = $93,5591 \mu^2$
 Desviación típica (σ_n) = $25,2812 \mu^2$
 n = 250
 Los valores de la superficie celular oscilan en este núcleo entre $40,2374 \mu^2$ y $168,7356 \mu^2$.

- Superficie Nuclear media (\overline{SN}) = 53,1597 μ^2
 Desviación típica (σ_n) = 10,6581 μ^2
 Los valores de la superficie nuclear oscilan en este núcleo entre 29,3246 μ^2 y 89,1186 μ^2 .

- Superficie Nucleolar media (\overline{SNu}) = 2,3067 μ^2
 Desviación típica (σ_n) = 0,5237 μ^2
 Los valores de la superficie nucleolar oscilan en este núcleo entre 1,1154 μ^2 y 3,7180 μ^2 .

- Superficie media de la Heterocromatina asociada al nucléolo (\overline{SHCnu}) = 2,5366 μ^2
 Desviación típica (σ_n) = 0,4467 μ^2
 Los valores de la Superficie de la heterocromatina asociada al nucléolo oscilan en este núcleo entre 1,2641 μ^2 y 3,7924 μ^2 .

- Valor medio del Índice de Constitución = 1,1818
 Desviación típica (σ_n) = 0,4087
 Los valores del Índice de constitución oscilan en este núcleo entre 0,4146 y 2,2778.

- Valor medio de la Constante de Organización Nucleolar (:CON) = 5,5212
 Desviación típica (σ_n) = 1,3941
 Los valores de la Constante de Organización Nucleolar oscilan en este núcleo entre 2,3099 y 10,9035.

RATON Nº 3: NGLd Izquierdo

- Superficie Celular media (\overline{SC}) = $86,8024 \mu^2$
Desviación típica (σ_n) = $28,7396 \mu^2$
 $n = 136$
Los valores de la superficie celular oscilan en este núcleo entre $42,1827 \mu^2$ y $175,6581 \mu^2$.

- Superficie Nuclear media (\overline{SN}) = $45,7467 \mu^2$
Desviación típica (σ_n) = $10,2540 \mu^2$
Los valores de la superficie nuclear oscilan en este núcleo entre $21,1014 \mu^2$ y $76,4280 \mu^2$.

- Superficie Nucleolar media (\overline{SNu}) = $2,0941 \mu^2$
Desviación típica (σ_n) = $0,5110$
Los valores de la superficie nucleolar oscilan en este núcleo entre $1,1898 \mu^2$ y $3,7035 \mu^2$.

- Superficie de la Heterocromatina asociada al nucléolo (\overline{SHCnu}) = $2,5797 \mu^2$
Desviación típica (σ_n) = $0,5543 \mu^2$
Los valores de la superficie de la heterocromatina asociada al nucléolo oscilan en este núcleo entre $1,4287 \mu^2$ y $3,9504 \mu^2$.

- Valor medio del Índice de Constitución (IC) = 1,2837
 Desviación típica (σ_n) = 0,3679
 Los valores del Índice de constitución oscilan en este núcleo entre 0,5500 y 2,4361.

- Valor medio de la Constante de Organización nucleolar (CON) = 5,8742
 Desviación típica (σ_n) = 1,9188
 Los valores de la Constante de Organización Nucleolar oscilan en este núcleo entre 2,0927 y 11,6771.

Conocida, pues, la desviación típica (σ_n) de cada uno de los parámetros analizados y el número "n" de neuronas que integran la muestra en cada núcleo geniculado lateral dorsal, se puede calcular el error standard de los diferentes parámetros celulares, utilizando para ello la expresión:

$$S_m = \frac{\sigma_n}{\sqrt{n}}$$

En donde:

σ_n = Desviación típica de los diferentes parámetros.

n = Número de neuronas integrantes de la muestra en cada NGLd.

Los resultados obtenidos, aparecen acompañando a

los valores medios en la tabla IV. En ella se ilustran los valores medios encontrados para la superficie celular, su superficie nuclear, superficie nucleolar y superficie de la heterocromatina asociada al nucléolo, así como los valores medios del índice de constitución (IC) y de la constante de organización nucleolar (CON).

Los valores de superficie vienen expresados en μ^2 , mientras que los del Índice de Constitución y Constante de Organización nucleolar no poseen unidades.

TABLA IV: Valores medios de los diferentes parámetros. Los valores de superficie vienen expresados en μ^2 .

		S.C.	S.N.	S.Nu.	S.HCnu.	I.C.	C.O.N.
RATON. N ^o . 1	NGLd derecho	87,3983 ± 1,7522	46,3220 ± 0,8801	2,0500 ± 0,0360	2,2949 ± 0,0336	1,1783 ± 0,0244	5,2306 ± 0,0788
	NGLd izquierdo	80,1463 ± 2,1996	36,6698 ± 0,8962	1,8613 ± 0,0292	2,3107 ± 0,0389	1,2832 ± 0,0252	5,8250 ± 0,1343
RATON. N ^o . 2	NGLd derecho	94,6454 ± 1,3762	51,3562 ± 0,6955	2,3295 ± 0,0388	2,5809 ± 0,0432	1,1839 ± 0,0263	5,5291 ± 0,0968
	NGLd izquierdo	87,4445 ± 1,5746	44,5798 ± 0,7539	2,0977 ± 0,0348	2,6436 ± 0,0476	1,2891 ± 0,0250	5,6302 ± 0,1144
RATON. N ^o . 3	NGLd derecho	93,5591 ± 1,5989	53,1597 ± 0,6740	2,3067 ± 0,0331	2,5366 ± 0,0282	1,1818 ± 0,0258	5,5212 ± 0,0881
	NGLd izquierdo	86,8024 ± 2,4644	45,7467 ± 0,8792	2,0941 ± 0,0438	2,5797 ± 0,0475	1,2837 ± 0,0315	5,8742 ± 0,1645

COMPARACION ENTRE PARAMETROS DE LOS DOS GENICULADOS
EN CADA ANIMAL.-

Hemos realizado un estudio comparativo para los diversos parámetros celulares analizados, entre los núcleos derecho e izquierdo de cada animal utilizando para ello el test de comparación de medias y aplicando, por consiguiente, la fórmula (16) del apartado Material y Métodos. Los resultados obtenidos en cada caso se detallan a continuación,

Comparación entre parte derecha e izquierda del Ratón Nº 1.

Valores de la Superficie Celular (SC).

NGLd derecho

$$\overline{SC} = 87,3983 \mu^2$$

$$\sigma_n = 25,0268 \mu^2$$

$$n = 204$$

NGLd izquierdo

$$\overline{SC} = 80,1463 \mu^2$$

$$\sigma_n = 32,4773 \mu^2$$

$$n = 218$$

Obtenemos para estos datos, un valor de t de 2,5787 (superior a 2), lo que demuestra la existencia de diferencias significativas ($p = 0,95$).

Valores de la Superficie del Núcleo (SN).

NGLd derecho

$$\overline{SN} = 46,3220 \mu^2$$

$$\sigma_n = 12,5703 \mu^2$$

NGLd izquierdo

$$\overline{SN} = 36,6698 \mu^2$$

$$\sigma_n = 13,2336 \mu^2$$

Obtenemos para estos datos, un valor de t de 7,6842 (superior a 2) lo que demuestra la existencia de diferencias significativas (p = 0,95).

Valores de la Superficie del Nucléolo (SNu)

NGLd derecho

$$\overline{SNu} = 2,0509 \mu^2$$

$$\sigma_n = 0,5147 \mu^2$$

NGLd izquierdo

$$\overline{SNu} = 1,8613 \mu^2$$

$$\sigma_n = 0,4326 \mu^2$$

Obtenemos para estos datos, un valor de t de 4,0862 (superior a 2), lo que demuestra la existencia de diferencias significativas (p = 0,95).

Valores de la Superficie de la Heterocromatina asociada al nucléolo (SHCnu).

NGLd derecho

$$\overline{SHCnu} = 2,2949 \mu^2$$

$$\sigma_n = 0,4804 \mu^2$$

NGLd izquierdo

$$\overline{SHCnu} = 2,3104 \mu^2$$

$$\sigma_n = 0,5755 \mu^2$$

Obtenemos para estos datos, un valor de t de 0,3073 (inferior a 2), lo que demuestra que en este caso no existen diferencias significativas ($p = 0,95$).

Valores del Índice de Constitución (IC).

NGLd derecho

$$\overline{IC} = 1,1783$$

$$\sigma_n = 0,3497$$

NGLd izquierdo

$$\overline{IC} = 1,2832$$

$$\sigma_n = 0,3722$$

Obtenemos para estos datos, un valor de t de 2,9886 (superior a 2), lo que demuestra la existencia de diferencias significativas ($p = 0,95$).

Valores de la Constante de Organización nucleolar (CON).

NGLd derecho

$$\overline{CON} = 5,2306$$

$$\sigma_n = 1,1256$$

NGLd izquierdo

$$\overline{CON} = 5,8250$$

$$\sigma_n = 1,9836$$

Obtenemos para estos datos, un valor de t de 3,8175 (superior a 2), lo que demuestra la existencia de diferencias significativas ($p = 0,95$).

Comparación entre parte derecha e izquierda del Ratón Nº 2.

Valores de la Superficie Celular (SC).

NGLd derecho

$$\overline{SC} = 94,6454 \mu^2$$

$$\sigma_n = 27,4518 \mu^2$$

$$n = 250$$

NGLd izquierdo

$$\overline{SC} = 87,4445 \mu^2$$

$$\sigma_n = 19,0915 \mu^2$$

$$n = 147$$

Obtenemos para estos datos, un valor de t de 3,0721 (superior a 2), lo que demuestra la existencia de diferencias significativas ($p = 0,95$).

Valores de la Superficie del Núcleo (SN).

NGLd derecho

$$\overline{SN} = 51,3562 \mu^2$$

$$\sigma_n = 10,9982 \mu^2$$

NGLd izquierdo

$$\overline{SN} = 44,5798 \mu^2$$

$$\sigma_n = 9,1411 \mu^2$$

Obtenemos para estos datos, un valor de t de 6,6059 (superior a 2), lo que demuestra la existencia de diferencias significativas ($p = 0,95$).

Valores de la Superficie del Nucléolo (SNu).

NGLd derecho

$$\overline{\text{SNu}} = 2,3295 \mu^2$$

$$\sigma_n = 0,6135 \mu^2$$

NGLd izquierdo

$$\overline{\text{SNu}} = 2,0977 \mu^2$$

$$\sigma_n = 0,4228 \mu^2$$

Obtenemos para estos datos, un valor de t de 4,4491 (superior a 2), lo que demuestra la existencia de diferencias significativas ($p = 0,95$).

Valores de la Superficie de la Heterocromatina asociada al Nucléolo (SHCnu).

NGLd derecho

$$\overline{\text{SHCnu}} = 2,5809 \mu^2$$

$$\sigma_n = 0,6844 \mu^2$$

NGLd izquierdo

$$\overline{\text{SHCnu}} = 2,6436 \mu^2$$

$$\sigma_n = 0,5779 \mu^2$$

Obtenemos para estos datos, un valor de t de 0,9751 (inferior a 2), lo que demuestra que en este caso no existen diferencias significativas ($p = 0,95$).

Valores del Índice de Constitución (IC).

NGLd derecho

$$\overline{IC} = 1,1839$$

$$\sigma_n = 0,4164$$

NGLd izquierdo

$$\overline{IC} = 1,2891$$

$$\sigma_n = 0,3034$$

Obtenemos para estos datos, un valor de t de 2,8980 (superior a 2), lo que demuestra la existencia de diferencias significativas ($p = 0,95$).

Valores de la Constante de Organización nucleolar (CON).

NGLd derecho

$$\overline{CON} = 5,5291$$

$$\sigma_n = 1,5319$$

NGLd izquierdo

$$\overline{CON} = 5,6302$$

$$\sigma_n = 1,3881$$

Obtenemos para estos datos, un valor de t de 0,6744 (inferior a 2), lo que demuestra que en este caso no aparecen diferencias significativas ($p = 0,95$).

Comparación entre la parte derecha e izquierda del Ratón Nº3.

Valores de la Superficie Celular (SC).

NGLd derecho

$$\overline{SC} = 93,5591 \mu^2$$

$$\sigma_n = 25,2812 \mu^2$$

$$n = 250$$

NGLd izquierdo

$$\overline{SC} = 86,8024 \mu^2$$

$$\sigma_n = 28,7396 \mu^2$$

$$n = 136$$

Obtenemos para estos datos, un valor de t de 2,3000 (superior a 2) lo que demuestra la existencia de diferencias significativas ($p = 0,95$).

Valores de la Superficie del Núcleo (SN).

NGLd derecho

$$\overline{SN} = 53,1597 \mu^2$$

$$\sigma_n = 10,6581 \mu^2$$

NGLd izquierdo

$$\overline{SN} = 45,7467 \mu^2$$

$$\sigma_n = 10,2540 \mu^2$$

Obtenemos para estos datos, un valor de t de 6,6910 (superior a 2), lo que demuestra la existencia de diferencias significativas ($p = 0,95$).

Valores de la Superficie del Nucléolo (SNu)

NGLd derecho

$$\overline{\text{SNu}} = 2,3067 \mu^2$$

$$\sigma_n = 0,5237 \mu^2$$

NGLd izquierdo

$$\overline{\text{SNu}} = 2,0941 \mu^2$$

$$\sigma_n = 0,5110 \mu^2$$

Obtenemos para estos datos, un valor de t de 3,8724 (superior a 2), lo que demuestra la existencia de diferencias significativas ($p = 0,95$).

Valores de la Superficie de la Heterocromatina asociada al Nucléolo (SHCnu).

NGLd derecho

$$\overline{\text{SHCnu}} = 2,5366 \mu^2$$

$$\sigma_n = 0,4467 \mu^2$$

NGLd izquierdo

$$\overline{\text{SHCnu}} = 2,5797 \mu^2$$

$$\sigma_n = 0,5543 \mu^2$$

Obtenemos para estos datos, un valor de t de 0,7807 (inferior a 2), lo que demuestra que en este caso no existen diferencias significativas ($p = 0,95$).

Valores del Índice de Constitución (IC).

NGLd derecho

$$\overline{IC} = 1,1818$$

$$\sigma_n = 0,4087$$

NGLd izquierdo

$$\overline{IC} = 1,2837$$

$$\sigma_n = 0,3679$$

Obtenemos para estos datos, un valor de t de 2,5036 (superior a 2), lo que demuestra la existencia de diferencias significativas ($p = 0,95$).

Valores de la Constante de Organización nucleolar (CON).

NGLd derecho

$$\overline{CON} = 5,5212$$

$$\sigma_n = 1,3941$$

NGLd izquierdo

$$\overline{CON} = 5,8742$$

$$\sigma_n = 1,9188$$

Obtenemos para estos datos, un valor de t de 1,8917 (inferior a 2), lo que demuestra que en este caso no existen diferencias significativas ($p = 0,95$).

En la tabla V exponemos los valores de "t" obtenidos al comparar los distintos parámetros calculados en el NGLd derecho con los calculados en el NGLd izquierdo, en cada animal.

	SC	SN	SNu	SHCnu	IC	CON
RATON Nº 1	2,5787 +	7,6842 +	4,0862 +	0,3073	2,9886 +	3,8175 +
RATON Nº 2	3,0721 +	6,6059 +	4,4491 +	0,9751	2,8980 +	0,6744
RATON Nº 3	2,300 +	6,6910 +	3,8724 +	0,7807	2,5036 +	1,8917 +

TABLA V: Valores de "t" resultantes de la comparación de los valores medios de los diferentes parámetros celulares, entre los NGLd derecho e izquierdo de cada animal. Se han señalado con el signo + , los valores de "t" que demuestran la existencia de diferencias significativas.

A la vista de los resultados obtenidos podemos afirmar que el NGLd derecho de un animal presenta con respecto al NGLd izquierdo del mismo animal, cifras de valor superior y significativamente distintas en lo que se refiere a valores medios de la superficie celular, superficie del núcleo y superficie del nucléolo. Inversamente las cifras del índice de constitución son menores (también con diferencias significativas). Para la constante de organización nucleolar, a pesar de mostrar cifras más altas en los NGLd izquierdos de cada uno de los animales, se observa, al realizar las comparaciones pertinentes con la parte derecha de los mismos, que sólo aparecen diferencias significativas para uno de los ratones analizados.

Los valores medios de la heterocromatina asociada al nucléolo, vemos que son prácticamente similares y es, por tanto, el único parámetro para el que no aparecen diferencias significativas en ningún caso.

Con objeto de poder establecer una comparación más demostrativa entre los valores medios de los diferentes parámetros analizados para cada animal, dichos valores aparecen representados en las graficas 1, 2 y 3.

GRAFICA 1

Valores medios mostrados por la superficie celular (SC) y nuclear (SN) en los Núcleos geniculados laterales dorsales derecho e izquierdo de cada animal. Los valores de ordenadas representan micras cuadradas.

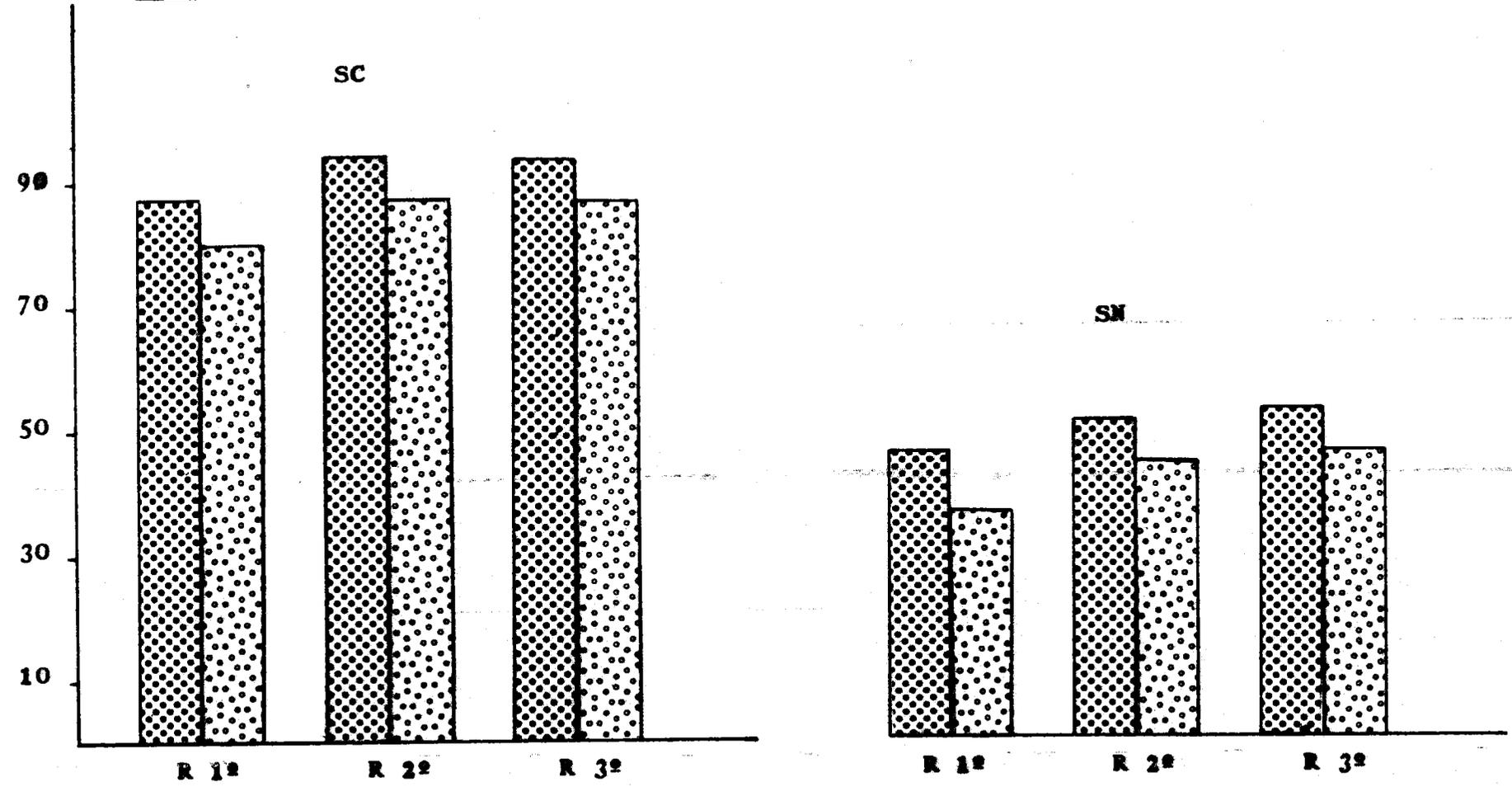
R. 1º = Ratón Nº 1.

R. 2º = Ratón Nº 2.

R. 3º = Ratón Nº 3.

Obsérvese como los valores de los NGLd derechos son superiores en todos los casos a los izquierdos.

■ NGLd derecho
▨ NGLd izquierdo

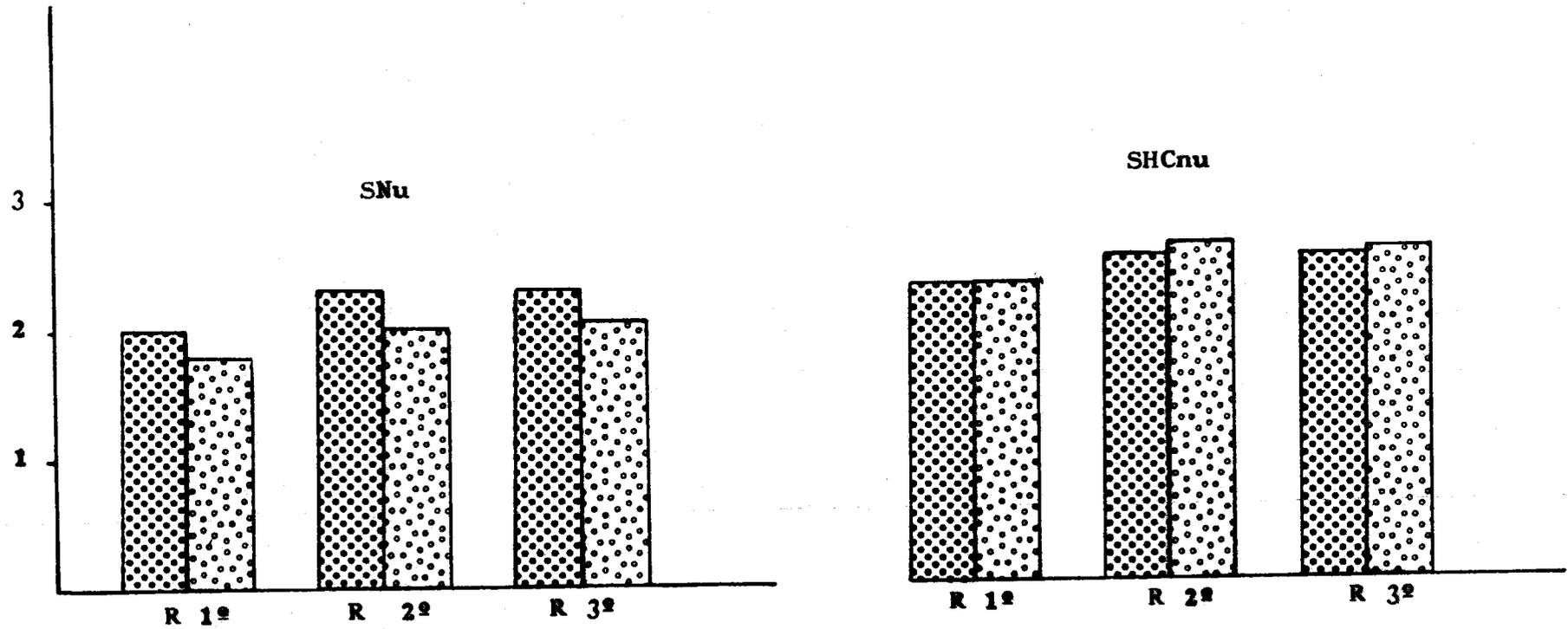
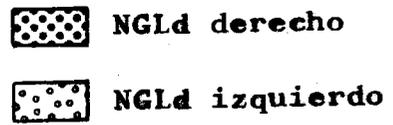


GRAFICA 1.-

GRAFICA 2

Valores medios de la superficie nucleolar (SNu) y de la heterocromatina asociada al nucléolo (SHCnu) en los NGLd derecho e izquierdo de cada animal. Los valores y siglas como en la grafica 1.

Observese como los valores de la superficie nucleolar son superiores en los NGLd derechos, mientras que los valores de la superficie de la heterocromatina asociada al nucléolo son prácticamente similares en ambos núcleos.

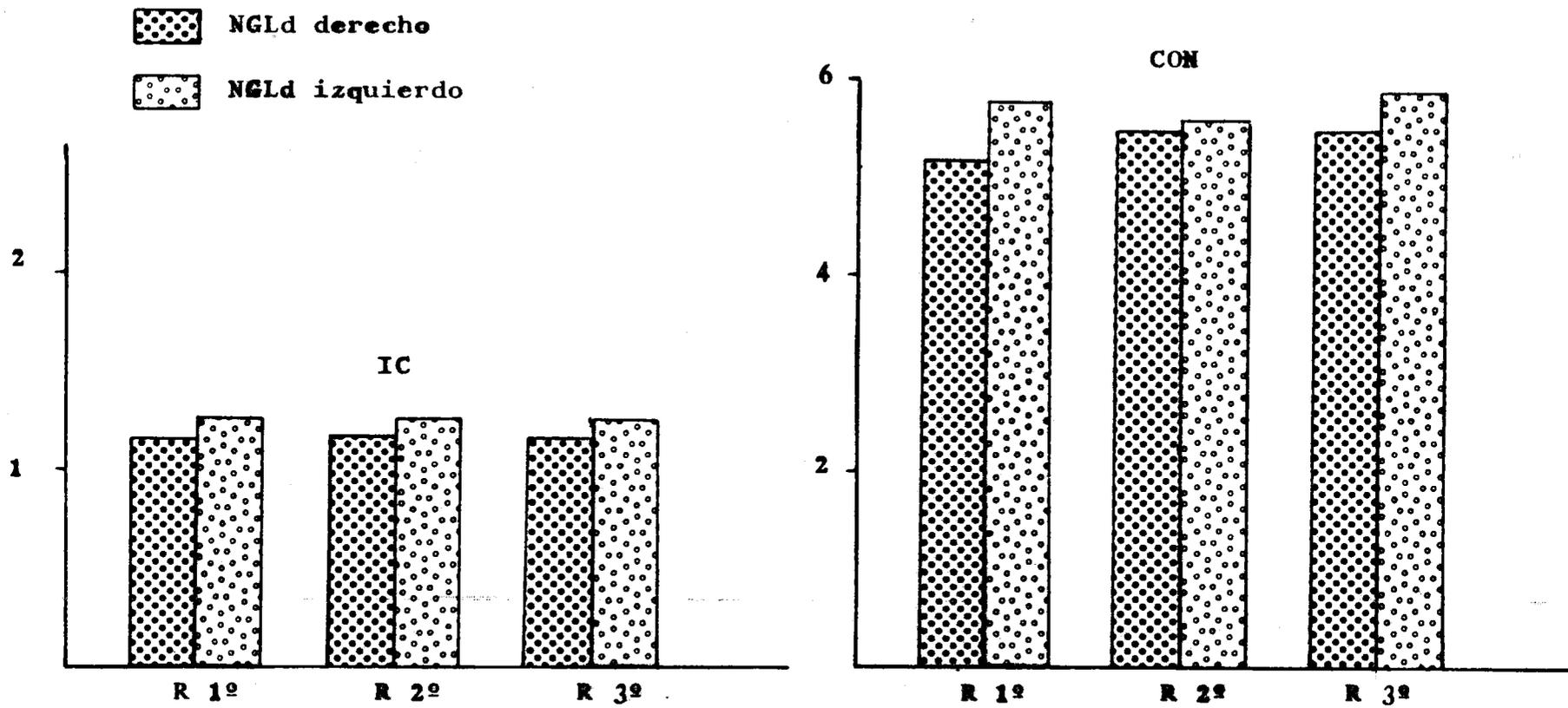


GRAFICA 1.-

GRAFICA 3

Valores medios del Índice de Constitución (IC) y Constante de Organización nucleolar (CON) en los NGLd derecho e izquierdo de cada animal. En ordenadas se expresan los correspondientes valores.

Observese que los valores medios del Índice de Constitución y la Constante de Organización Nucleolar son superiores en los NGLd izquierdos.



GRAFICA 3.-

Comparación de parámetros de los geniculados entre los distintos animales.-

En la realización de un estudio comparativo para los diversos parámetros celulares analizados, entre los Núcleos geniculados laterales dorsales derechos de los diferentes animales y los Núcleos geniculados laterales dorsales izquierdos, se aplicó un análisis de la varianza, para testificar la homogeneidad de un conjunto de muestras, en nuestro caso 3, en lo que concierne a un carácter cuantitativo.

Se detallan a continuación, los resultados obtenidos.

Comparación entre los valores de los distintos parámetros de los NGLd derechos de los diferentes animales.--

Valores de la Superficie Celular (SC).

RATON N° 1.

$$SCm_1 = 87,3983 \mu^2$$

$$\sigma_1 = 25,0268 \mu^2$$

$$n_1 = 204.$$

RATON N° 2.

$$SCm_2 = 94,6454 \mu^2$$

$$\sigma_2 = 27,4518 \mu^2$$

$$n_2 = 250.$$

RATON N° 3.

$$SCm_3 = 93,5591 \mu^2$$

$$\sigma_3 = 25,2812 \mu^2$$

$$n_3 = 250.$$

Se obtuvo para la media general (M) un valor de $92,1596 \mu^2$.

Hechas las operaciones oportunas, se obtuvieron los siguientes valores para la dispersión factorial y para la dispersión residual.

$$S_f^2 = 6.659,1258 \mu^4$$

$$S_r^2 = 475.958,6056 \mu^4$$

$$U_f = \frac{1}{2} \quad S_f^2 = 3.329,5629 \mu^4$$

$$U_r = \frac{1}{701} \quad S_r^2 = 678,9709 \mu^4$$

$$\frac{U_f}{U_r} = 4,9038$$

Comparando este valor con el valor 3 que nos da la tabla de Snédecor, correspondiente a los grados de libertad $\nu = 2$ y $\nu = 701$, para un coeficiente de seguridad del 95%, se puede concluir que existen diferencias significativas, para la superficie celular, entre los NGLd derechos de los 3 animales utilizados.

Sin embargo al observar y comparar aisladamente los animales dos a dos, mediante el test de comparación de medias, se obtuvieron los siguientes valores de "t". El signo + revela la existencia de diferencias significativas.

	R. 1º-R. 2º	R. 1º-R. 3º	R. 2º-R. 3º
"t"	2,9379 +	2,5973 +	0,7893

Todo lo cual nos indica, que no existe un patrón fijo para el tamaño de la superficie celular neuronal en el geniculado lateral derecho.

Valores de la Superficie Nuclear (SN).

RATON N° 1.

$$SNm_1 = 46,3220 \mu^2$$

$$\sigma_1 = 12,5703 \mu^2$$

$$n_1 = 204.$$

RATON N° 2.

$$SNm_2 = 51,3562 \mu^2$$

$$\sigma_2 = 10,9982 \mu^2$$

$$n_2 = 250.$$

RATON N° 3.

$$SNm_3 = 53,1597 \mu^2$$

$$\sigma_3 = 10,6581 \mu^2$$

$$n_3 = 250.$$

Haciendo las operaciones oportunas, se obtuvieron los siguientes valores:

$$M = 50,5379 \mu^2$$

$$S_f^2 = 5.511,7203 \mu^4$$

$$S_r^2 = 90.873,4128 \mu^4$$

$$U_f = 2.755,8601 \mu^4$$

$$U_r = 129,6339 \mu^4$$

$$\frac{U_f}{U_r} = 21,2587.$$

El valor del cociente $\frac{U_f}{U_r}$ indica que para la superficie del núcleo, existen diferencias significativas entre los NGLd derechos de los 3 animales utilizados ($p = 0,95$).

Comparando dos a dos todos los casos, mediante la aplicación del test de comparación de medias, se obtuvieron los siguientes valores de "t". El signo + revela la existencia de diferencias significativas.

	R.1º-R.2º	R.1º-R.3º	R.2º-R.3º
"t"	4,4880 +	6,1684 +	1,8621

De todo esto se deduce que no existe un patrón fijo para el tamaño de la superficie nuclear en el geniculado lateral derecho.

Valores de la Superficie Nucleolar (S_{Nu}).

RATON N° 1.

$$S_{Num_1} = 2,0509 \mu^2$$

$$\sigma_1 = 0,5147 \mu^2$$

$$n_1 = 204.$$

RATON N° 2.

$$S_{Num_2} = 2,3295 \mu^2$$

$$\sigma_2 = 0,6135 \mu^2$$

$$n_2 = 250$$

RATON N° 3.

$$S_{Num_3} = 2,3067 \mu^2$$

$$\sigma_3 = 0,5237 \mu^2$$

$$n_3 = 250.$$

Realizando las operaciones necesarias, se obtuvieron los siguientes valores:

$$M = 2,2407 \mu^2$$

$$S_f^2 = 10,4092 \mu^4$$

$$S_r^2 = 216,7037 \mu^4$$

$$U_f = 5,2046 \mu^4$$

$$U_r = 0,3091 \mu^4$$

$$\frac{U_f}{U_r} = 16,8379$$

El valor del cociente $\frac{U_f}{U_r}$, indica que para la superficie del nucléolo, existen diferencias significativas entre los NGLd derechos de los 3 animales utilizados (p = 0,95).

Comparando dos a dos todos los casos, mediante la aplicación del test de comparación de medias, se obtuvieron los siguientes valores de "t". El signo + revela la existencia de diferencias significativas.

	R.1º-R.2º	R.1º-R.3º	R.2º-R.3º
"t"	5,2665 +	5,2310 +	0,4560

De todo esto se deduce, que no existe un patrón fijo para el tamaño de la superficie nucleolar en el geniculado lateral derecho.

Valores de la Superficie de la Heterocromatina asociada al nucléolo (SHCnu).

RATON Nº 1

$$\begin{aligned} \text{SHCnum}_1 &= 2,2949 \mu^2 \\ \sigma_1 &= 0,4804 \mu^2 \\ n_1 &= 204. \end{aligned}$$

RATON Nº 2

$$\begin{aligned} \text{SHCnum}_2 &= 2,5809 \mu^2 \\ \sigma_2 &= 0,6844 \mu^2 \\ n_2 &= 250. \end{aligned}$$

RATON Nº 3

$$\begin{aligned} \text{SHCnum}_3 &= 2,5366 \mu^2 \\ \sigma_3 &= 0,4467 \mu^2 \\ n_3 &= 250. \end{aligned}$$

Realizando las operaciones oportunas, se obtuvieron los siguientes resultados:

$$\begin{aligned} M &= 2,4823 \mu^2 & U_f &= 5,1659 \mu^4 \\ S_f^2 &= 10,3318 \mu^4 & U_r &= 0,3053 \mu^4 \\ S_r^2 &= 214,0659 \mu^4 & \frac{U_f}{U_r} &= 16,9207. \end{aligned}$$

El valor del cociente, $\frac{U_f}{U_r}$, indica que para la superficie de la heterocromatina asociada al nucléolo, existen diferencias significativas entre los NGLd derechos de los 3 animales utilizados ($p = 0,95$).

Comparando dos a dos todos los casos, mediante la aplicación del test de comparación de medias, se obtuvieron los siguientes valores de "t". El signo + revela la existencia de diferencias significativas.

	R.1º-R.2º	R.1º-R.3º	R.2º-R.3º
"t"	5,2189 +	5,5056 +	0,8703

De todo esto se deduce, que no existe un patrón fijo para el tamaño de las masas de heterocromatina asociada al nucléolo, en el geniculado lateral derecho.

Valores del Índice de Constitución (IC).

RATON N° 1

$$ICm_1 = 1,1783$$

$$\sigma_1 = 0,3497$$

$$n_1 = 204.$$

RATON N° 2

$$ICm_2 = 1,1839$$

$$\sigma_2 = 0,4164$$

$$n_2 = 250.$$

RATON N° 3

$$ICm_3 = 1,1818$$

$$\sigma_3 = 0,4087$$

$$n_3 = 250.$$

Realizadas las operaciones necesarias, se obtuvieron los siguientes resultados:

$$M = 1,1815$$

$$U_f = 0,0017$$

$$S_f^2 = 0,0035$$

$$U_r = 0,1569$$

$$S_r^2 = 110,0532$$

$$\frac{U_f}{U_r} = 0,0113.$$

El valor del cociente, $\frac{U_f}{U_r}$, indica que para el índice de constitución no existen diferencias significativas entre los NGLd derechos de los 3 animales utilizados ($p = 0,95$).

Comparando dos a dos todos los casos, mediante la aplicación del test de comparación de medias, se obtuvieron los siguiente valores de "t".

	R.1º-R.2º	R.1º-R.3º	R.2º-R.3º
"t"	0,1559	0,0983	0,0570

De lo cual se desprende que el índice de constitución es un parámetro fijo para el geniculado lateral derecho.

Valores de la Constante de Organización Nucleolar (CON).

RATON Nº 1

$$\text{CONm}_1 = 5,2146$$

$$\sigma_1 = 1,1534$$

$$n_1 = 204.$$

RATON Nº 2

$$\text{CONm}_2 = 5,5291$$

$$\sigma_2 = 1,5319$$

$$n_2 = 250.$$

RATON Nº 3

$$\text{CONm}_3 = 5,5212$$

$$\sigma_3 = 1,3941$$

$$n_3 = 250.$$

Realizadas las operaciones pertinentes, se obtuvieron los siguientes resultados:

$$M = 5,4351$$

$$U_f = 6,9904$$

$$S_f^2 = 13,9808$$

$$U_r = 1,9171$$

$$S_r^2 = 1.343,9457$$

$$\frac{U_f}{U_r} = 3,6463$$

El valor del cociente, $\frac{U_f}{U_r}$, indica que para la constante de organización nucleolar existen diferencias significativas entre los NGLd derechos de los diferentes animales ($p = 0,95$).

Comparando dos a dos todos los casos, mediante la aplicación del test de comparación de medias, se obtuvieron los siguientes valores de "t". El signo + revela la existencia de diferencias significativas.

	R.1º-R.2º	R.1º-R.3º	R.2º-R.3º
"t"	2,4940 +	2,5656 +	0,0603

De todo esto se deduce, que no existe un patrón fijo para el valor de la constante de organización nucleolar en el geniculado lateral derecho.

Comparación entre los NGLd izquierdos de los diferentes animales.-

Valores de la Superficie Celular (SC).

RATON N° 1

$$\begin{aligned} SCm_1 &= 80,1463 \mu^2 \\ \sigma_1 &= 32,4773 \mu^2 \\ n_1 &= 218. \end{aligned}$$

RATON N° 2

$$\begin{aligned} SCm_2 &= 87,4445 \mu^2 \\ \sigma_2 &= 19,0915 \mu^2 \\ n_2 &= 147. \end{aligned}$$

RATON N° 3

$$\begin{aligned} SCm_3 &= 86,8024 \mu^2 \\ \sigma_3 &= 28,7396 \mu^2 \\ n_3 &= 136. \end{aligned}$$

Realizadas las operaciones oportunas, se obtuvieron los siguientes resultados:

$$\begin{aligned} M &= 84,0946 \mu^2 & U_f &= 3.022,6017 \mu^4 \\ S_f^2 &= 6.045,2034 \mu^4 & U_r &= 794,8825 \mu^4 \\ S_r^2 &= 395.851,4896 \mu^4 & \frac{U_f}{U_r} &= 3,8025. \end{aligned}$$

El valor del cociente, $\frac{U_f}{U_r}$, indica que para la superficie celular, existen diferencias significativas entre los NGLd izquierdos de los diferentes animales, para un coeficiente de seguridad del 95%.

Comparando dos a dos todos los casos, mediante la aplicación del test de comparación de medias, se obtuvieron los siguientes valores de "t". El signo + revela la existencia de diferencias significativas.

	R.1º-R.2º	R.1º-R.3º	R.2º-R.3º
"t"	2,6979 +	1,9340	0,3082

De lo que se deduce, que no existe un patron fijo para el tamaño de la superficie celular neuronal en el geniculado lateral izquierdo.

Valores de la Superficie Nuclear (SN).

RATON N° 1

$$SNm_1 = 36,6698 \mu^2$$

$$\sigma_1 = 13,2336 \mu^2$$

$$n_1 = 218.$$

RATON N° 2

$$SNm_2 = 44,5798 \mu^2$$

$$\sigma_2 = 9,1411 \mu^2$$

$$n_2 = 147.$$

RATON N° 3

$$SNm_3 = 45,7467 \mu^2$$

$$\sigma_3 = 10,2540 \mu^2$$

$$n_3 = 136.$$

Realizadas las operaciones oportunas, se obtuvieron los siguientes resultados:

$$M = 41,4547 \mu^2$$

$$U_f = 4.466,0495 \mu^4$$

$$S_f^2 = 8.932,0990 \mu^4$$

$$U_r = 130,0419 \mu^4$$

$$S_r^2 = 64.760,8708 \mu^4$$

$$\frac{U_f}{U_r} = 34,3431.$$

El valor del cociente, $\frac{U_f}{U_r}$, indica que para la superficie del núcleo existen diferencias significativas entre los NGLd izquierdos de los diferentes animales ($p = 0,95$).

Comparando dos a dos todos los casos, mediante la aplicación del test de comparación de medias, se obtuvieron los siguientes valores de "t". El signo + revela la existencia de diferencias significativas.

	R.1º-R.2º	R.1º-R.3º	R.2º-R.3º
"t"	6,7537 +	7,1298 +	0,9119

De lo que se deduce, que no existe un patrón fijo para el tamaño de la superficie nuclear en el geniculado lateral izquierdo.

Valores de la Superficie del Nucléolo (SNu).

RATON N° 1

$$SNum_1 = 1,8613 \mu^2$$

$$\sigma_1 = 0,4326 \mu^2$$

$$n_1 = 218.$$

RATON N° 2

$$SNum_2 = 2,0977 \mu^2$$

$$\sigma_2 = 0,4228 \mu^2$$

$$n_2 = 147.$$

RATON N° 3

$$SNum_3 = 2,0941 \mu^2$$

$$\sigma_3 = 0,5110 \mu^2$$

$$n_3 = 136.$$

Realizadas las operaciones necesarias, se obtuvieron los siguientes resultados:

$$M = 1,9939 \mu^2$$

$$U_f = 3,3911 \mu^4$$

$$S_f^2 = 6,7823 \mu^4$$

$$U_f = 0,2059 \mu^4$$

$$S_r^2 = 102,5871 \mu^4$$

$$\frac{U_f}{U_r} = 16,4696 .$$

El valor del cociente, $\frac{U_f}{U_r}$, indica que para la superficie del nucléolo, existen diferencias significativas entre los NGLd izquierdos de los diferentes animales ($p \approx 0,95$)

Comparando dos a dos todos los casos, mediante la aplicación del test de comparación de medias se obtuvieron los siguientes valores de "t". El signo + revela la existencia de diferencias significativas.

	R.1º-R.2º	R.1º-R.3º	R.2º-R.3º
"t"	5,1956 +	4,2676 +	0,2374

De lo que se deduce, que no existe un patrón fijo para el tamaño de la superficie nucleolar en el geniculado lateral izquierdo.

Valores de la Superficie de la Heterocromatina asociada al nucléolo (SHCnu).

RATON Nº 1

$$\text{SHCnum}_1 = 2,3107 \mu^2$$

$$\sigma_1 = 0,5755 \mu^2$$

$$n_1 = 218.$$

RATON Nº 2

$$\text{SHCnum}_2 = 2,6436 \mu^2$$

$$\sigma_2 = 0,5779 \mu^2$$

$$n_2 = 147.$$

RATON Nº 3

$$\text{SHCnum}_3 = 2,5797 \mu^2$$

$$\sigma_3 = 0,5543 \mu^2$$

$$n_3 = 136.$$

Realizadas las operaciones oportunas, se obtuvieron los siguientes resultados.

$$M = 2,4814 \mu^2$$

$$U_f = 5,7668 \mu^4$$

$$S_f^2 = 11,5337 \mu^4$$

$$U_r = 0,3274 \mu^4$$

$$S_r^2 = 163,0806 \mu^4$$

$$\frac{U_f}{U_r} = 17,6139.$$

El valor del cociente, $\frac{U_f}{U_r}$, indica que para la superficie de la heterocromatina asociada al nucléolo existen diferencias significativas entre los NGLd izquierdos de los diferentes animales ($p = 0,95$).

Comparando dos a dos todos los casos, mediante la aplicación del test de comparación de medias, se obtuvieron los siguientes valores de "t". El signo + revela la existencia de diferencias significativas.

	R.1º-R.2º	R.1º-R.3º	R.2º-R.3º
"t"	5,4130 +	4,3827 +	0,9479

Lo cual nos indica, que para el tamaño de las masas de heterocromatina asociada al nucléolo, no existe un patrón fijo en el geniculado lateral izquierdo.

Valores del Índice de Constitución (IC).

RATON Nº 1

$$ICm_1 = 1,2832$$

$$\sigma_1 = 0,3722$$

$$n_1 = 218.$$

RATON Nº 2

$$ICm_2 = 1,2891$$

$$\sigma_2 = 0,3034$$

$$n_2 = 147.$$

RATON Nº 3

$$ICm_3 = 1,2837$$

$$\sigma_3 = 0,3679$$

$$n_3 = 136.$$

Realizadas las operaciones oportunas, se obtuvieron los siguientes resultados:

$$M = 1,2851$$

$$U_f = 0,0017$$

$$S_f^2 = 0,0034$$

$$U_r = 0,1247$$

$$S_r^2 = 62,1392$$

$$\frac{U_f}{U_r} = 0,0136$$

El valor del cociente, $\frac{U_f}{U_r}$, indica que para el índice de constitución, no existen diferencias significativas entre los NGLd izquierdos de los diferentes animales ($p = 0,95$).

Comparando dos a dos todos los casos, mediante la aplicación del test de comparación de medias, se obtuvieron los siguientes valores de "t".

	R.1º-R.2º	R.1º-R.3º	R.2º-R.3º
"t"	0,1661	0,0918	0,0280

De lo que se desprende, que el índice de constitución es un parámetro fijo para el geniculado lateral izquierdo.

Valores de la Constante de Organización Nucleolar (CON).

RATON N° 1

$$\text{CONm}_1 = 5,8250$$

$$\sigma_1 = 1,9836$$

$$n_1 = 218.$$

RATON N° 2

$$\text{CONm}_2 = 5,6302$$

$$\sigma_2 = 1,3881$$

$$n_2 = 147.$$

RATON N° 3

$$\text{CONm}_3 = 5,8742$$

$$\sigma_3 = 1,9188$$

$$n_3 = 136.$$

Realizadas las operaciones necesarias, se obtuvieron los siguientes resultados:

$$M = 5,7813$$

$$U_f = 2,8906$$

$$S_f^2 = 4,9462$$

$$U_r = 3,2966$$

$$S_r^2 = 1641,7274$$

$$\frac{U_f}{U_r} = 0,8768.$$

El valor del cociente, $\frac{U_f}{U_r}$, indica que para la constante de organización nucleolar, no existen diferencias significativas entre los NGLd izquierdos de los diferentes animales ($p = 0,95$).

Comparando dos a dos todos los casos, mediante la aplicación del test de comparación de medias, se obtuvieron los siguientes valores de "t".

	R.1º-R.2º	R.1º-R.3º	R.2º-R.3º
"t"	1,1036	0,2325	1,2185

De lo que se desprende, que la constante de organización nucleolar es un parámetro fijo para el geniculado lateral izquierdo.

Para representar de un modo gráfico y más evidente los valores anteriormente descritos se ha confeccionado la ta bla VI en la que se expresan los valores obtenidos para el co ciente $\frac{U_f}{U_r}$, en los distintos parámetros celulares analizados. Se han señalado con el signo +, los valores que demuestran la existencia de diferencias significativas con una probabilidad del 95%.

	SC	SN	SNu	SHCnu	IC	CON
NGLd derechos	4,9038 +	21,2587 +	16,8379 +	16,9207 +	0,0113	3,6463 +
NGLd izquierdos	3,8025 +	34,3431 +	16,4696 +	17,6139 +	0,0136	0,8768

TABLA VI: Valores del cociente $\frac{U_f}{U_r}$, resultantes de la comparación realizada, para los diferentes parámetros neuronales, entre los NGLd derechos e izquierdos de los distintos animales.

5.- Resultados obtenidos al relacionar
y comparar parámetros entre sí.-

A.- Establecimiento de correlaciones.-

Con el fin de determinar si las variaciones cuantitativas de cada parámetro van seguidas por las de los demás al estudiar sus valores en las células componentes del geniculado lateral dorsal, hemos realizado test de correlación.

Conocidos los valores de superficie de los diferentes parámetro celulares analizados para cada neurona, procedemos al estudio de esa posible correlación existente entre los pares de valores siguientes:

- Superficie nucleolar - Superficie nuclear.
- Superficie de la heterocromatina asociada al nucléolo - Superficie nuclear.
- Superficie nucleolar - Superficie de la heterocromatina asociada al nucléolo.
- Superficie nuclear - Superficie celular.
- Superficie nucleolar - Superficie celular.
- Superficie de la heterocromatina asociada al nucléolo - Superficie celular.

El cálculo de estos coeficientes de correlación lo hemos realizado de manera independiente en cada uno de los Núcleos geniculados laterales dorsales estudiados, para compro-

bar si las relaciones existentes entre los diversos pares de valores, en un núcleo, eran también cumplidas en la población representante de los otros núcleos. Para el tamaño de la muestra elegidas y según las tablas, un coeficiente de correlación superior a 0,19 se considera representativo con una probabilidad del 95%, pudiendo entonces establecerse que existe una relación entre ambas series de valores.

Como ya dijimos la fórmula que expresa el coeficiente de correlación entre una serie de parejas de valores viene dado por la expresión:

$$r = \frac{\rho}{\sigma_x \cdot \sigma_y}$$

siendo:

r = Coeficiente de correlación.

ρ = Covarianza.

σ_x = Desviación típica de uno de los valores de las parejas.

σ_y = Desviación típica del otro valor de las parejas.

Cada uno de estos parámetros viene expresado por las fórmulas: 12, 13 y 14 del apartado Material y Métodos.

Coeficiente de correlación en el NGLd derecho del ratón N° 1.-

Superficie nucleolar - Superficie nuclear (SNu - SN).

Para realizar el cálculo del coeficiente de correlación entre estos dos parámetros haremos $X = \text{SNu}$ e $Y = \text{SN}$.

$$\overline{\text{SNu}} = 2,0509 \mu^2$$

$$\overline{\text{SN}} = 46,3220 \mu^2$$

$$\sigma(\text{SNu}) = 0,5147 \mu^2$$

$$\sigma(\text{SN}) = 12,5703 \mu^2$$

$$\sum(\text{SNu}) \cdot (\text{SN}) = 20.218,7235 \mu^4$$

$$n = 204$$

de donde podemos calcular la covarianza

$$\rho = 4,1096 \mu^4$$

y por tanto el coeficiente de correlación vale

$$r = 0,6352.$$

Superficie de la heterocromatina asociada al nucléolo - Superficie nuclear (SHCnu - SN).

Para el cálculo del coeficiente de correlación entre estos dos parámetros, haremos $X = \text{SHCnu}$ e $Y = \text{SN}$.

$$\overline{\text{SHCnu}} = 2,2949 \mu^2$$

$$\overline{\text{SN}} = 46,3220 \mu^2$$

$$\sigma(\text{SHCnu}) = 0,4804 \mu^2$$

$$\sigma(\text{SN}) = 12,5703 \mu^2$$

$$\sum(\text{SHCnu}) \cdot (\text{SN}) = 22.110,2136 \mu^4$$

$$n = 204.$$

de donde podemos calcular la covarianza

$$\rho = 2,0791 \mu^4$$

y por tanto el coeficiente de correlación vale

$$r = 0,3443$$

Superficie nucleolar - Superficie de la heterocromatina asociada al nucléolo (SNu - SHCnu).

Para el cálculo del coeficiente de correlación entre estos dos parámetros haremos $X = \text{SNu}$ e $Y = \text{SHCnu}$.

$$\overline{\text{SNu}} = 2,0509 \mu^2$$

$$\overline{\text{SHCnu}} = 2,2949 \mu^2$$

$$\sigma (\text{SNu}) = 0,5147 \mu^2$$

$$\sigma (\text{SHCnu}) = 0,4804 \mu^2$$

$$\sum (\text{SNu}) \cdot (\text{SHCnu}) = 964,2439 \mu^2$$

$$n = 204.$$

de donde podemos calcular la covarianza

$$\rho = 0,0200 \mu^4$$

y por tanto el coeficiente de correlación vale

$$r = 0,0809.$$

Superficie Nuclear - Superficie Celular (SN - SC).

Para el cálculo del coeficiente de correlación entre estos dos parámetros haremos $X = SN$ e $Y = SC$.

$$\overline{SN} = 46,3220 \mu^2$$

$$\overline{SC} = 87,3983 \mu^2$$

$$\sigma(SN) = 12,5703 \mu^2$$

$$\sigma(SC) = 25,0268 \mu^2$$

$$\sum(SN) \cdot (SC) = 880.783,872 \mu^4$$

$$n = 204$$

de donde podemos calcular la covarianza

$$\rho = 269,1040 \mu^4$$

y por tanto el coeficiente de correlación vale

$$r = 0,8554.$$

Superficie Nucleolar - Superficie Celular (SNu - SC).

Para el cálculo del coeficiente de correlación entre estos dos parámetros haremos $X = \text{SNu}$ e $Y = \text{SC}$.

$$\overline{\text{SNu}} = 2,0509 \mu^2$$

$$\overline{\text{SC}} = 87,3983 \mu^2$$

$$\sigma (\text{SNu}) = 0,5147 \mu^2$$

$$\sigma (\text{SC}) = 25,0268 \mu^2$$

$$\sum (\text{SNu}) \cdot (\text{SC}) = 38.550,2417 \mu^4$$

$$n = 204$$

de donde podemos calcular la covarianza

$$\rho = 9,7266 \mu^4$$

y por tanto el coeficiente de correlación vale

$$r = 0,7551$$

Superficie de la heterocromatina asociada al nucléolo - Superficie Celular (SHCnu - SC).

Para el cálculo del coeficiente de correlación entre estos dos parámetros haremos $X = \text{SHCnu}$ e $Y = \text{SC}$.

$$\overline{\text{SHCnu}} = 2,2949 \mu^2$$

$$\overline{\text{SC}} = 87,3983 \mu^2$$

$$\sigma (\text{SHCnu}) = 0,4804 \mu^2$$

$$\sigma (\text{SC}) = 25,0268 \mu^2$$

$$\sum (\text{SHCnu}) \cdot (\text{SC}) = 41.415,6924 \mu^4$$

$$n = 204.$$

de donde podemos calcular la covarianza

$$\rho = 2,4478 \mu^4$$

y por tanto el coeficiente de correlación vale

$$r = 0,2046$$

Coefficiente de correlación en el NGLd izquierdo del ratón Nº 1.-

Superficie Nucleolar - Superficie Nuclear (SNu - SN).

Para realizar el cálculo del coeficiente de correlación entre estos dos parámetros haremos $X = \text{SNu}$ e $Y = \text{SN}$.

$$\overline{\text{SNu}} = 1,8613 \mu^2$$

$$\overline{\text{SN}} = 36,6698 \mu^2$$

$$\sigma(\text{SNu}) = 0,4326 \mu^2$$

$$\sigma(\text{SN}) = 13,2336 \mu^2$$

$$\sum(\text{SNu}) \cdot (\text{SN}) = 15.498,9934 \mu^4$$

$$n = 218.$$

de donde podemos calcular la covarianza

$$\rho = 2,8429 \mu^4$$

y por tanto el coeficiente de correlación vale

$$r = 0,4966$$

Superficie de la Heterocromatina asociada al Nucléolo - Superficie Nuclear (SHCnu - SN).

Para el cálculo del coeficiente de correlación entre estos dos parámetros haremos $X = \text{SHCnu}$ e $Y = \text{SN}$.

$$\overline{\text{SHCnu}} = 2,3107 \mu^2$$

$$\overline{\text{SN}} = 36,6698 \mu^2$$

$$\sigma(\text{SHCnu}) = 0,5755 \mu^2$$

$$\sigma(\text{SN}) = 13,2336 \mu^2$$

$$\sum(\text{SHCnu}) \cdot (\text{SN}) = 19.194,311 \mu^4$$

$$n = 218.$$

de donde podemos calcular la covarianza

$$\rho = 3,3144 \mu^4$$

y por tanto el coeficiente de correlación vale

$$r = 0,4352.$$

Superficie Nucleolar - Superficie de la Heterocromatina asociada al Nucléolo (SNu - SHCnu).

Para el cálculo del coeficiente de correlación entre estos dos parámetros haremos $X = \text{SNu}$ e $Y = \text{SHCnu}$.

$$\overline{\text{SNu}} = 1,8613 \mu^2$$

$$\overline{\text{SHCnu}} = 2,3107 \mu^2$$

$$\sigma(\text{SNu}) = 0,4326 \mu^2$$

$$\sigma(\text{SHCnu}) = 0,5755 \mu^2$$

$$\sum(\text{SNu}) \cdot (\text{SHCnu}) = 957,0669 \mu^4$$

$$n = 218.$$

de donde podemos calcular la covarianza

$$\rho = 0,0895 \mu^4$$

y por tanto el coeficiente de correlación vale

$$r = 0,3595.$$

Superficie Nuclear - Superficie Celular (SN - SC).

Para el cálculo del coeficiente de correlación entre estos dos parámetros haremos $X = SN$ e $Y = SC$.

$$\overline{SN} = 36,6698 \mu^2$$

$$\overline{SC} = 80,1463 \mu^2$$

$$\sigma (SN) = 13,2336 \mu^2$$

$$\sigma (SC) = 32,4773 \mu^2$$

$$\sum (SN) \cdot (SC) = 724.538,1054 \mu^4$$

$$n = 218.$$

de donde podemos calcular la covarianza

$$\rho = 384,6205 \mu^4$$

y por tanto el coeficiente de correlación vale

$$r = 0,8949$$

Superficie Nucleolar - Superficie celular (SNu - SC).

Para el cálculo del coeficiente de correlación en tre estos dos parámetros haremos $X = \text{SNu}$ e $Y = \text{SC}$.

$$\overline{\text{SNu}} = 1,8613 \mu^2$$

$$\overline{\text{SC}} = 80,1463 \mu^2$$

$$\sigma(\text{SNu}) = 0,4326 \mu^2$$

$$\sigma(\text{SC}) = 32,4773 \mu^2$$

$$\sum(\text{SNu}) \cdot (\text{SC}) = 34.089,8154 \mu^4$$

$$n = 218.$$

de donde podemos calcular la covarianza

$$\rho = 7,1990 \mu^4$$

y por tanto el coeficiente de correlación vale

$$r = 0,5124$$

Superficie de la Heterocromatina asociada al Nucléolo - Superficie Celular (SHCnu - SC).

Para el cálculo del coeficiente de correlación entre estos dos parámetros haremos $X = \text{SHCnu}$ e $Y = \text{SC}$.

$$\overline{\text{SHCnu}} = 2,3107 \mu^2$$

$$\overline{\text{SC}} = 80,1463 \mu^2$$

$$\sigma(\text{SHCnu}) = 0,5755 \mu^2$$

$$\sigma(\text{SC}) = 32,4773 \mu^2$$

$$\sum(\text{SHCnu}) \cdot (\text{SC}) = 41.820,3908 \mu^4$$

$$n = 218.$$

de donde podemos calcular la covarianza

$$\rho = 6,6426 \mu^4$$

y por tanto el coeficiente de correlación vale

$$r = 0,3554.$$

Coeficiente de correlación en el NGLd derecho del Ratón N° 2.-

Superficie Nucleolar - Superficie Nuclear (S_{Nu} - S_N).

Para el cálculo del coeficiente de correlación entre estos dos parámetros haremos X = S_{Nu} e Y = S_N.

$$\overline{S_{Nu}} = 2,3295 \mu^2$$

$$\overline{S_N} = 51,3562 \mu^2$$

$$\sigma(S_{Nu}) = 0,6135 \mu^2$$

$$\sigma(S_N) = 10,9982 \mu^2$$

$$\sum (S_{Nu}) \cdot (S_N) = 30.785,5250 \mu^4$$

$$n = 250.$$

de donde podemos calcular la covarianza

$$\rho = 3,5079 \mu^4$$

y por tanto el coeficiente de correlación vale

$$r = 0,5199$$

Superficie de la Heterocromatina asociada al Nucléolo - Superficie Nuclear (SHCnu - SN).

Para el cálculo del coeficiente de correlación entre estos dos parámetros haremos $X = \text{SHCnu}$ e $Y = \text{SN}$.

$$\overline{\text{SHCnu}} = 2,5809 \mu^2$$

$$\overline{\text{SN}} = 51,3562 \mu^2$$

$$\sigma(\text{SHCnu}) = 0,6844 \mu^2$$

$$\sigma(\text{SN}) = 10,9982 \mu^2$$

$$\sum(\text{SHCnu}) \cdot (\text{SN}) = 33.155,3000 \mu^4$$

$$n = 250.$$

de donde podemos calcular la covarianza

$$\rho = 0,0760 \mu^4$$

y por tanto el coeficiente de correlación vale

$$r = 0,0101$$

Superficie Nucleolar - Superficie de la Heterocromatina asociada al Nucléolo (SNu - SHCnu).

Para el cálculo del coeficiente de correlación entre estos dos parámetros haremos $X = \text{SNu}$ e $Y = \text{SHCnu}$.

$$\overline{\text{SNu}} = 2,3295 \mu^2$$

$$\overline{\text{SHCnu}} = 2,5809 \mu^2$$

$$\sigma(\text{SNu}) = 0,6135 \mu^2$$

$$\sigma(\text{SHCnu}) = 0,6844 \mu^2$$

$$\sum(\text{SNu}) \cdot (\text{SHCnu}) = 1511,6033 \mu^4$$

$$n = 250.$$

de donde podemos calcular la covarianza

$$\rho = 0,0342 \mu^4$$

y por tanto el coeficiente de correlación vale

$$r = 0,0828$$

Superficie Nuclear - Superficie Celular (SN - SC).

Para el cálculo del coeficiente de correlación entre estos dos parámetros haremos $X = SN$ e $Y = SC$.

$$\overline{SN} = 51,3562 \mu^2$$

$$\overline{SC} = 94,6454 \mu^2$$

$$\sigma (SN) = 10,9982 \mu^2$$

$$\sigma (SC) = 27,4518 \mu^2$$

$$\sum (SN) \cdot (SC) = 1278.877,2750 \mu^4$$

$$n = 250.$$

de donde podemos calcular la covarianza

$$\rho = 254,8811 \mu^4$$

y por tanto el coeficiente de correlación vale

$$r = 0,8442$$

Superficie Nucleolar - Superficie Celular (SNu - SC).

Para el cálculo del coeficiente de correlación entre estos dos parámetros haremos $X = \text{SNu}$ e $Y = \text{SC}$.

$$\overline{\text{SNu}} = 2,3295 \mu^2$$

$$\overline{\text{SC}} = 94,6454 \mu^2$$

$$\sigma(\text{SNu}) = 0,6135 \mu^2$$

$$\sigma(\text{SC}) = 27,4518 \mu^2$$

$$\sum(\text{SNu}) \cdot (\text{SC}) = 57.763,6648 \mu^4$$

$$n = 250.$$

de donde podemos calcular la covarianza

$$\rho = 10,5782 \mu^4$$

y por tanto el coeficiente de correlación vale

$$r = 0,6281$$

Superficie de la Heterocromatina asociada al Nucléolo - Superficie Celular (SHCnu - SC).

Para el cálculo del coeficiente de correlación entre estos dos parámetros haremos $X = \text{SHCnu}$ e $Y = \text{SC}$.

$$\overline{\text{SHCnu}} = 2,5809 \mu^2$$

$$\overline{\text{SC}} = 94,6454 \mu^2$$

$$\sigma (\text{SHCnu}) = 0,6844 \mu^2$$

$$\sigma (\text{SC}) = 27,4518 \mu^2$$

$$\sum (\text{SHCnu}) \cdot (\text{SC}) = 61266,8032 \mu^4$$

$$n = 250.$$

de donde podemos calcular la covarianza

$$\rho = 0,6369 \mu^4$$

y por tanto el coeficiente de correlación vale

$$r = 0,0339$$

Coefficientes de correlación en el NGLd izquierdo del Ratón N° 2.-

Superficie Nucleolar - Superficie Nuclear (SNu - SN).

Para el cálculo del coeficiente de correlación entre estos dos parámetros haremos $X = \text{SNu}$ e $Y = \text{SN}$.

$$\overline{\text{SNu}} = 2,0977 \mu^2$$

$$\overline{\text{SN}} = 44,5798 \mu^2$$

$$\sigma(\text{SNu}) = 0,4228 \mu^2$$

$$\sigma(\text{SN}) = 9,1411 \mu^2$$

$$\sum(\text{SNu}) \cdot (\text{SN}) = 13865,9582 \mu^4$$

$$n = 147.$$

de donde podemos calcular la covarianza

$$\rho = 0,8112 \mu^4$$

y por tanto el coeficiente de correlación vale

$$r = 0,2099$$

Superficie de la Heterocromatina asociada al Nucléolo - Superficie Nuclear (SHCnu - SN).

Para el cálculo del coeficiente de correlación entre estos dos parámetros haremos $X = \text{SHCnu}$ e $Y = \text{SN}$.

$$\overline{\text{SHCnu}} = 2,6436 \mu^2$$

$$\overline{\text{SN}} = 44,5798 \mu^2$$

$$\sigma(\text{SHCnu}) = 0,5779 \mu^2$$

$$\sigma(\text{SN}) = 9,1411 \mu^2$$

$$\sum(\text{SHCnu}) \cdot (\text{SN}) = 17464,7406 \mu^4$$

$$n = 147.$$

de donde podemos calcular la covarianza

$$\rho = 0,9566 \mu^4$$

y por tanto el coeficiente de correlación vale

$$r = 0,1811.$$

Superficie Nucleolar - Superficie de la Heterocromatina asociada al Nucléolo (SNu - SHCnu).

Para el cálculo del coeficiente de correlación entre estos dos parámetros haremos $X = \text{SNu}$ e $Y = \text{SHCnu}$.

$$\overline{\text{SNu}} = 2,0977 \mu^2$$

$$\overline{\text{SHCnu}} = 2,6436 \mu^2$$

$$\sigma (\text{SNu}) = 0,4228 \mu^2$$

$$\sigma (\text{SHCnu}) = 0,5779 \mu^2$$

$$\sum (\text{SNu}) \cdot (\text{SHCnu}) = 831,0908 \mu^4$$

$$n = 147.$$

de donde podemos calcular la covarianza

$$\rho = 0,1082 \mu^4$$

y por tanto el coeficiente de correlación vale

$$r = 0,4428$$

Superficie Nuclear - Superficie Celular (SN - SC).

Para el cálculo del coeficiente de correlación entre estos dos parámetros haremos $X = SN$ e $Y = SC$.

$$\overline{SN} = 44,5789 \mu^2$$

$$\overline{SC} = 87,4445 \mu^2$$

$$\sigma (SN) = 9,1411 \mu^2$$

$$\sigma (SC) = 19,0915 \mu^2$$

$$\sum(SN) \cdot (SC) = 593.736,5163 \mu^4$$

$$n = 147.$$

de donde podemos calcular la covarianza

$$\rho = 140,7656 \mu^4$$

y por tanto el coeficiente de correlación vale

$$r = 0,8066$$

Superficie Nucleolar - Superficie Celular (SNu - SC).

Para el cálculo del coeficiente de correlación entre estos dos parámetros haremos $X = \text{SNu}$ e $Y = \text{SC}$.

$$\overline{\text{SNu}} = 2,0977 \mu^2$$

$$\overline{\text{SC}} = 87,4445 \mu^2$$

$$\sigma (\text{SNu}) = 0,4228 \mu^2$$

$$\sigma (\text{SC}) = 19,0915 \mu^2$$

$$\sum (\text{SNu}) \cdot (\text{SC}) = 27.263,1973 \mu^4$$

$$n = 147.$$

de donde podemos calcular la covarianza

$$\rho = 2,0316 \mu^4$$

y por tanto el coeficiente de correlación vale

$$r = 0,2517$$

Superficie de la Heterocromatina asociada al Nucléolo - Superficie Celular (SHCnu - SC).

Para el cálculo del coeficiente de correlación entre estos dos parámetros haremos $X = \text{SHCnu}$ e $Y = \text{SC}$.

$$\overline{\text{SHCnu}} = 2,6436 \mu^2$$

$$\overline{\text{SC}} = 87,4445 \mu^2$$

$$\sigma (\text{SHCnu}) = 0,5779 \mu^2$$

$$\sigma (\text{SC}) = 19,0915 \mu^2$$

$$\sum (\text{SHCnu}) \cdot (\text{SC}) = 34.284,0647 \mu^4$$

$$n = 147.$$

de donde podemos calcular la covarianza

$$\rho = 2,0565 \mu^4$$

y por tanto el coeficiente de correlación vale

$$r = 0,1864$$

Coefficiente de correlación en el NGLd derecho del Ratón Nº 3.-

Superficie Nucleolar - Superficie Nuclear (S_{Nu} - S_N).

Para el cálculo del coeficiente de correlación entre estos dos parámetros haremos $X = S_{Nu}$ e $Y = S_N$.

$$\overline{S_{Nu}} = 2,3067 \mu^2$$

$$\overline{S_N} = 53,1597 \mu^2$$

$$\sigma(S_{Nu}) = 0,5237 \mu^2$$

$$\sigma(S_N) = 10,6581 \mu^2$$

$$\sum(S_{Nu}) \cdot (S_N) = 31.439,6699 \mu^4$$

$$n = 250.$$

de donde podemos calcular la covarianza

$$\rho = 3,1352 \mu^4$$

y por tanto el coeficiente de correlación vale

$$r = 0,5617$$

Superficie de la Heterocromatina asociada al Nucléolo - Superficie Nuclear (SHCnu - SN).

Para el cálculo del coeficiente de correlación entre estos dos parámetros haremos $X = \text{SHCnu}$ e $Y = \text{SN}$.

$$\overline{\text{SHCnu}} = 2,5366 \mu^2$$

$$\overline{\text{SN}} = 53,1597 \mu^2$$

$$\sigma(\text{SHCnu}) = 0,4467 \mu^2$$

$$\sigma(\text{SN}) = 10,6581 \mu^2$$

$$\sum(\text{SHCnu}) \cdot (\text{SN}) = 33.122,4237 \mu^4$$

$$n = 250$$

de donde podemos calcular la covarianza

$$\rho = 2,3552 \mu^4$$

y por tanto el coeficiente de correlación vale

$$r = 0,4947$$

Superficie Nucleolar - Superficie de la Heterocromatina asociada al Nucléolo (SNu - SHCnu).

Para el cálculo del coeficiente de correlación entre estos dos parámetros haremos $X = \text{SNu}$ e $Y = \text{SHCnu}$.

$$\overline{\text{SNu}} = 2,3067 \mu^2$$

$$\overline{\text{SHCnu}} = 2,5366 \mu^2$$

$$\sigma (\text{SNu}) = 0,5237 \mu^2$$

$$\sigma (\text{SHCnu}) = 0,4467 \mu^2$$

$$\sum (\text{SNu}) \cdot (\text{SHCnu}) = 1432,5029 \mu^4$$

$$n = 250.$$

de donde podemos calcular la covarianza

$$\rho = 0,1211 \mu^4$$

y por tanto el coeficiente de correlación vale

$$r = 0,5177$$

Superficie Nuclear - Superficie Celular (SN - SC).

Para el cálculo del coeficiente de correlación en tre estos dos parámetros haremos $X = SN$ e $Y = SC$.

$$\overline{SN} = 53,1597 \mu^2$$

$$\overline{SC} = 93,5591 \mu^2$$

$$\sigma (SN) = 10,6581 \mu^2$$

$$\sigma (SC) = 25,2812 \mu^2$$

$$\sum (SN) \cdot (SC) = 1294.481,0250 \mu^4$$

$$n = 250.$$

de donde podemos calcular la covarianza

$$\rho = 204,3505 \mu^4$$

y por tanto el coeficiente de correlación vale

$$r = 0,7584$$

Superficie Nucleolar - Superficie Celular (SNu - SC).

Para el cálculo del coeficiente de correlación entre estos dos parámetros haremos $X = \text{SNu}$ e $Y = \text{SC}$.

$$\overline{\text{SNu}} = 2,3067 \mu^2$$

$$\overline{\text{SC}} = 93,5591 \mu^2$$

$$\sigma(\text{SNu}) = 0,5237 \mu^2$$

$$\sigma(\text{SC}) = 25,2812 \mu^2$$

$$\sum(\text{SNu}) \cdot (\text{SC}) = 56.471,7189 \mu^4$$

$$n = 250.$$

de donde podemos calcular la covarianza

$$\rho = 10,0741 \mu^4$$

y por tanto el coeficiente de correlación vale

$$r = 0,7609$$

Superficie de la heterocromatina asociada al nucléolo - Superficie Celular (SHCnu - SC).

Para el cálculo del coeficiente de correlación entre estos dos parámetros haremos $X = \text{SHCnu}$ e $Y = \text{SC}$.

$$\overline{\text{SHCnu}} = 2,5366 \mu^2$$

$$\overline{\text{SC}} = 93,5591 \mu^2$$

$$\sigma (\text{SHCnu}) = 0,4467 \mu^2$$

$$\sigma (\text{SC}) = 25,2812 \mu^2$$

$$\sum (\text{SHCnu}) \cdot (\text{SC}) = 57.725,4782 \mu^4$$

$$n = 250.$$

de donde podemos calcular la covarianza

$$\rho = 6,4201 \mu^4$$

y por tanto el coeficiente de correlación vale

$$r = 0,5685$$

Coefficiente de correlación en el NGLd izquierdo del Ratón Nº 3.-

Superficie Nucleolar - Superficie Nuclear (SNU - SN).

Para realizar el cálculo del coeficiente de correlación entre estos dos parámetros haremos $X = SNU$ e $Y = SN$.

$$\overline{SNU} = 2,0845 \mu^2$$

$$\overline{SN} = 45,6384 \mu^2$$

$$\sigma (SNU) = 0,5058 \mu^2$$

$$\sigma (SN) = 10,2934 \mu^2$$

$$\sum (SNU) \cdot (SN) = 13.318,01709 \mu^4$$

$$n = 136.$$

de donde podemos calcular la covarianza

$$\rho = 2,7933 \mu^4$$

y por tanto el coeficiente de correlación vale

$$r = 0,5365$$

Superficie de la Heterocromatina asociada al Nucléolo - Superficie Nuclear (SHCnu - SN).

Para el cálculo del coeficiente de correlación entre estos dos parámetros haremos $X = \text{SHCnu}$ e $Y = \text{SN}$

$$\overline{\text{SHCnu}} = 2,5798 \mu^2$$

$$\overline{\text{SN}} = 45,6384 \mu^2$$

$$\sigma(\text{SHCnu}) = 0,5543 \mu^2$$

$$\sigma(\text{SN}) = 10,2934 \mu^2$$

$$\sum(\text{SHCnu}) \cdot (\text{SN}) = 15.952,3620 \mu^4$$

$$n = 136.$$

de donde podemos calcular la covarianza

$$\rho = -0,4412 \mu^4$$

y por tanto el coeficiente de correlación vale

$$r = -0,0773$$

Superficie Nucleolar - Superficie de la Heterocromatina asociada al Nucléolo (SNu - SHCnu).

Para el cálculo del coeficiente de correlación entre estos dos parámetros haremos $X = \text{SNu}$ e $Y = \text{SHCnu}$.

$$\overline{\text{SNu}} = 2,0845 \mu^2$$

$$\overline{\text{SHCnu}} = 2,5798 \mu^2$$

$$\sigma (\text{SNu}) = 0,5058 \mu^2$$

$$\sigma (\text{SHCnu}) = 0,5543 \mu^2$$

$$\sum (\text{SNu}) \cdot (\text{SHCnu}) = 742,1842 \mu^4$$

$$n = 136$$

de donde podemos calcular la covarianza

$$\rho = 0,0797 \mu^4$$

y por tanto el coeficiente de correlación vale

$$r = 0,2843.$$

Superficie Nuclear - Superficie Celular (SN - SC)

Para el cálculo del coeficiente de correlación entre estos dos parámetros haremos $X = SN$ e $Y = SC$.

$$\overline{SN} = 45,6384 \mu^2$$

$$\overline{SC} = 86,5418 \mu^2$$

$$\sigma (SN) = 10,2934 \mu^2$$

$$\sigma (SC) = 28,7954 \mu^2$$

$$\sum (SN) \cdot (SC) = 574.445,9832 \mu^4$$

$$n = 136$$

de donde podemos calcular la covarianza

$$\rho = 274,2383 \mu^4$$

y por tanto el coeficiente de correlación vale

$$r = 0,9252$$

Superficie Nucleolar - Superficie Celular (SNu - SC).

Para el cálculo del coeficiente de correlación entre estos dos parámetros haremos $X = \text{SNu}$ e $Y = \text{SC}$.

$$\overline{\text{SNu}} = 2,0845 \mu^2$$

$$\overline{\text{SC}} = 86,5418 \mu^2$$

$$\sigma (\text{SNu}) = 0,5058 \mu^2$$

$$\sigma (\text{SC}) = 28,7954 \mu^2$$

$$\sum (\text{SNu}) \cdot (\text{SC}) = 25.717,8319 \mu^4$$

$$n = 136$$

de donde podemos calcular la covarianza

$$\rho = 8,7054 \mu^4$$

y por tanto el coeficiente de correlación vale

$$r = 0,5977$$

Superficie de la Heterocromatina asociada al nucléolo - Superficie celular (SHCnu - SC).

Para el cálculo del coeficiente de correlación entre estos dos parámetros haremos $X = \text{SHCnu}$ e $Y = \text{SC}$.

$$\overline{\text{SHCnu}} = 2,5798 \mu^2$$

$$\overline{\text{SC}} = 86,5418 \mu^2$$

$$\sigma (\text{SHCnu}) = 0,5543 \mu^2$$

$$\sigma (\text{SC}) = 28,7954 \mu^2$$

$$\sum (\text{SHCnu}) \cdot (\text{SC}) = 30.002,5923 \mu^4$$

$$n = 136$$

de donde podemos calcular la covarianza

$$\rho = -2,6533 \mu^4$$

y por tanto el coeficiente de correlación vale

$$r = - 0,1662$$

En la tabla VII se muestran los valores del índice de correlación obtenido para cada una de las parejas de valores analizados en cada uno de los NGLd.

		SNu - SN	SHCnu - SN	SNu - SHCnu	SN - SC	SNu - SC	SHCnu - SC
RATON N° 1	NGLd decho.	0,6352 +	0,3443 +	0,0809	0,8554 +	0,7551 +	0,2036 +
	NGLd izqdo.	0,4966 +	0,4352 +	0,3595 +	0,8949 +	0,5124 +	0,3554 +
RATON N° 2	NGLd decho.	0,5199 +	0,0101	0,0828	0,8442 +	0,6281 +	0,0339
	NGLd izqdo.	0,2099 +	0,1811	0,4428 +	0,8066 +	0,2517 +	0,1864
RATON N° 3	NGLd decho.	0,5617 +	-0,4947 +	-0,5177 +	0,7584 +	0,7609 +	-0,5685 +
	NGLd izqdo.	0,5365 +	-0,0773	0,2843 +	0,9252 +	0,5977 +	-0,1662 +

TABLA VII: Valores de los índices de correlación. Se han señalado con el signo + los valores que son significativos con una probabilidad del 0,95 .

Como se observa en la tabla VII se obtienen las siguientes deducciones:

- 1.- Existe una correlación positiva en todos los casos entre:
la superficie celular y la superficie nuclear; la superficie nuclear y la superficie nucleolar y la superficie celular y la superficie nucleolar.
- 2.- La superficie de la heterocromatina asociada al nucléolo, guarda correlación ó no según el animal de que se trate:
Ratón Nº 1 positiva en todos los casos; Ratón Nº 2 sin correlación en todos los casos; Ratón Nº 3 negativa en todos los casos (aunque en dos de ellos sin significación). Todo lo cual indica que la cantidad de heterocromatina varía sin patrón alguno, al relacionarla con la superficie del núcleo y la célula.
- 3.- La correlación entre la superficie de la heterocromatina y la superficie del nucléolo cambia en cada caso, si bien en el presente estudio, los tres geniculados izquierdos ofrecen correlación positiva.

Todo lo cual nos permite afirmar que el valor de la superficie heterocromatica asociada al nucléolo, es independiente del de los otros parámetros; recordemos aquí que según vimos

para cada animal la cantidad es la misma en geniculado derecho e izquierdo y diferente al comparar los distintos animales.

B: Comparación de parámetros entre si.-

Establecidas las anteriores correlaciones, cabe ahora preguntarse si los aumentos ó disminuciones de los parámetros guardan patrones fijos y paralelos en cada caso ó si por el contrario, la subida, por ejemplo de la superficie celular va seguida por una subida de superficie nuclear pero con diferente cantidad en cada caso.

Para contestar a esta cuestión bastará con obtener los valores de los cocientes de cada parámetro en relación con la superficie celular y ver si son distintos ó iguales.

Conocidos los diferentes parámetros en las neuronas integrantes de los distintos núcleos geniculados laterales, podemos determinar para cada uno de ellos las siguientes relaciones ó cocientes:

- Relación entre la Superficie de la Heterocromatina asociada al Nucléolo y la Superficie celular (SHCnu / SC).

- Relación entre la Superficie del Nucléolo y la Superficie Celular (SNu / SC).

- Relación entre la Superficie del Núcleo y la Superficie Celular (SN / SC).

- Relación entre la Superficie de la Heterocromatina asociada al Nucléolo y la Superficie Nuclear (SHC_{nu} / SN).

- Relación entre la Superficie del Nucléolo y la Superficie Nuclear (S_{Nu} / SN).

Con ello conseguimos conocer el porcentaje que los otros tres parámetros representan con respecto a la superficie celular. Así mismo como relacionar los valores que la superficie nucleolar y la superficie de la heterocromatina asociada al nucléolo, representan con respecto a la superficie nuclear.

Las tablas que con las letras G, H, I, J, K y L, exponemos en el epígrafe de resultados muestran los valores de los diferentes cocientes obtenidos con los parámetros medidos en cada una de las neuronas representativas de los 6 geniculados.

Los distintos valores se han ordenado en cada núcleo, según valores decrecientes de la superficie celular.

La primera columna viene expresada en μ^2 , las columnas siguientes, lógicamente, carecen de unidades.

Con el fin de poder establecer comparaciones y para conocer el % que cada parámetro representa respecto a la superficie celular, pasamos a calcular los valores medios en cada uno de los cocientes obtenidos.

Los resultados obtenidos para los distintos núcleos geniculados laterales han sido:

RATON Nº 1: NGLd derecho (n = 204)

$$\frac{\text{SHCnu}}{\text{SC}} \left\{ \begin{array}{l} \text{Valor medio } (\bar{X}) = 0,0280 \\ \text{Desviación típica } (\sigma_n) = 0,0082 \end{array} \right.$$

$$\frac{\text{SNu}}{\text{SC}} \left\{ \begin{array}{l} \text{Valor medio } (\bar{X}) = 0,0242 \\ \text{Desviación típica } (\sigma_n) = 0,0052 \end{array} \right.$$

$$\frac{\text{SN}}{\text{SC}} \left\{ \begin{array}{l} \text{Valor medio } (\bar{X}) = 0,5360 \\ \text{Desviación típica } (\sigma_n) = 0,0774 \end{array} \right.$$

$$\frac{\text{SHCnu}}{\text{SN}} \left\{ \begin{array}{l} \text{Valor medio } (\bar{X}) = 0,0523 \\ \text{Desviación típica } (\sigma_n) = 0,0149 \end{array} \right.$$

$$\frac{\text{SNu}}{\text{SN}} \left\{ \begin{array}{l} \text{Valor medio } (\bar{X}) = 0,0460 \\ \text{Desviación típica } (\sigma_n) = 0,0120 \end{array} \right.$$

RATON Nº 1: NGLd izquierdo (n = 218)

$$\frac{SHCnu}{SC} \left\{ \begin{array}{l} \text{Valor medio } (\bar{X}) = 0,0324 \\ \text{Desviación típica } (\sigma_n) = 0,0126 \end{array} \right.$$

$$\frac{SNu}{SC} \left\{ \begin{array}{l} \text{Valor medio } (\bar{X}) = 0,0258 \\ \text{Desviación típica } (\sigma_n) = 0,0090 \end{array} \right.$$

$$\frac{SN}{SC} \left\{ \begin{array}{l} \text{Valor medio } (\bar{X}) = 0,4711 \\ \text{Desviación típica } (\sigma_n) = 0,0862 \end{array} \right.$$

$$\frac{SHCnu}{SN} \left\{ \begin{array}{l} \text{Valor medio } (\bar{X}) = 0,0691 \\ \text{Desviación típica } (\sigma_n) = 0,0256 \end{array} \right.$$

$$\frac{SNu}{SN} \left\{ \begin{array}{l} \text{Valor medio } (\bar{X}) = 0,0554 \\ \text{Desviación típica } (\sigma_n) = 0,0187 \end{array} \right.$$

RATON Nº 2: NGLd derecho, (n = 250)

$$\frac{SHCnu}{SC} \left\{ \begin{array}{l} \text{Valor medio } (\bar{X}) = 0,0296 \\ \text{Desviación típica } (\sigma_n) = 0,0114 \end{array} \right.$$

$$\frac{SNu}{SC} \left\{ \begin{array}{l} \text{Valor medio } (\bar{X}) = 0,0256 \\ \text{Desviación típica } (\sigma_n) = 0,0061 \end{array} \right.$$

$$\frac{SN}{SC} \left\{ \begin{array}{l} \text{Valor medio } (\bar{X}) = 0,5578 \\ \text{Desviación típica } (\sigma_n) = 0,0758 \end{array} \right.$$

$$\frac{SHCnu}{SN} \left\{ \begin{array}{l} \text{Valor medio } (\bar{X}) = 0,0527 \\ \text{Desviación típica } (\sigma_n) = 0,0181 \end{array} \right.$$

$$\frac{SNu}{SN} \left\{ \begin{array}{l} \text{Valor medio } (\bar{X}) = 0,0461 \\ \text{Desviación típica } (\sigma_n) = 0,0105 \end{array} \right.$$

RATON Nº 2: NGLd izquierdo (n = 147)

$$\frac{SHCnu}{SC} \left\{ \begin{array}{l} \text{Valor medio } (\bar{X}) = 0,0314 \\ \text{Desviación típica } (\sigma_n) = 0,0088 \end{array} \right.$$

$$\frac{SNu}{SC} \left\{ \begin{array}{l} \text{Valor medio } (\bar{X}) = 0,0249 \\ \text{Desviación típica } (\sigma_n) = 0,0065 \end{array} \right.$$

$$\frac{SN}{SC} \left\{ \begin{array}{l} \text{Valor medio } (\bar{X}) = 0,5147 \\ \text{Desviación típica } (\sigma_n) = 0,0635 \end{array} \right.$$

$$\frac{SHCnu}{SN} \left\{ \begin{array}{l} \text{Valor medio } (\bar{X}) = 0,0615 \\ \text{Desviación típica } (\sigma_n) = 0,0175 \end{array} \right.$$

$\frac{SNu}{SN}$

Valor medio (\bar{X}) = 0,0489
Desviación típica (σ_n) = 0,0134

RATON N° 3: NGLd derecho (n = 250)

$\frac{SHCnu}{SC}$

Valor medio (\bar{X}) = 0,0299
Desviación típica (σ_n) = 0,0114

$\frac{SNu}{SC}$

Valor medio (\bar{X}) = 0,0253
Desviación típica (σ_n) = 0,0044

$\frac{SN}{SC}$

Valor medio (\bar{X}) = 0,5846
Desviación típica (σ_n) = 0,0991

$\frac{SHCnu}{SN}$

Valor medio (\bar{X}) = 0,0507
Desviación típica (σ_n) = 0,0168

$\frac{SNu}{SN}$

Valor medio (\bar{X}) = 0,0441
Desviación típica (σ_n) = 0,0092

RATON N° 3: NGLd izquierdo (n = 136)

$\frac{SHCnu}{SC}$

Valor medio (\bar{X}) = 0,0331
Desviación típica (σ_n) = 0,0133

$$\frac{SNu}{SC} \left\{ \begin{array}{l} \text{Valor medio } (\bar{X}) = 0,0256 \\ \text{Desviación típica } (\sigma_n) = 0,0074 \end{array} \right.$$

$$\frac{SN}{SC} \left\{ \begin{array}{l} \text{Valor medio } (\bar{X}) = 0,5486 \\ \text{Desviación típica } (\sigma_n) = 0,0975 \end{array} \right.$$

$$\frac{SHCnu}{SN} \left\{ \begin{array}{l} \text{Valor medio } (\bar{X}) = 0,0595 \\ \text{Desviación típica } (\sigma_n) = 0,0210 \end{array} \right.$$

$$\frac{SNu}{SN} \left\{ \begin{array}{l} \text{Valor medio } (\bar{X}) = 0,0467 \\ \text{Desviación típica } (\sigma_n) = 0,0124 \end{array} \right.$$

En la tabla VIII ilustramos los valores medios encontrados para las diferentes cocientes analizados en los distintos núcleos geniculados laterales, así como sus errores standard:

		SHCnu / SC	SNu / SC	SN / SC	SHCnu / SN	SNu / SN
RATON N° 1	NGLd decho.	0,0280 ± 0,00057	0,0242 ± 0,00036	0,5360 ± 0,00541	0,0523 ± 0,00104	0,0460 ± 0,00084
	NGLd izqdo.	0,0324 ± 0,00085	0,0258 ± 0,00609	0,4711 ± 0,00583	0,0691 ± 0,00173	0,0554 ± 0,00126
RATON N° 2	NGLd decho.	0,0296 ± 0,00072	0,0256 ± 0,00038	0,5578 ± 0,00479	0,0527 ± 0,00114	0,0461 ± 0,00066
	NGLd izqdo.	0,0314 ± 0,00072	0,0249 ± 0,00053	0,5147 ± 0,00523	0,0615 ± 0,00144	0,0489 ± 0,00110
RATON N° 3	NGLd decho.	0,0299 ± 0,00072	0,0253 ± 0,00027	0,5846 ± 0,00626	0,0507 ± 0,00106	0,0444 ± 0,00058
	NGLd izqdo.	0,0331 ± 0,00114	0,0256 ± 0,00063	0,5486 ± 0,00836	0,0595 ± 0,00180	0,0467 ± 0,00106

TABLA VIII: Valores medios y errores standard de los diferentes cocientes analizados en los NGLd derecho e izquierdo de cada animal.

INSTITUTO MEXICANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESQUERÍA

Ahora, realizamos a continuación, un estudio comparativo para los diversos cocientes analizados, entre los Núcleos derecho e izquierdo de cada animal, utilizando para ello el test de comparación de medias.

Los resultados obtenidos en cada caso se detallan a continuación.

Comparación entre parte derecha e izquierda del ratón N° 1.-

Valores del cociente SHCnu/SC

NGLd derecho

$$\bar{X} = 0,0280$$

$$\sigma_n = 0,0082$$

$$n = 204$$

NGLd izquierdo

$$\bar{X} = 0,0324$$

$$\sigma_n = 0,0126$$

$$n = 218$$

De la comparación de estos datos, obtenemos un valor de "t" de 4,2801, lo que demuestra la existencia de diferencias significativas ($p = 0,95$).

Valores del cociente SNu/SC

NGLd derecho

$$\bar{X} = 0,0242$$

$$\sigma_n = 0,0052$$

NGLd izquierdo

$$\bar{X} = 0,0258$$

$$\sigma_n = 0,0090$$

De la comparación de estos datos, obtenemos un valor de "t" de 2,2535, lo que demuestra la existencia de diferencias significativas ($p = 0,95$).

Valores del cociente SN/SC.

NGLd derecho

$$\bar{X} = 0,5360$$

$$\sigma_n = 0,0774$$

NGLd izquierdo

$$\bar{X} = 0,4711$$

$$\sigma_n = 0,0862$$

De la comparación de estos datos, obtenemos un valor de "t" de 8,1481, lo que demuestra la existencia de diferencias significativas ($p = 0,95$).

Valores del cociente SHCnu/SN

NGLd derecho

$$\bar{X} = 0,0523$$

$$\sigma_n = 0,0149$$

NGLd izquierdo

$$\bar{X} = 0,0691$$

$$\sigma_n = 0,0256$$

De la comparación de estos datos, obtenemos un valor de "t" de 8,3044, lo que demuestra la existencia de diferencias significativas ($p = 0,95$).

Valores del cociente S_{Nu}/S_N

NGLd derecho

$$\bar{X} = 0,0460$$

$$\sigma_n = 0,0120$$

NGLd izquierdo

$$\bar{X} = 0,0554$$

$$\sigma_n = 0,0187$$

De la comparación de estos datos, obtenemos un valor de "t" de 6,1848, lo que demuestra la existencia de diferencias significativas ($p = 0,95$).

Comparación entre parte derecha e izquierda del ratón N^o 2.-

Valores del cociente S_{H_Cn_u}/S_C

NGLd derecho

$$\bar{X} = 0,0296$$

$$\sigma_n = 0,0114$$

$$n = 250$$

NGLd izquierdo

$$\bar{X} = 0,0314$$

$$\sigma_n = 0,0088$$

$$n = 147$$

De la comparación de estos datos, obtenemos un valor de "t" de 1,7595, lo que demuestra que para este cociente no aparecen diferencias significativas ($p = 0,95$).

Valores del cociente SNu/SC

NGLd derecho

$$\bar{X} = 0,0256$$

$$\sigma_n = 0,0061$$

NGLd izquierdo

$$\bar{X} = 0,0s49$$

$$\sigma_n = 0,0065$$

De la comparación de estos datos, obtenemos un valor de "t" de 1,0606, lo que demuestra que para este cociente no aparecen diferencias significativas ($p = 0,95$).

Valores del cociente SN/SC

NGLd derecho

$$\bar{X} = 0,5578$$

$$\sigma_n = 0,0758$$

NGLd izquierdo

$$\bar{X} = 0,5147$$

$$\sigma_n = 0,0635$$

De la comparación de estos datos, obtenemos un valor de "t" de 6,0704, lo que demuestra la existencia de diferencias signifi-
cativas ($p = 0,95$).

Valores del cociente SHCnu/SN

NGLd derecho

$$\bar{X} = 0,0527$$

$$\sigma_n = 0,0181$$

NGLd izquierdo

$$\bar{X} = 0,0615$$

$$\sigma_n = 0,0175$$

De la comparación de estos datos, obtenemos un valor de "t" de 4,774, lo que demuestra la existencia de diferencias significativas ($p = 0,95$).

Valores del Cociente S_{Nu}/SN

NGLd derecho

$$\bar{X} = 0,0461$$

$$\sigma_n = 0,0105$$

NGLd izquierdo

$$\bar{X} = 0,0489$$

$$\sigma_n = 0,0134$$

De la comparación de estos datos, obtenemos un valor de "t" de 2,1722, lo que demuestra la existencia de diferencias significativas ($p = 0,95$).

Comparación entre parte derecha e izquierda del ratón N° 3.-

Valores del cociente SH_{Cnu}/SC

NGLd derecho

$$\bar{X} = 0,0299$$

$$\sigma_n = 0,0114$$

$$n = 250$$

NGLd izquierdo

$$\bar{X} = 0,0331$$

$$\sigma_n = 0,0133$$

$$n = 136$$

De la comparación de estos datos, obtenemos un valor de "t" de 2,4615, lo que demuestra la existencia de diferencias significativas ($p = 0,95$).

Valores del cociente S_{Nu}/SC

NGLd derecho

$$\bar{X} = 0,0253$$

$$\sigma_n = 0,0044$$

NGLd izquierdo

$$\bar{X} = 0,0256$$

$$\sigma_n = 0,0074$$

De la comparación de estos datos, obtenemos un valor de "t" de 0,5000, lo que demuestra que para este cociente no aparecen diferencias significativas ($p = 0,95$).

Valores del cociente S_N/SC

NGLd' derecho

$$\bar{X} = 0,5846$$

$$\sigma_n = 0,0991$$

NGLd izquierdo

$$\bar{X} = 0,5486$$

$$\sigma_n = 0,0975$$

De la comparación de estos datos, obtenemos un valor de "t" de 3,4615, lo que demuestra la existencia de diferencias significativas ($p = 0,95$).

Valores del cociente SHCnu/SN

NGLd derecho

$$\bar{X} = 0,0507$$

$$\sigma_n = 0,0168$$

NGLd izquierdo

$$\bar{X} = 0,0595$$

$$\sigma_n = 0,0210$$

De la comparación de estos datos, obtenemos un valor de "t" de 4,2105, lo que demuestra la existencia de diferencias significativas ($p = 0,95$).

Valores del cociente SNu/SN

NGLd derecho

$$\bar{X} = 0,0444$$

$$\sigma_n = 0,0092$$

NGLd izquierdo

$$\bar{X} = 0,0467$$

$$\sigma_n = 0,0124$$

De la comparación de estos datos, obtenemos un valor de "t" de 1,9166, lo que demuestra que para este cociente no existen diferencias significativas ($p = 0,95$).

En la tabla IX exponemos los valores de "t" obtenidos al comparar los distintos cocientes calculados en el NGLd derecho, con los calculados en el NGLd izquierdo, dentro de cada animal.

	SHCnu/SC	SNu/SC	SN/SC	SHCnu/SN	SNu/SN
RATON Nº 1	4,2801 +	2,2535 +	8,1481 +	8,3044 +	6,1848 +
RATON Nº 2	1,7595	1,0606	6,0704 +	4,7774 +	2,1722 +
RATON Nº 3	2,4615 +	0,5000	3,4615 +	4,2105 +	1,9166

TABLA IX: Valores de "t" resultantes de la comparación de los valores medios de los diferentes cocientes analizados, entre los NGLd derecho e izquierdo de cada animal. Se han señalado con el signo + los valores de "t" que demuestran la existencia de diferencias significativas.

Como se desprende de la observación de esta tabla, se obtienen diferencias significativas en los distintos cocientes calculados, lo cual indica que a cada tamaño de condición medida (parámetro SC) corresponde otros parámetros (SN, SNu, SHCnu) que varían en cada geniculado sin guardar relación. Es decir el aumento de Superficie Celular, por ejemplo, va seguido en todos los casos con aumento de Superficie Nuclear, pero la cantidad de Superficie Nuclear no representa un tanto por ciento fijo de la Superficie Celular.

Para la realización del estudio comparativo de los diversos cocientes analizados, entre los Núcleos geniculados laterales dorsales derechos de animales diferentes y Núcleos geniculados laterales dorsales izquierdos de los mismos, hemos aplicado un análisis de la varianza.

Se detallan, a continuación los resultados en ambos casos:

Comparación entre los NGLd derechos de los diferentes animales.-

Valores del cociente SHCnu/SC

RATON Nº 1

$$m_1 = 0,0280$$

$$\sigma_1 = 0,0082$$

$$n_1 = 204.$$

RATON Nº 2

$$m_2 = 0,0296$$

$$\sigma_2 = 0,0114$$

$$n_2 = 250.$$

RATON N° 3

$$m_3 = 0,0299$$

$$\sigma_3 = 0,0114$$

$$n_3 = 250.$$

Realizadas las operaciones necesarias, se obtuvieron los siguientes resultados:

$$M = 0,0292$$

$$U_f = 0,0002281$$

$$S_f^2 = 0,0004562$$

$$U_r = 0,0001119$$

$$S_r^2 = 0,0785$$

$$U_f/U_r = 2,0384$$

El valor del cociente, U_f/U_r , indica que para la relación SHCnu/SC no existen diferencias significativas entre los NGLd derechos de los 3 animales utilizados ($p = 0,95$).

Valores del cociente SNu/SC

RATON N° 1

$$m_1 = 0,0242$$

$$\sigma_1 = 0,0052$$

$$n_1 = 204.$$

RATON N° 2

$$m_2 = 0,0256$$

$$\sigma_2 = 0,0061$$

$$n_2 = 250.$$

RATON N° 3

$$m_3 = 0,0253$$

$$\sigma_3 = 0,0044$$

$$n_3 = 250.$$

Realizadas las operaciones oportunas, se obtuvieron los siguientes resultados:

$$M = 0,0250$$

$$U_f = 0,0001215$$

$$S_f^2 = 0,0002430$$

$$U_r = 0,00002804$$

$$S_r^2 = 0,019658$$

$$U_f/U_r = 4,3337$$

El valor del cociente, U_f/U_r , indica que para la relación SNu/SC, existen diferencias significativas entre los NGLd derechos de los diferentes animales ($p = 0,95$).

Valores del cociente SN/SC

RATON N° 1

$$m_1 = 0,5360$$

$$\sigma_1 = 0,0774$$

$$n_1 = 204.$$

RATON N° 2

$$m_2 = 0,5578$$

$$\sigma_2 = 0,0758$$

$$n_2 = 250.$$

RATON N° 3

$$m_3 = 0,5846$$

$$\sigma_3 = 0,0991$$

$$n_3 = 250.$$

Realizadas las operaciones pertinentes, se obtuvieron los siguientes resultados:

$$M = 0,5609$$

$$U_f = 0,1346$$

$$S_f^2 = 0,2693$$

$$U_r = 0,0072$$

$$S_r^2 = 5,1137$$

$$U_f/U_r = 18,4513$$

El valor del cociente, U_f/U_r , indica que para la relación SN/SC, existen diferencias significativas entre los NGLd derechos de los diferentes animales ($p = 0,95$).

Valores del cociente SHCnu/SN

RATON N° 1

$$m_1 = 0,0523$$

$$\sigma_1 = 0,0149$$

$$n_1 = 204.$$

RATON N° 2

$$m_2 = 0,0527$$

$$\sigma_2 = 0,0181$$

$$n_2 = 250.$$

RATON N° 3

$$m_3 = 0,0507$$

$$\sigma_3 = 0,0168$$

$$n_3 = 250.$$

Realizadas las operaciones oportunas se obtuvieron los siguientes resultados:

$$M = 0,0517$$

$$U_f = 0,0002867$$

$$S_f^2 = 0,0005734$$

$$U_r = 0,0002818$$

$$S_r^2 = 0,1976$$

$$U_f/U_r = 1,0173$$

El valor del cociente, U_f/U_r , indica que para la relación SHCnu/SN, no existen diferencias significativas entre los NGLd derechos de los diferentes animales utilizados ($p = 0,95$).

Valores del cociente SNu/SN

RATON N° 1

$$m_1 = 0,0460$$

$$\sigma_1 = 0,0120$$

$$n_1 = 204.$$

RATON N° 2

$$m_2 = 0,0461$$

$$\sigma_2 = 0,0105$$

$$n_2 = 250.$$

RATON N° 3

$$m_3 = 0,0441$$

$$\sigma_3 = 0,0092$$

$$n_3 = 250.$$

Realizadas las operaciones necesarias, se obtuvieron los siguientes resultados:

$$M = 0,0453$$

$$U_f = 0,00030998$$

$$S_f^2 = 0,0006199$$

$$U_r = 0,000111409$$

$$S_r^2 = 0,0780985$$

$$U_f/U_r = 2,7823$$

El valor del cociente, U_f/U_r , indica que para la relación S_{Nu}/SN , no existen diferencias significativas entre los NGLd derechos de los diferentes animales ($p = 0,95$).

Comparación entre los NGLd izquierdos de los diferentes animales.-

Valores del cociente SHCnu/SC

RATON Nº 1

$$m_1 = 0,0324$$

$$\sigma_1 = 0,0126$$

$$n_1 = 218.$$

RATON Nº 2

$$m_2 = 0,0314$$

$$\sigma_2 = 0,0088$$

$$n_2 = 147.$$

RATON Nº 3

$$m_3 = 0,0331$$

$$\sigma_3 = 0,0133$$

$$n_3 = 136.$$

Realizadas las operaciones oportunas, se obtuvieron los siguientes resultados:

$$M = 0,0323$$

$$U_f = 0,000104$$

$$S_f^2 = 0,000208$$

$$U_r = 0,000140$$

$$S_r^2 = 0,070049$$

$$U_f/U_r = 0,7404$$



El valor del cociente, U_f/U_r , indica que para la relación SHCnu/SC, existen diferencias significativas entre los NGLd izquierdos de los diferentes animales ($p = 0,95$).

Valores del cociente SNu/SC

RATON Nº 1

$$m_1 = 0,0258$$

$$\sigma_1 = 0,0090$$

$$n_1 = 218$$

RATON Nº 2

$$m_2 = 0,0249$$

$$\sigma_2 = 0,0065$$

$$n_2 = 147.$$

RATON Nº 3

$$m_3 = 0,0256$$

$$\sigma_3 = 0,0074$$

$$n_3 = 136.$$

Realizadas las operaciones necesarias, se obtuvieron los siguientes resultados:

$$M = 0,0255$$

$$U_f = 0,000036$$

$$S_f^2 = 0,000073$$

$$U_r = 0,000062$$

$$S_r^2 = 0,031316$$

$$U_f/U_r = 0,5876$$

El valor del cociente, U_f/U_r , indica que para la relación SNu/SC, no existen diferencias significativas entre los NGLd izquierdos de los diferentes animales ($p = 0,95$).

Valores del cociente SN/SC

RATON Nº 1

$$m_1 = 0,4711$$

$$\sigma_1 = 0,0862$$

$$n_1 = 218.$$

RATON Nº 2

$$m_2 = 0,5147$$

$$\sigma_2 = 0,0635$$

$$n_2 = 147.$$

RATON Nº 3

$$m_3 = 0,5486$$

$$\sigma_3 = 0,0975$$

$$n_3 = 136.$$

Realizadas las operaciones necesarias, se obtuvieron los siguientes resultados:

$$M = 0,5049$$

$$U_f = 0,261443$$

$$S_f^2 = 0,522887$$

$$U_r = 0,007039$$

$$S_r^2 = 3,505426$$

$$U_f/U_r = 37,1421$$

El valor del cociente, U_f/U_r , indica que para la relación SN/SC, existen diferencias significativas entre los núcleos geniculados izquierdos de los diferentes animales ($p = 0,95$).

Valores del cociente SHCnu/SN

RATON Nº 1

$$m_1 = 0,0691$$

$$\sigma_1 = 0,0256$$

$$n_1 = 218.$$

RATON Nº 2

$$m_2 = 0,0615$$

$$\sigma_2 = 0,0175$$

$$n_2 = 147.$$

RATON Nº 3

$$m_3 = 0,0595$$

$$\sigma_3 = 0,0210$$

$$n_3 = 136$$

Realizadas las operaciones necesarias, se obtuvieron los siguientes resultados:

$$M = 0,0643$$

$$U_f = 0,004654$$

$$S_f^2 = 0,009308$$

$$U_r = 0,000497$$

$$S_r^2 = 0,247863$$

$$U_f/U_r = 9,3513$$

El valor del cociente, U_f/U_r , indica que para la relación SHCnu/SN, existen diferencias significativas entre los NGLd izquierdos de los diferentes animales ($p = 0,95$).

Valores del cociente S_{Nu}/SN

RATON N° 1

$$m_1 = 0,0554$$

$$\sigma_1 = 0,0187$$

$$n_1 = 218.$$

RATON N° 2

$$m_2 = 0,0489$$

$$\sigma_2 = 0,0134$$

$$n_2 = 147.$$

RATON N° 3

$$m_3 = 0,0467$$

$$\sigma_3 = 0,0124$$

$$n_3 = 136.$$

Realizadas las operaciones oportunas, se obtuvieron los siguientes resultados:

$$M = 0,0511$$

$$U_f = 0,003687$$

$$S_f^2 = 0,007375$$

$$U_r = 0,000248$$

$$S_r^2 = 0,123539$$

$$U_f/U_r = 14,8652$$

El valor del cociente, U_f/U_r , indica que para la relación S_{Nu}/SN , existen diferencias significativas entre los NGLd izquierdos de los diferentes animales. ($p = 0,95$).

En la tabla X, se expresan los valores obtenidos para el cociente U_f/U_r , en las distintas relaciones analizadas tanto para la comparación realizada entre los NGLd derechos como para la realizada entre los NGLd izquierdos de los diferentes animales.

Se han señalado con el signo +, los valores que demuestran la existencia de diferencias significativas con una probabilidad del 95%.

Al analizar los valores obtenidos, podemos decir que la comparación de los cocientes (SHCnu/SC, SNu/SC, SN/SC, SHCnu/SN y SNu/SN) obtenidos en los distintos animales nos da al igual que dijimos al realizar las comparaciones entre derecho e izquierdo, valores que varían sin guardar relación cuantitativa. Es decir, por ejemplo, cada aumento de superficie celular es seguido en cada Núcleo por un aumento de superficie Nuclear pero cuantitativamente los valores no son correlativos.

	SHCnu/SC	SNu/SC	SN/SC	SHCnu/SN	SNu/SN
NGLd derechos	2,0384 +	4,3337 +	18,4513 +	1,0173	2,7823 +
NGLd izquierdos	0,7404	0,5876	37,1421 +	9,3513 +	14,8652 +

TABLA X: Resultados de la comparación realizada para los diferentes cocientes, entre los NGLd derechos, así como entre los NGLd izquierdos de los distintos animales.

Como resultado de los anteriores análisis, exponemos a continuación unas gráficas que muestran los porcentajes que la Superficie del Núcleo (SN), Nucléolo (SNu) y Heterocromatina asociada al Nucléolo (SHCnu) presentan respecto a la Superficie Celular (SC), así como los porcentajes que la Superficie del Nucléolo y Heterocromatina asociada al mismo, representan respecto a la Superficie Nuclear y los porcentajes que la Superficie del Nucléolo representa respecto a la Superficie de la Heterocromatina a él asociada.

Estos porcentajes quedan recogidos en tres gráficas para cada caso. Dos corresponden a los geniculados derecho e izquierdo, la tercera es el resultado de unión media de los valores de los dos anteriores.

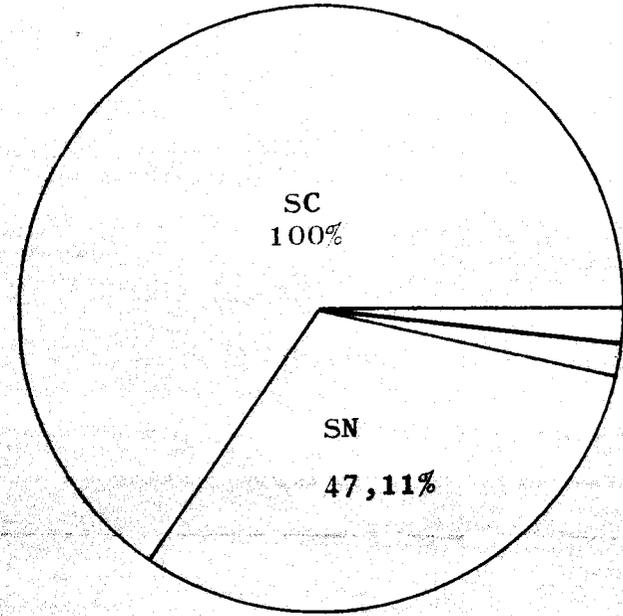
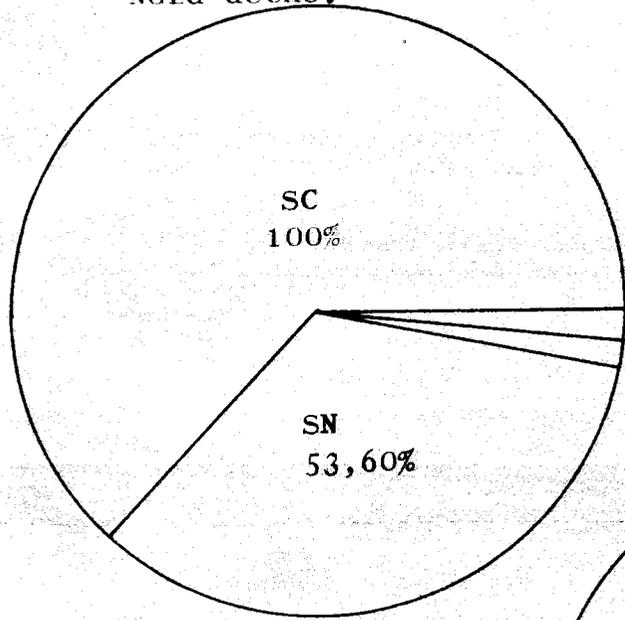
GRAFICA 4

Representación de los porcentajes medios que la Superficie del Núcleo (SN), Nucléolo (SNu) y Heterocromatina asociada al Nucléolo (SHCnu) presentan respecto a la Superficie Celular (SC) en los NGLd derecho e izquierdo del ratón número 1, así como en el NGLd tipo del mismo animal.

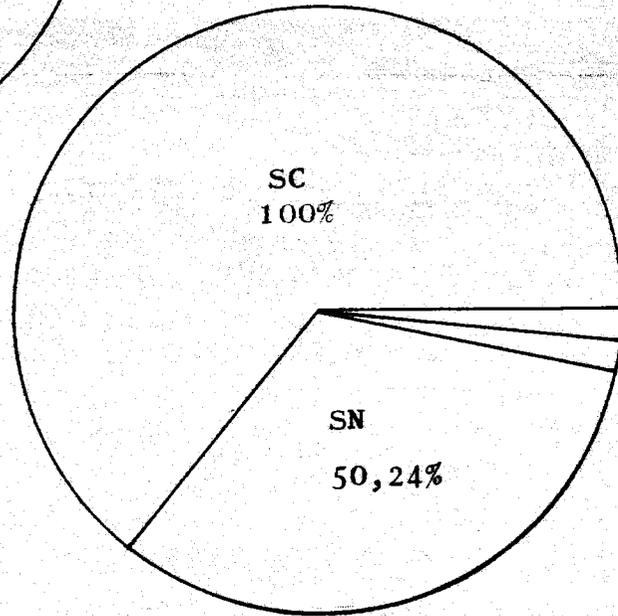
RATON Nº 1

NGLd decho.

NGLd izqdo.



NGLd tipo



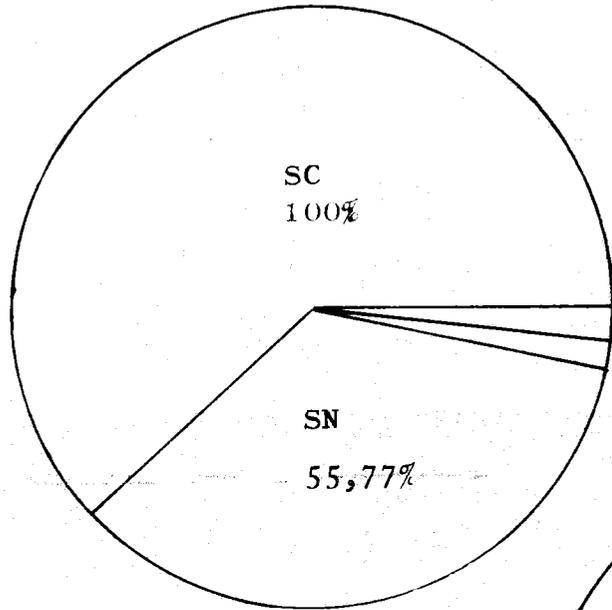
GRAFICA.- 4

GRAFICA 5

Representación de los porcentajes medios que la Superficie del Núcleo (SN), Nucléolo (SNu) y Heterocromatina asociada al Nucléolo (SHCnu) presentan respecto a la Superficie Celular (SC) en los NGLd derecho e izquierdo del ratón número 2, así como en el NGLd tipo, del mismo animal.

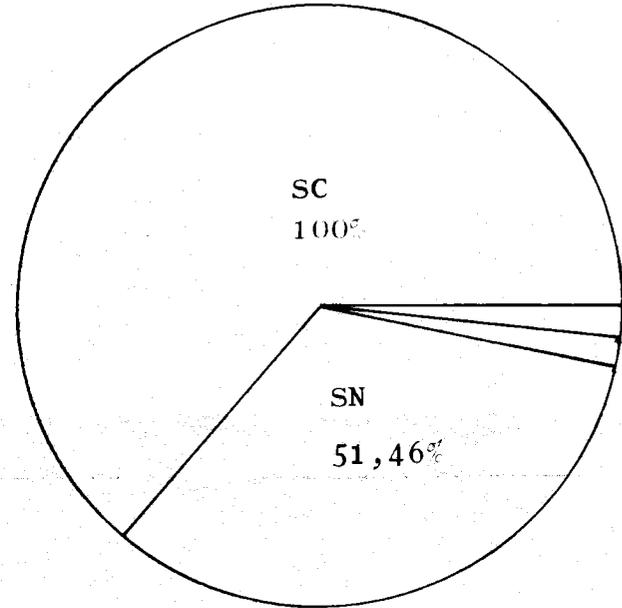
RATON Nº 2

NGld dcho.



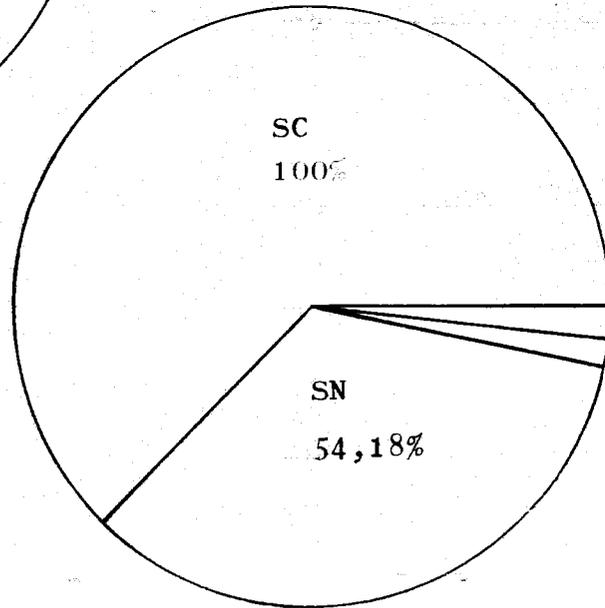
SHCnu 2,96%
SNu 2,55%

NGld izqdo.



SHCnu 3,14%
SNu 2,48%

NGld tipo



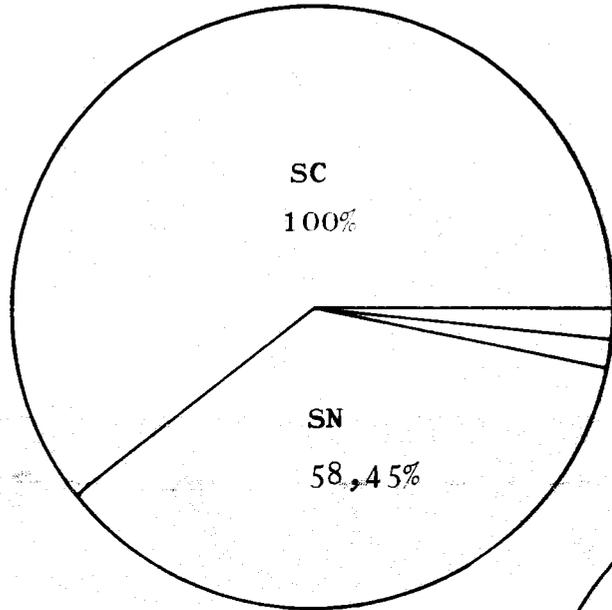
SHCnu 3,02%
SNu 2,53%

GRAFICA 6

Representación de los porcentajes medios que la Superficie del Núcleo (SN), Núcleo (SNu) y Heterocromatina asociada al Nucléolo (SHCnu) presentan respecto a la Superficie Celular (SC), en los NGLd derecho e izquierdo del ratón número 3, así como en el NGLd tipo, del mismo animal.

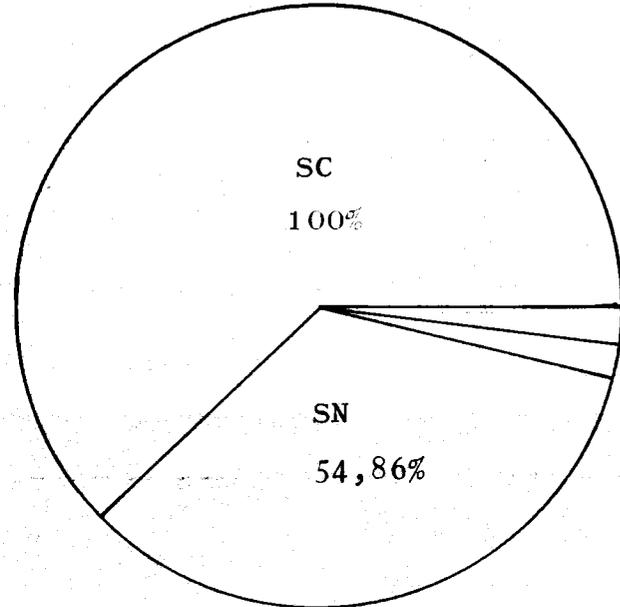
RATON Nº 3

NGLd dcho.



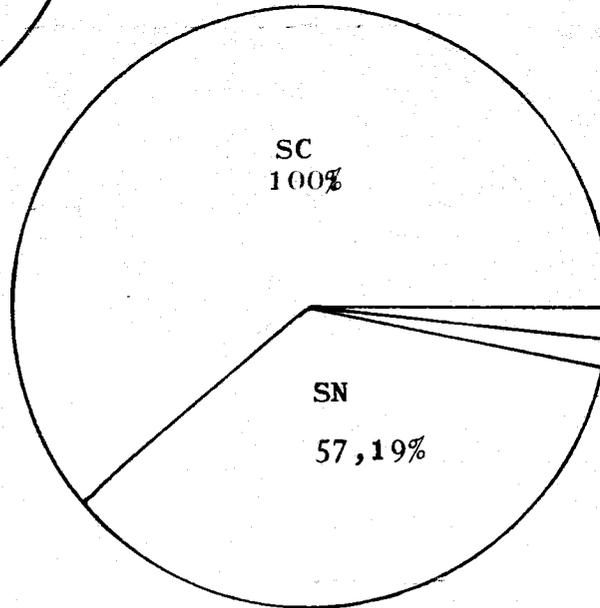
SHCnu 2,98%
SNu 2,52%

NGLd izqdo.



SHCnu 3,31%
SNu 2,56%

NGLd tipo

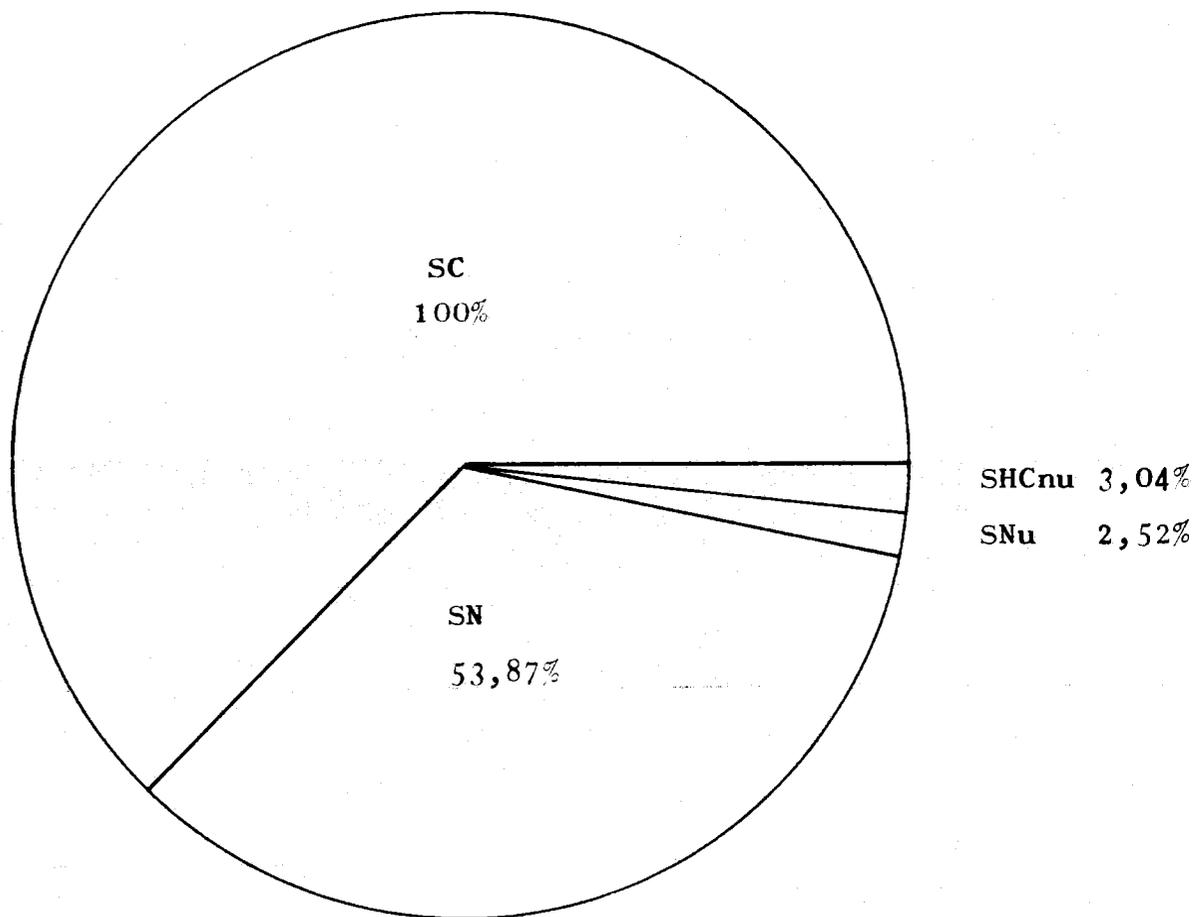


SHCnu 3,10%
SNu 2,54%

GRAFICA 7

Representación de los porcentajes medios que la Superficie del Núcleo (SN), Nucléolo (SNu) y Heterocromatina asociada al Nucléolo (SHCnu) presentan respecto a la Superficie Celular (SC) en un NGLd modelo, obtenido de los resultados conseguidos en el presente estudio.

NGLd modelo



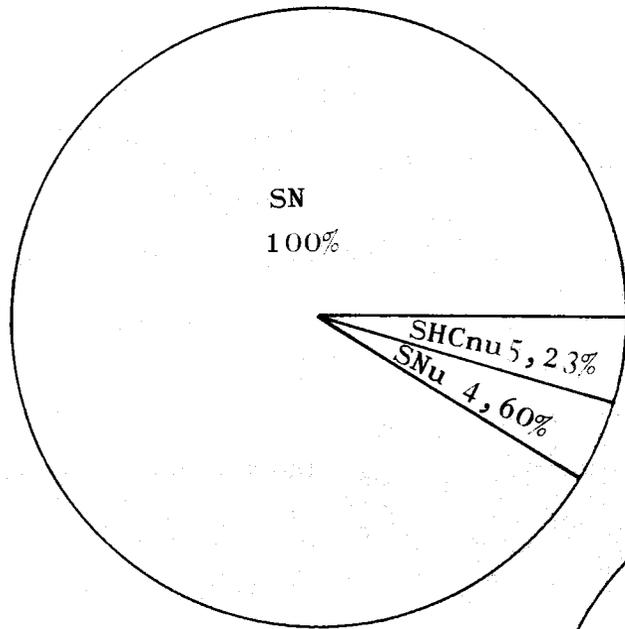
GRAFICA.- 7

GRAFICA 8

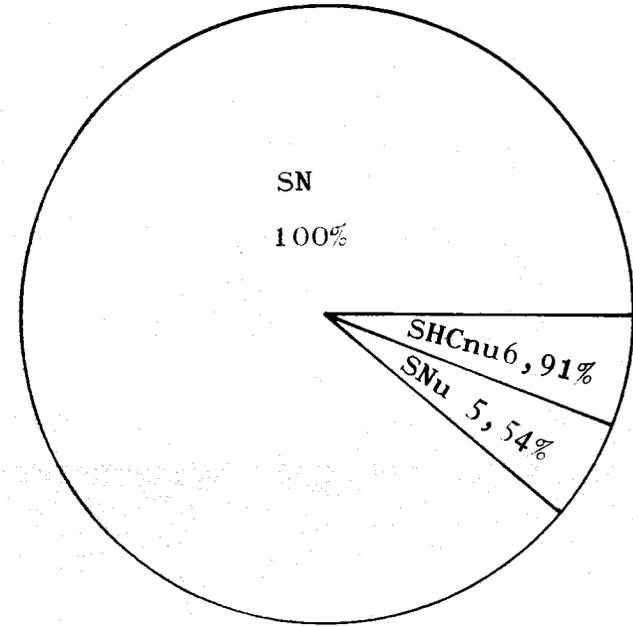
Representación de los porcentajes medios que la Superficie del Nucléolo (SNu) y Heterocromatina asociada al mismo (SHCnu) presentan respecto a la Superficie Nuclear (SN), en los NGLd derecho e izquierdo del raton número 1, así como en el NGLd tipo del mismo animal.

RATON Nº 1

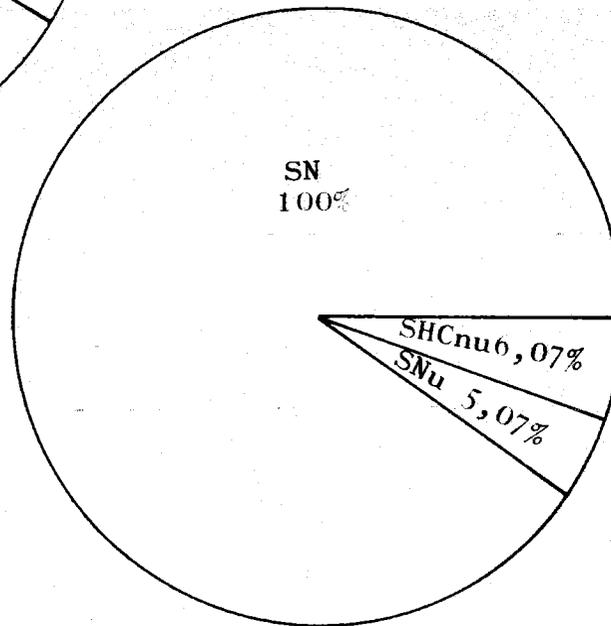
NGLd dcho.



NGLd izqdo.



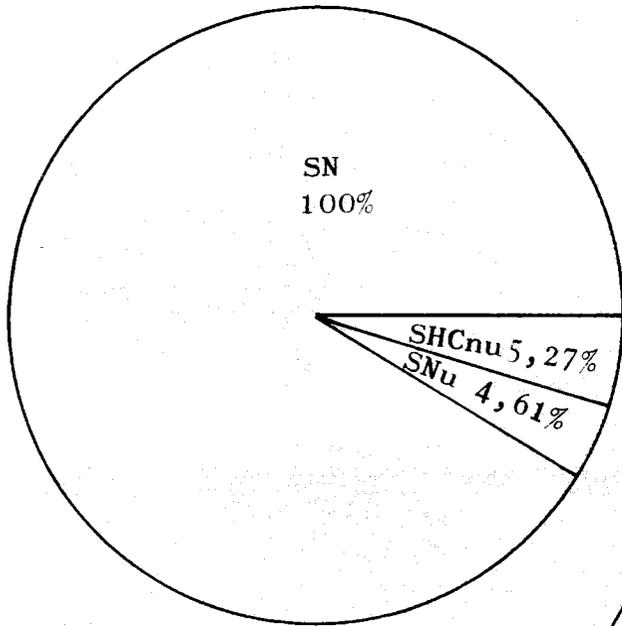
NGLd tipo



GRAFICA 9

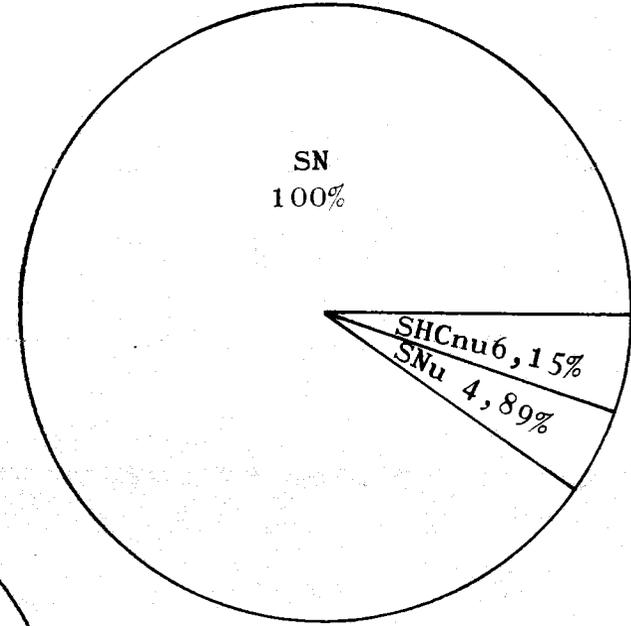
Representación de los porcentajes medios que la Superficie del Nucléolo (SNu) y Heterocromatina asociada al mismo (SHCnu) presentan respecto a la Superficie Nuclear (SN), en los NGLd derecho e izquierdo del ratón número 2, así como en el NGLd tipo, del mismo animal.

NGLd dcho.

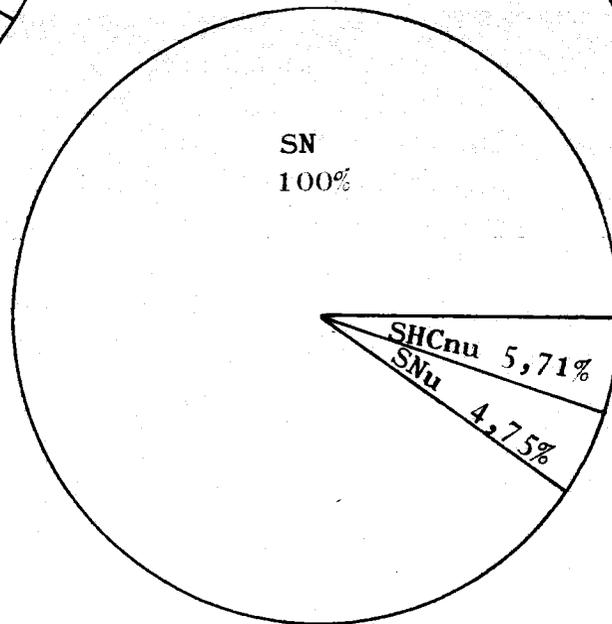


RATON Nº 2

NGLd izqdo.



NGLd tipo

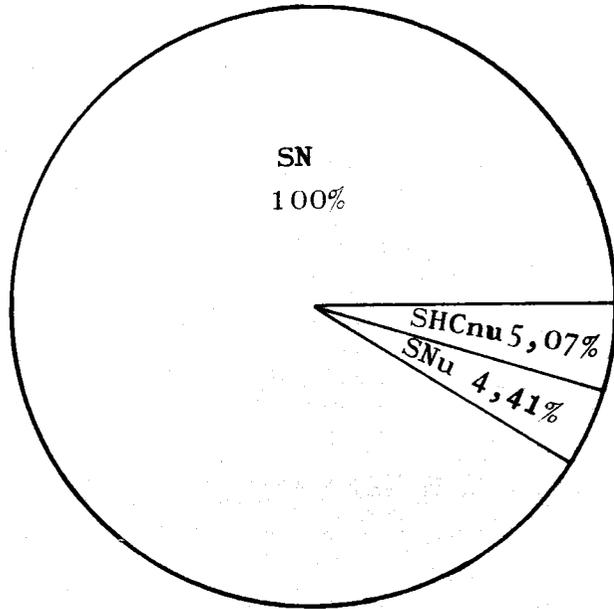


GRAFICA 10

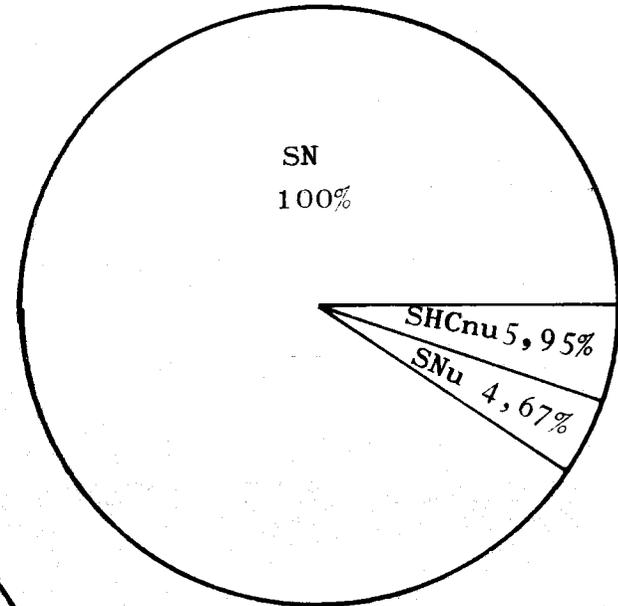
Representación de los porcentajes medios que la Superficie del Nucléolo (SNu) y Heterocromatina asociada al mismo (SHCnu) presentan respecto a la Superficie Nuclear (SN), en los NGLd derecho e izquierdo del ratón número 3, así como en el NGLd tipo, del mismo animal.

RATON Nº 3

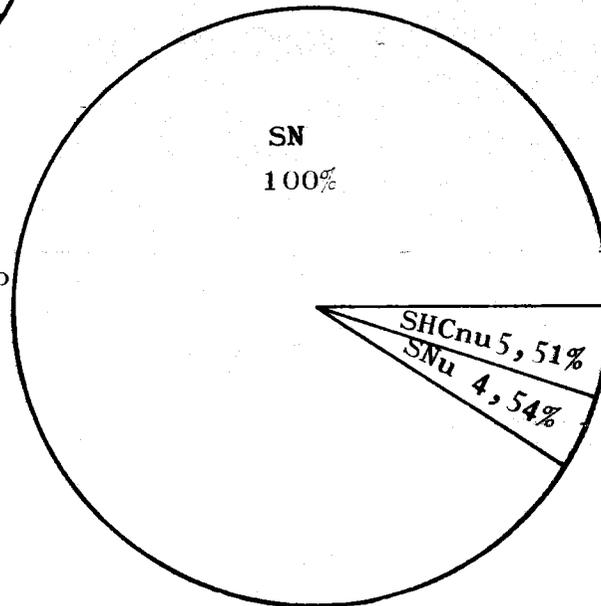
NGLd dcho.



NGLd izqdo.



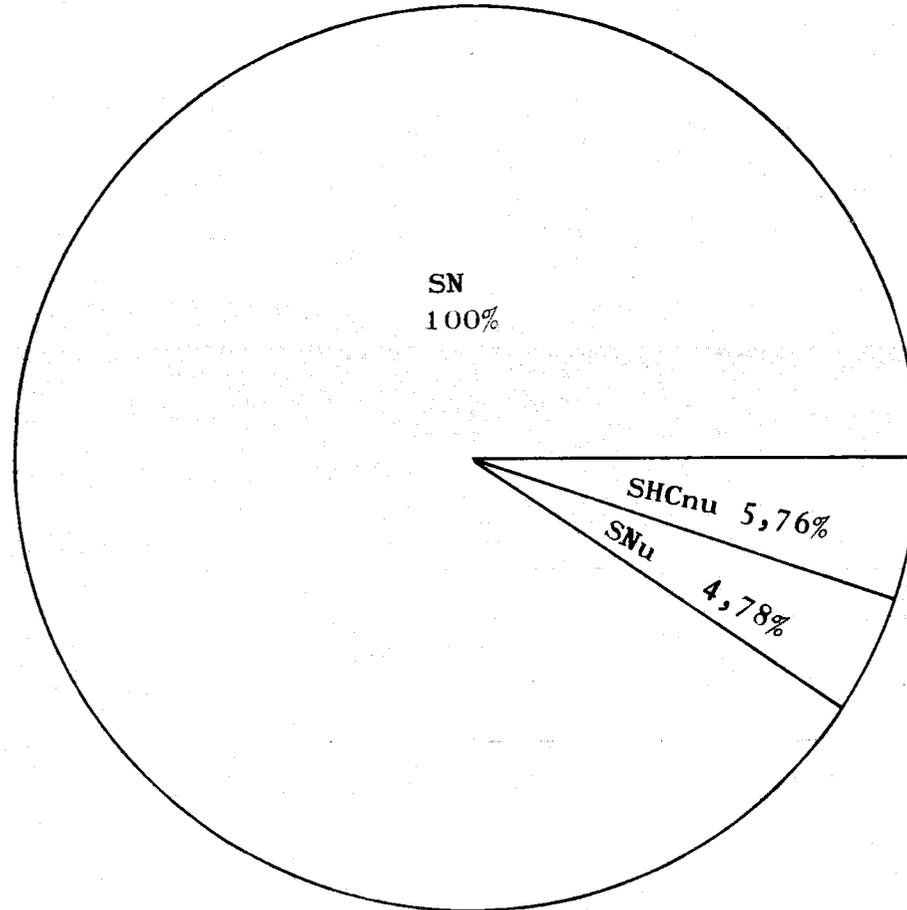
NGLd tipo



GRAFICA 11

Representación de los porcentajes medios que la Superficie del Nucléolo (SNu) y Heterocromatina asociada al mismo (SHCnu) presentan respecto a la Superficie Nuclear (SN), en un NGLd modelo, obtenido de los resultados conseguidos en el presente estudio.

NGLd modelo



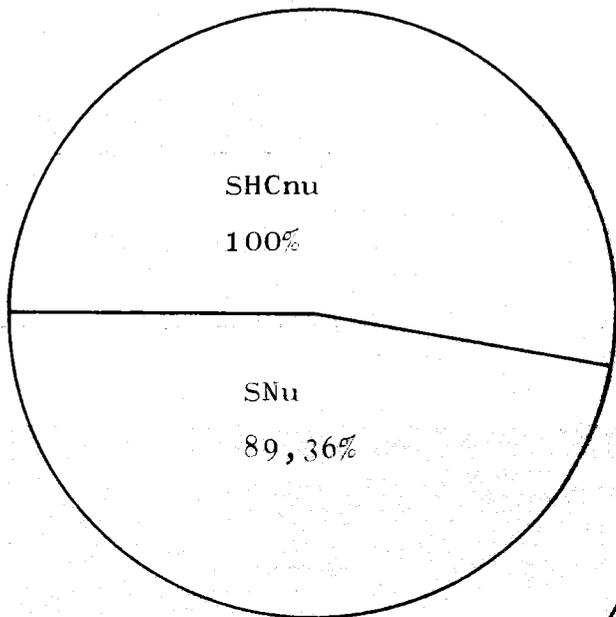
GRAFICA. 11

GRAFICA 12

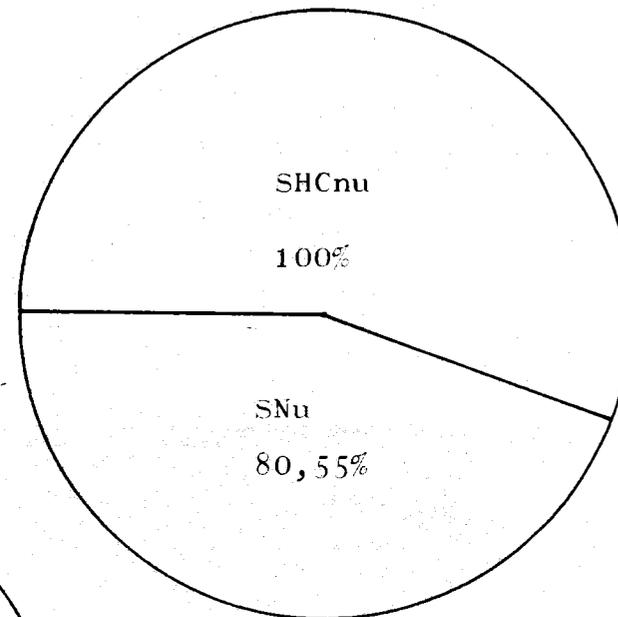
Representación del porcentaje medio que la Superficie del Nucléolo (SNu) muestra respecto a la Superficie de la Heterocromatina asociada (SHCnu), en los NGLd derecho e izquierdo del ratón número 1, así como en el NGLd tipo del mismo animal.

RATON Nº 1

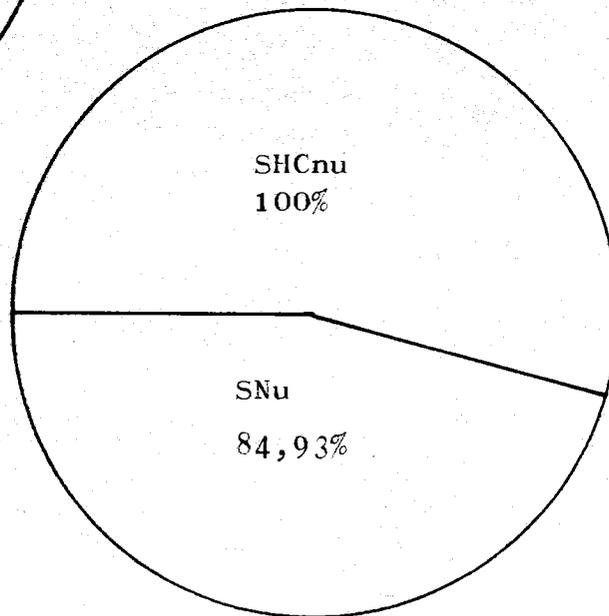
NGLd dcho.



NGLd izqdo.



NGLd tipo

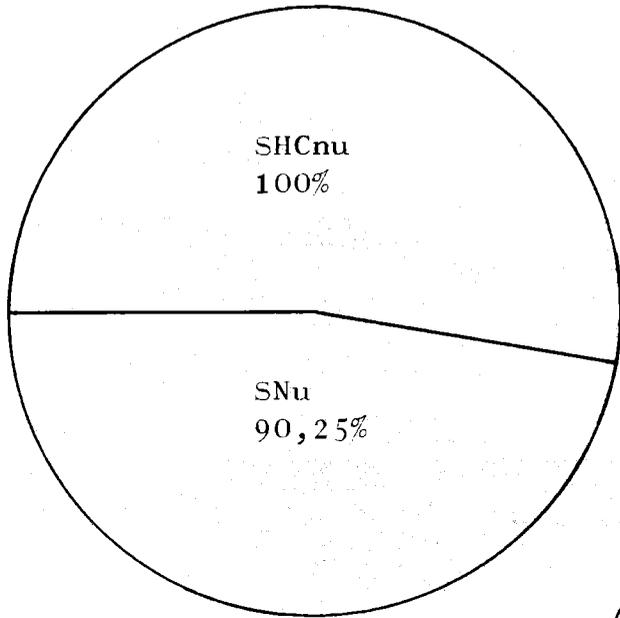


GRAFICA 13

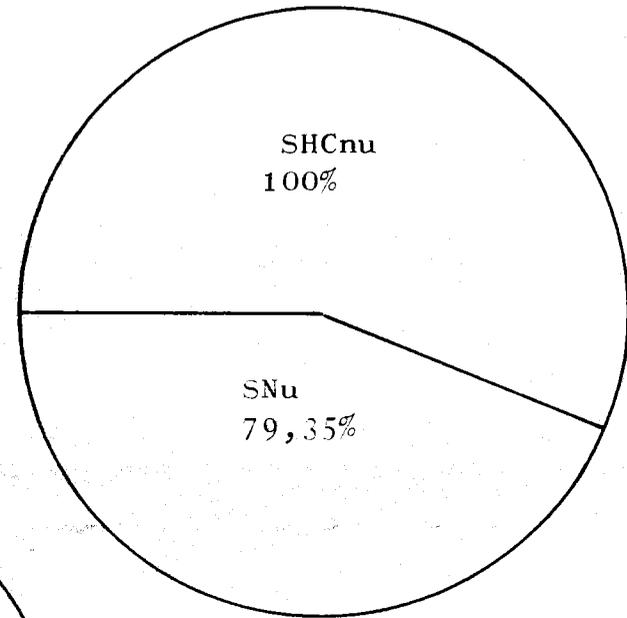
Representación del porcentaje medio que la Superficie del Nucléo (SNu) muestra respecto a la Superficie de la Heterocromatina asociada (SHCnu), en los NGLd derecho e izquierdo del ratón número 2, así como en el NGLd tipo del mismo animal.

RATON № 2

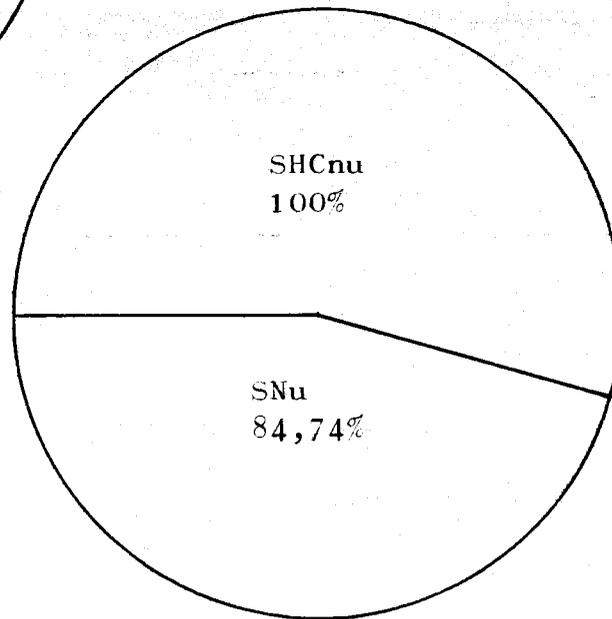
NGLd dcho.



NGLd izqdo.



NGLd tipo



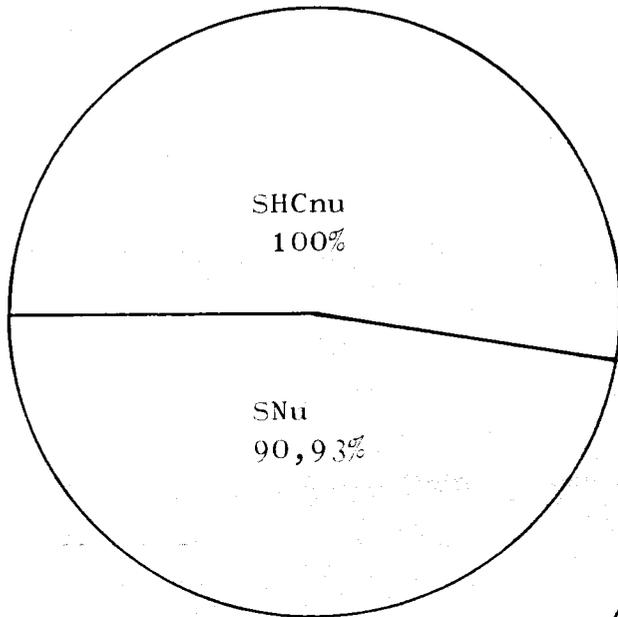
GRAFICA.- 13

GRAFICA 14

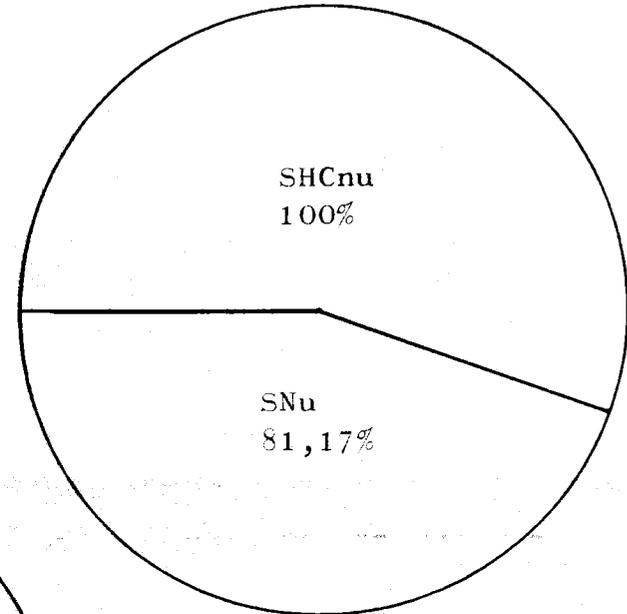
Representación del porcentaje medio que la Superficie del Nucléolo (SNu) muestra respecto a la Superficie de la Heterocromatina asociada (SHCnu), en los NGLd derecho e izquierdo del ratón número 3, así como en el NGLd tipo del mismo animal.

RATON Nº 3

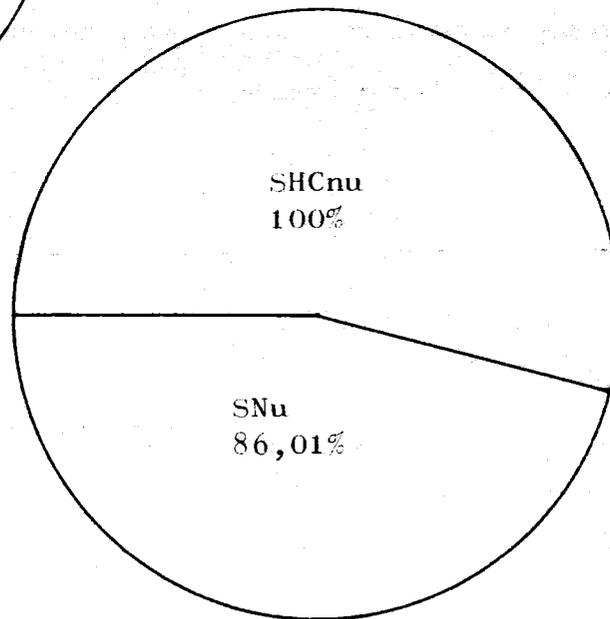
NGLd dcho.



NGLd izqdo.



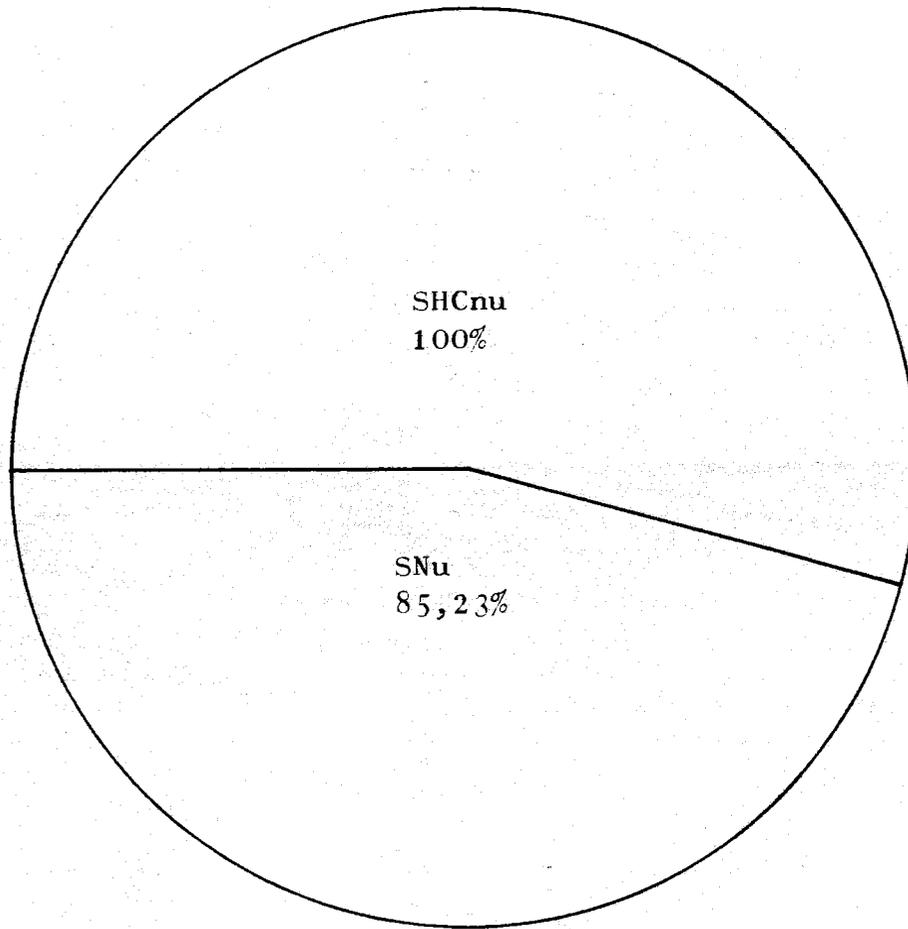
NGLd tipo



GRAFICA 15

Representación del porcentaje medio que la Superficie del Nucléo lo (SNu) muestra respecto a la Superficie de la Heterocromatina asociada (SHCnu), en un NGLd modelo obtenido de los resultados conseguidos en el presente estudio.

NGLd modelo



GRAFICA.- 15

Los anteriores estudios se han realizado (tal y como acabamos de relatar) considerando el geniculado en su totalidad y no haciendo por tanto, distinción entre las distintas neuronas componentes del mismo. Pero como ocurre en otros muchos lugares del Sistema Nervioso estamos ante la posibilidad de que el número total de neuronas existentes en el geniculado esté compuesto por más de una población, situación esta que ya a simple vista y sobre todo a partir de las comunicaciones de otros autores, queda confirmada.

La situación de existencia de más de una población nos lleva a la pregunta de si las observaciones y deducciones anteriormente expuestas, pueden sufrir alguna modificación cuando en vez de considerar la existencia de 1 población, realicemos los estudios sobre las dos. Para contestar a esta cuestión hemos planteado las siguientes consideraciones y estudios que relatamos a continuación.

1.- El número total de neuronas y la densidad de las mismas existentes en el geniculado, no variará cualquiera que sea el número de poblaciones que lo constituya. Por lo tanto, resulta válida cualquiera de las deducciones realizadas a este respecto. La distribución y densidades de las posibles poblaciones no son objeto de esta tesis.

2.- Una vez comprobada la existencia de 2 ó más poblaciones, está claro que sus superficies celulares medias serían

distintas en tal grado que resultará superfluo verificar comparaciones de medidas a este respecto. A partir de estas consideraciones y dada la estrecha relación existente entre la superficie celular y la nuclear, lo antedicho sobre superficie celular es muy probable que pueda ser referido a la superficie nuclear.

3.- Las relaciones estudiadas para ver la igualdad ó desigualdad entre los diversos geniculados y animales, ha ofrecido diferencias significativas en muchas de las determinaciones y comparaciones efectuadas; si tomando todas las neuronas conjuntamente hemos podido encontrar distinciones quiere ello decir que tal distinción es válida puesto que la existencia de dos ó más poblaciones lo más que puede traer es un efecto de anulación de diferencias. La existencia de variaciones demostradas al estudiar el conjunto reforzará por tanto, la realidad de la distinción.

No obstante resulta igualmente cierto que algunos parámetros pueden ofrecer valores de interés si se toma a partir de solo una ó de más poblaciones y que por otra parte la comparación de situaciones cuando se trate de más de una población puede ser de interés. Por todo esto para obtener la información correspondiente sobre el punto antedicho, hemos realizado los estudios que se relatan a continuación.

6.- Determinación de poblaciones celulares.



Para la determinación de poblaciones celulares en la parte dorsal del Núcleo geniculado lateral, hemos utilizado como parámetro el tamaño del soma neuronal.

Se realizaron impresiones fotográficas de las neuronas según se indicó en su apartado correspondiente, a diferentes niveles del Núcleo, desde la parte más posterior a la más anterior.

Indicamos, a continuación, el número de células medidas en cada fotografía, especificando cuantas de ellas muestran sus nucléolos y cuantas dan una sección a un nivel en que no está si tuado el nucléolo.

<u>Nº de células medidas</u>	<u>Con nucléolo</u>	<u>Sin nucléolo</u>
Fotografía Nº 1 46	32	14
Fotografía Nº 2 43	24	19
Fotografía Nº 3 36	15	21
Fotografía Nº 4 45	28	17
" Nº 5 46	32	14
" Nº 6 36	21	15
" Nº 7 41	30	11
" Nº 8 42	21	21
" Nº 9 37	20	17

<u>Nº de células medidas</u>	<u>Con nucléolo</u>	<u>Sin nucléolo</u>
Fotografía Nº 10 42	28	14
" Nº 11 48	32	16
" Nº 12 40	28	12
" Nº 13 44	29	15
" Nº 14 35	19	16

Resumiendo, pues, hemos medido en el geniculado lateral dorsal 582 células, que son aproximadamente el doble del número necesario (según aplicación de la fórmula de Azorin) para la determinación de los parámetros estudiados.

Dentro de las porciones celulares que aparecen con nucléolo, hemos encontrado las siguientes medidas:

1 célula de	16,5289 μ^2
2 células de	33,0578 μ^2
4 " de	41,3223 μ^2
8 " de	49,5867 μ^2
19 " de	57,8512 μ^2
29 " de	66,1156 μ^2
39 " de	74,3801 μ^2
83 " de	82,6446 μ^2
57 " de	90,9090 μ^2
44 " de	99,1735 μ^2
23 " de	107,4379 μ^2

19	células de	115,7024	μ^2
14	" "	123,9669	μ^2
8	" "	132,2313	μ^2
3	" "	140,4958	μ^2
2	" "	148,7602	μ^2
1	" "	157,0247	μ^2
2	" "	181,8181	μ^2

Dentro del grupo de las porciones de células que no muestran su nucléolo, hemos encontrado los siguientes valores:

1	célula de	8,2644	μ^2
11	células de	16,5289	μ^2
19	células de	24,7933	μ^2
24	" "	33,0578	μ^2
14	" "	41,3223	μ^2
20	" "	49,5867	μ^2
21	" "	57,8512	μ^2
19	" "	66,1156	μ^2
18	" "	74,3801	μ^2
31	" "	82,6446	μ^2
15	" "	90,9090	μ^2
11	" "	99,1735	μ^2
9	" "	107,4379	μ^2
5	" "	115,7024	μ^2
1	" "	123,9669	μ^2
3	" "	132,2313	μ^2
1	" "	157,0247	μ^2
1	" "	173,5536	μ^2

A continuación nos aplicamos a la construcción de gráficas.

Primeramente, para la construcción de histogramas de frecuencia, ha sido necesario escoger un intervalo que como de utilidad práctica resultó ser de $8,5 \mu^2$.

Las gráficas las hemos construido colocando en abscisas, superficies celulares y en ordenadas, la frecuencia de cada una de esas superficies.

Con este intervalo realizamos tres histogramas. Para el primero de ellos utilizamos únicamente las porciones celulares que muestran su nucléolo.

Para el segundo de ellos utilizamos únicamente aquellas porciones celulares que no muestran su nucléolo y para el tercero de ellos, utilizamos conjuntamente ambos tipos, aquellas porciones celulares que muestran su nucléolo y las que no lo muestran.

En aquella gráfica para cuya realización hemos utilizado exclusivamente imágenes de células que muestran su nucléolo (Gráfica 16), se observa y se ha comprobado mediante la prueba del χ^2 , la existencia de una distribución normal, la cual nos indicaría nada acerca de diferentes grupos ó poblaciones celulares en el Núcleo geniculado lateral dorsal.

En la gráfica para cuya construcción hemos utilizado únicamente aquellas partes de células que no muestran su nucléolo (Gráfica 17), aparecen una serie de subidas y bajadas que tampoco aclaran gran cosa con respecto a diferentes poblaciones ó grupos celulares.

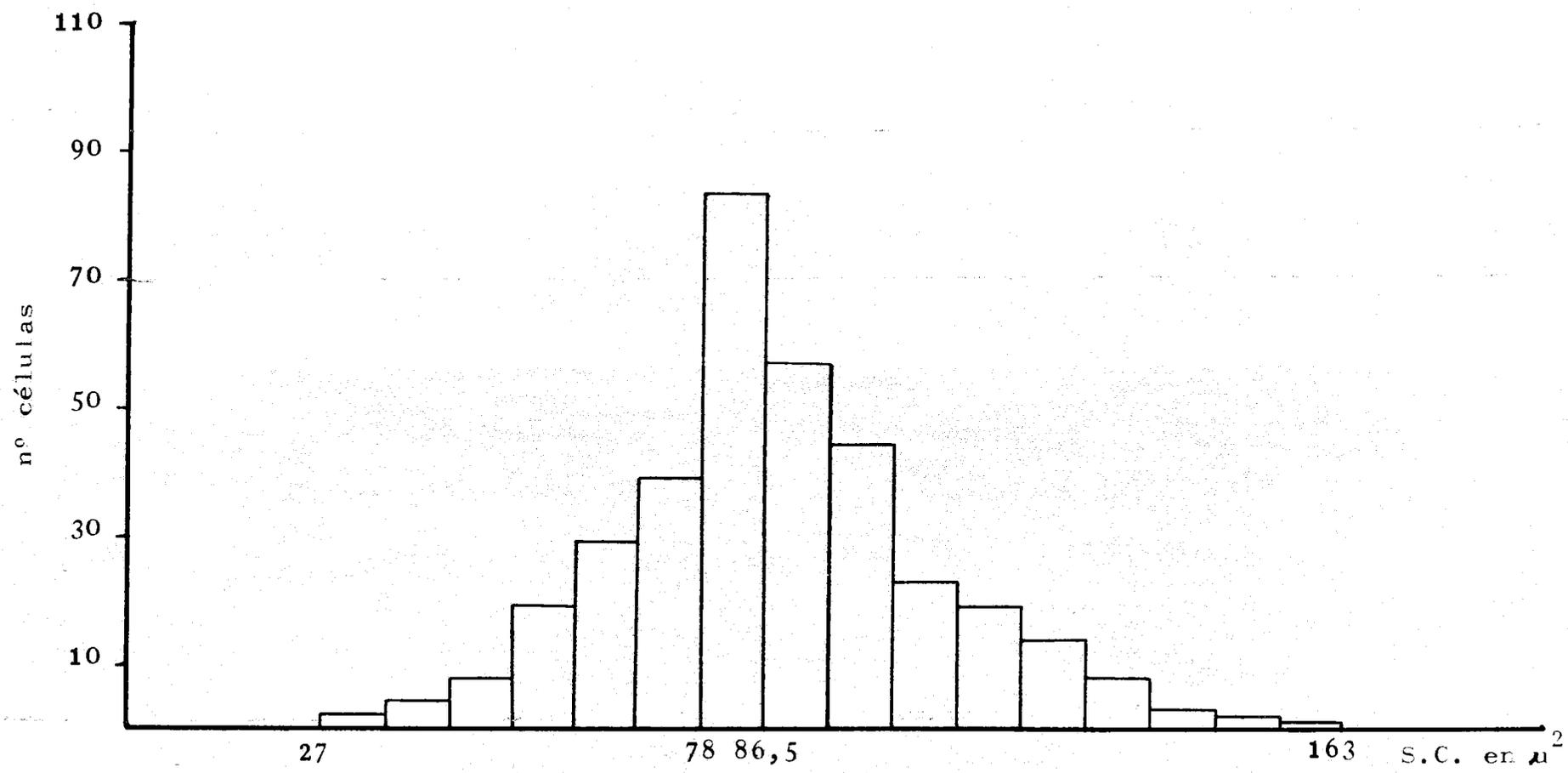
Estas porciones de células que no muestran el nucléolo, son trozos celulares cortados a diferentes niveles, en esta perspectiva, es lógico pensar que la mayor abundancia de estos trozos se encuentre en los intervalos de superficie celular más pequeños, puesto que en ellos se acumulan trozos pequeños de células grandes, de células medianas y de células pequeñas.

El hecho de que aparezca una bajada en el rectángulo correspondiente al intervalo $35,5 \mu^2 - 44 \mu^2$, es índice acerca de la existencia de un pequeño grupo o población de células de tamaño pequeño y una población más abundante de células de mayor tamaño.

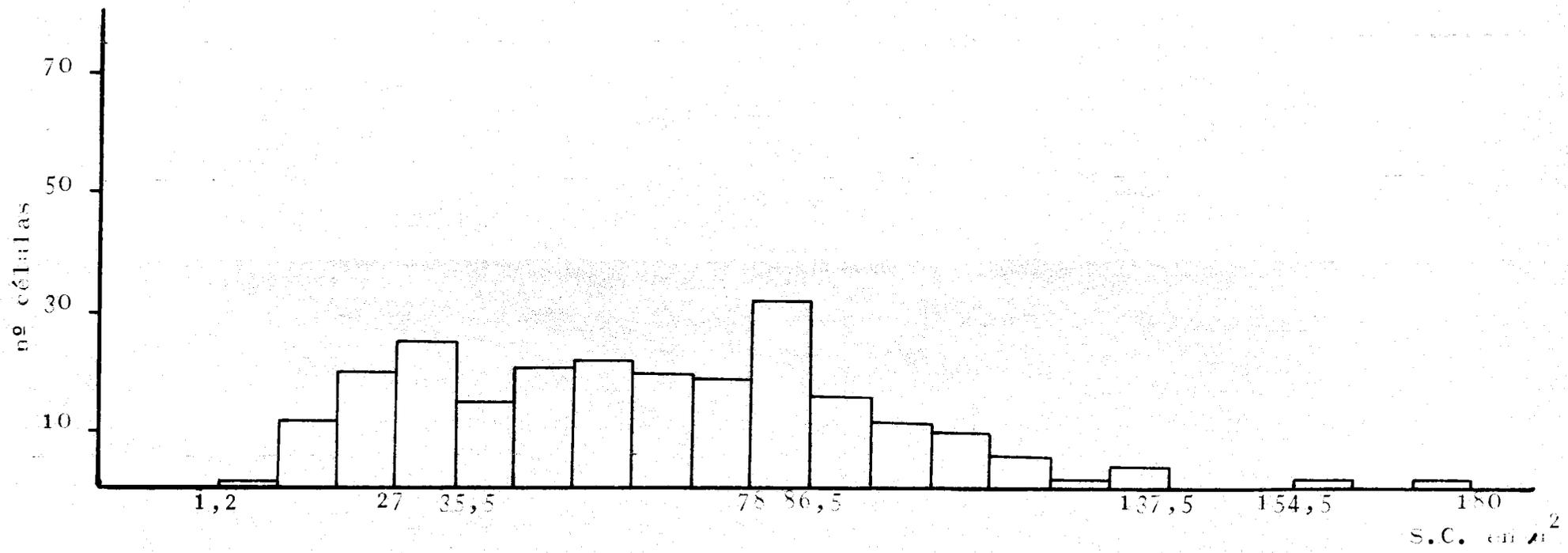
La gráfica muestra lo que cabía esperar, es decir, bastante regularidad en la distribución de tamaños, que todos han de ser (por definición) menores que el diámetro medio (zona en donde se encontrarán núcleo y nucléolo). Pero los picos hacen sospechar esa posibilidad de más de una población.

De las dos gráficas anteriores se deduce que para confirmar la sospecha se hace necesario un estudio de distribución

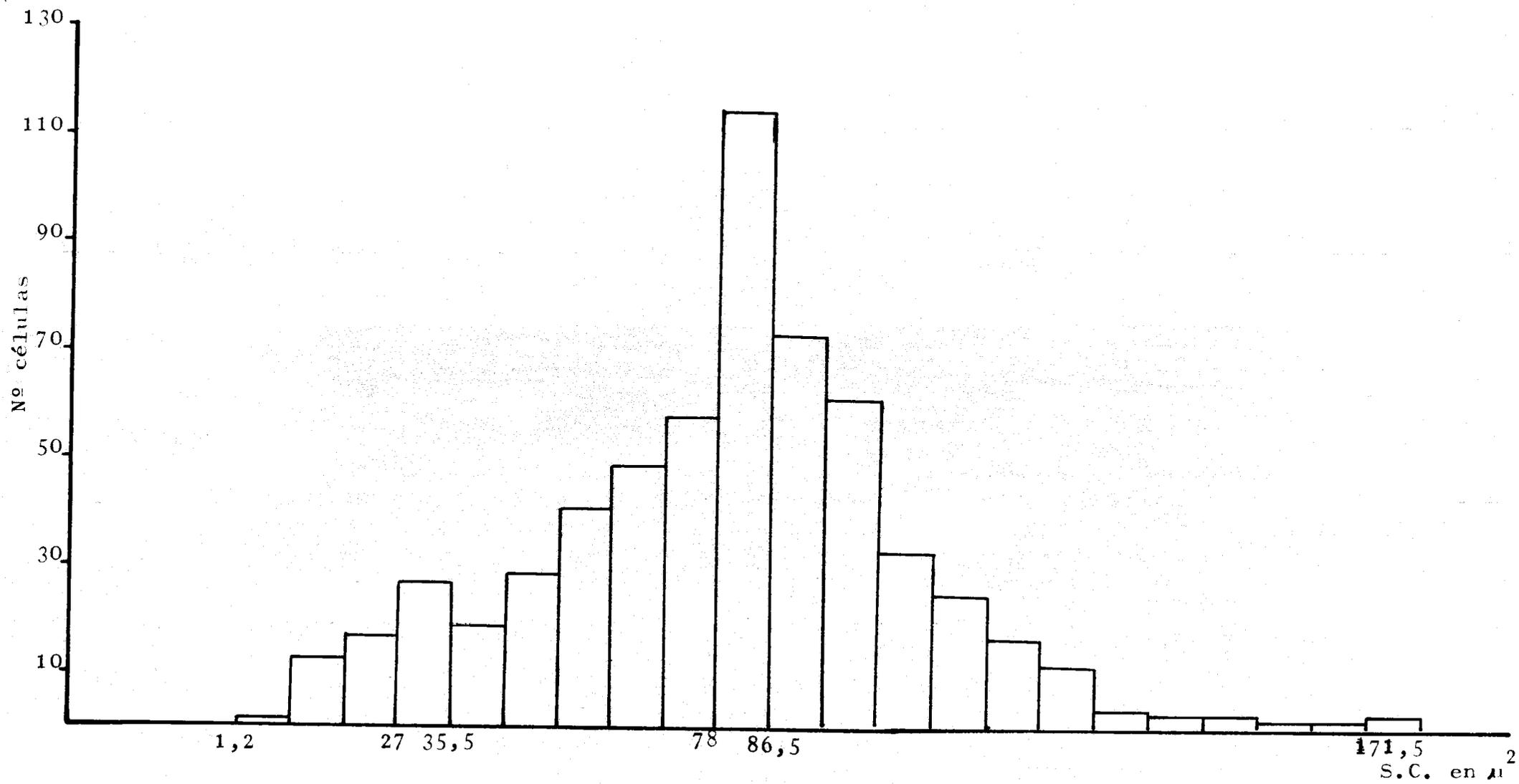
de tamaños contando todas las secciones celulares (con y sin nu
cléolo). Esto es lo que se ha llevado a efecto en la Gráfica 18.



GRAFICA.- 16



GRAFICA.- 17



Esta gráfica para cuya construcción hemos utilizado tanto las porciones celulares que muestran su nucléolo como las que no lo muestran, es la que ha resultado más útil en la consecución de nuestro objetivo.

En ella se aprecian claramente la existencia de dos picos que podrían explicar la existencia de dos grupos neuronales ó poblaciones celulares.

Observamos una subida desde la superficie más pequeña encontrada, $8,5 \mu^2$, hasta el intervalo $27 \mu^2 - 35,5 \mu^2$ y a continuación un pequeño descenso, más tarde aparece otra subida que acaba en un pico en el intervalo $78 \mu^2 - 86,5 \mu^2$ y vuelve a descender.

El descenso en el primer pico es pequeño, debido a que en el intervalo $35,5 \mu^2 - 44 \mu^2$ e intervalos adyacentes, se solapan células pertenecientes a las dos poblaciones celulares, así pues en estos niveles podemos encontrar células mayores de la población de células pequeñas y células menores de la población de células grandes ó trozos de células grandes de esta segunda población.

Sobre cada uno de estos picos podemos dibujar una curva de Gaus, lo que nos hablaría de que ambas poblaciones celulares siguen una distribución de tipo normal.

Observando la gráfica se podría hablar, pues, de la existencia de una población poco numerosa de células pequeñas y

una población mayor de células grandes.

Para estudiar a fondo las dos poblaciones y establecer diferencias entre los tipos neuronales pertenecientes a ambas en base a otros caracteres celulares distintos de la superficie del soma, hemos efectuado el estudio separadamente de la superficie mostrada por el núcleo, nucléolo y la heterocromatina asociada, así como de los valores mostrados por el índice de constitución y la constante de organización nucleolar.

Los tamaños tomados son: $35 \mu^2$ - $71 \mu^2$ para la población de células Tipo II y de $95 \mu^2$ - $180 \mu^2$ para la población de células Tipo I, utilizando la nomenclatura empleada por otros autores (Werner y Krüger, 1973; Schober y Brauer, 1973).

Las neuronas comprendidas en el intervalo de superficie $71 \mu^2$ - $95 \mu^2$, no han sido analizadas con el fin de evitar posibles interferencias de una población en otra.

En las medidas realizadas en los geniculados derecho e izquierdo de cada uno de los ratones analizados, hemos utilizado siempre células que muestran su nucléolo, hemos de comprobar si al coger estas células estamos tomando diámetros mayores de la célula, lo cual sería conveniente desde el punto de vista estadístico.

La media de superficie celular para las 358 células que muestran su nucléolo es de:

$$\overline{SC} = \frac{\sum SC}{358} = 88,4620 \mu^2$$

La media para las superficies sin nucléolo de las 224 neuronas es de:

$$\overline{SC} = \frac{\sum SC}{224} = 63,6067 \mu^2$$

Luego se ve claramente que las secciones con nucléolo y núcleo (claro está) corresponden a los diámetros mayores (es decir superficie mayor) como era de esperar si la orientación de las secciones es apropiada.

Comprobado que las secciones que contienen nucléolo son las mayores y que los recuentos y medidas realizados al azar han sido los apropiados, pasamos a relatar los valores que en los distintos geniculados nos han dado la superficie nuclear, superficie nucleolar, superficie de la heterocromatina asociada al nucléolo, índice de constitución y constante de organización nucleolar, para las dos posibles poblaciones, con el fin de poder conocer si existen ó no diferencias de población para estos valores.

RATON Nº 1. NGLd derecho

Neuronas Tipo I

SN

$$\begin{aligned}n &= 62 \\ \bar{X} &= 58,4182 \mu^2 \\ \sigma_n &= 10,0265 \mu^2\end{aligned}$$

SNu

$$\begin{aligned}n &= 62 \\ \bar{X} &= 2,6767 \mu^2 \\ \sigma_n &= 0,8550 \mu^2\end{aligned}$$

SHCnu

$$\begin{aligned}n &= 62 \\ \bar{X} &= 2,3356 \mu^2 \\ \sigma_n &= 0,3544 \mu^2\end{aligned}$$

IC

$$\begin{aligned}n &= 62 \\ \bar{X} &= 0,9450 \\ \sigma_n &= 0,2673\end{aligned}$$

CON

$$\begin{aligned}n &= 62 \\ \bar{X} &= 4,3037 \\ \sigma_n &= 0,7068\end{aligned}$$

Neuronas Tipo II

SN

$$\begin{aligned}n &= 51 \\ \bar{X} &= 32,2700 \mu^2 \\ \sigma_n &= 6,5140 \mu^2\end{aligned}$$

SNu

$$\begin{aligned}n &= 51 \\ \bar{X} &= 1,7103 \mu^2 \\ \sigma_n &= 0,3132 \mu^2\end{aligned}$$

SHCnu

$$\begin{aligned}n &= 51 \\ \bar{X} &= 2,0262 \mu^2 \\ \sigma_n &= 0,4796 \mu^2\end{aligned}$$

IC

$$\begin{aligned}n &= 51 \\ \bar{X} &= 1,2188 \\ \sigma_n &= 0,3500\end{aligned}$$

CON

$$\begin{aligned}n &= 51 \\ \bar{X} &= 6,3142 \\ \sigma_n &= 0,9768\end{aligned}$$

RATON N° 1. NGLd izquierdo

Neuronas Tipo I

SN

$$\begin{aligned}n &= 56 \\ \bar{X} &= 53,0998 \mu^2 \\ \sigma_n &= 11,7428 \mu^2\end{aligned}$$

SNu

$$\begin{aligned}n &= 56 \\ \bar{X} &= 2,1842 \mu^2 \\ \sigma_n &= 0,4405 \mu^2\end{aligned}$$

SHCnu

$$\begin{aligned}n &= 56 \\ \bar{X} &= 2,6458 \mu^2 \\ \sigma_n &= 0,6420 \mu^2\end{aligned}$$

IC

$$\begin{aligned}n &= 56 \\ \bar{X} &= 1,2396 \\ \sigma_n &= 0,3200\end{aligned}$$

CON

$$\begin{aligned}n &= 56 \\ \bar{X} &= 3,9418 \\ \sigma_n &= 0,8377\end{aligned}$$

Neuronas Tipo II

SN

$$\begin{aligned}n &= 102 \\ \bar{X} &= 27,5152 \mu^2 \\ \sigma_n &= 6,6077 \mu^2\end{aligned}$$

SNu

$$\begin{aligned}n &= 102 \\ \bar{X} &= 1,6785 \mu^2 \\ \sigma_n &= 0,3433 \mu^2\end{aligned}$$

SHCnu

$$\begin{aligned}n &= 102 \\ \bar{X} &= 2,2014 \mu^2 \\ \sigma_n &= 0,4779 \mu^2\end{aligned}$$

IC

$$\begin{aligned}n &= 102 \\ \bar{X} &= 1,3621 \\ \sigma_n &= 0,4250\end{aligned}$$

CON

$$\begin{aligned}n &= 102 \\ \bar{X} &= 7,3491 \\ \sigma_n &= 1,6644\end{aligned}$$

RATON Nº 2. NGLd derecho

Neuronas Tipo I

SN

$$n = 112$$

$$\bar{X} = 59,6534 \mu^2$$

$$\sigma_n = 7,4949 \mu^2$$

SNu

$$n = 112$$

$$\bar{X} = 2,6743 \mu^2$$

$$\sigma_n = 0,5493 \mu^2$$

SHCnu

$$n = 112$$

$$\bar{X} = 2,5223 \mu^2$$

$$\sigma_n = 0,6356 \mu^2$$

IC

$$n = 112$$

$$\bar{X} = 0,9965$$

$$\sigma_n = 0,3429$$

CON

$$n = 112$$

$$\bar{X} = 4,4148$$

$$\sigma_n = 0,8473$$

Neuronas Tipo II

SN

$$n = 49$$

$$\bar{X} = 36,5722 \mu^2$$

$$\sigma_n = 5,6493 \mu^2$$

SNu

$$n = 49$$

$$\bar{X} = 1,7239 \mu^2$$

$$\sigma_n = 0,3597 \mu^2$$

SHCnu

$$n = 49$$

$$\bar{X} = 2,2436 \mu^2$$

$$\sigma_n = 0,6561 \mu^2$$

IC

$$n = 49$$

$$\bar{X} = 1,3292$$

$$\sigma_n = 0,3805$$

CON

$$n = 49$$

$$\bar{X} = 7,0541$$

$$\sigma_n = 1,5225$$

RATON Nº 2. NGLd izquierdo

Neuronas Tipo I

SN

$$\begin{aligned}n &= 47 \\ \bar{X} &= 52,2272 \mu^2 \\ \sigma_n &= 7,4457 \mu^2\end{aligned}$$

SNu

$$\begin{aligned}n &= 47 \\ \bar{X} &= 2,1590 \mu^2 \\ \sigma_n &= 0,3852 \mu^2\end{aligned}$$

SHCnu

$$\begin{aligned}n &= 47 \\ \bar{X} &= 2,6869 \mu^2 \\ \sigma_n &= 0,5220 \mu^2\end{aligned}$$

IC

$$\begin{aligned}n &= 47 \\ \bar{X} &= 1,2744 \\ \sigma_n &= 0,2854\end{aligned}$$

CON

$$\begin{aligned}n &= 47 \\ \bar{X} &= 4,4671 \\ \sigma_n &= 0,7194\end{aligned}$$

Neuronas Tipo II

SN

$$\begin{aligned}n &= 28 \\ \bar{X} &= 32,5295 \mu^2 \\ \sigma_n &= 6,5047 \mu^2\end{aligned}$$

SNu

$$\begin{aligned}n &= 28 \\ \bar{X} &= 1,9002 \mu^2 \\ \sigma_n &= 0,3465 \mu^2\end{aligned}$$

SHCnu

$$\begin{aligned}n &= 28 \\ \bar{X} &= 2,3940 \mu^2 \\ \sigma_n &= 0,5364 \mu^2\end{aligned}$$

IC

$$\begin{aligned}n &= 28 \\ \bar{X} &= 1,2813 \\ \sigma_n &= 0,2832\end{aligned}$$

CON

$$\begin{aligned}n &= 28 \\ \bar{X} &= 7,0451 \\ \sigma_n &= 1,2880\end{aligned}$$

RATON Nº 3. NGLd derecho

Neuronas Tipo I

SN

$$\begin{aligned}n &= 97 \\ \bar{X} &= 60,3850 \mu^2 \\ \sigma_n &= 9,5062 \mu^2\end{aligned}$$

SNu

$$\begin{aligned}n &= 97 \\ \bar{X} &= 2,7490 \mu^2 \\ \sigma_n &= 0,4237 \mu^2\end{aligned}$$

SHCnu

$$\begin{aligned}n &= 97 \\ \bar{X} &= 2,2499 \mu^2 \\ \sigma_n &= 0,4085 \mu^2\end{aligned}$$

IC

$$\begin{aligned}n &= 97 \\ \bar{X} &= 0,8521 \\ \sigma_n &= 0,2669\end{aligned}$$

CON

$$\begin{aligned}n &= 97 \\ \bar{X} &= 4,2619 \\ \sigma_n &= 0,6886\end{aligned}$$

Neuronas Tipo II

SN

$$\begin{aligned}n &= 46 \\ \bar{X} &= 40,4560 \mu^2 \\ \sigma_n &= 5,8618 \mu^2\end{aligned}$$

SNu

$$\begin{aligned}n &= 46 \\ \bar{X} &= 1,8064 \mu^2 \\ \sigma_n &= 0,2829 \mu^2\end{aligned}$$

SHCnu

$$\begin{aligned}n &= 46 \\ \bar{X} &= 2,8472 \mu^2 \\ \sigma_n &= 0,3386 \mu^2\end{aligned}$$

IC

$$\begin{aligned}n &= 46 \\ \bar{X} &= 1,6222 \\ \sigma_n &= 0,3467\end{aligned}$$

CON

$$\begin{aligned}n &= 46 \\ \bar{X} &= 7,5227 \\ \sigma_n &= 0,9485\end{aligned}$$

RATON Nº 3. NGLd izquierdo

Neuronas Tipo I

SN

$$n = 41$$
$$\bar{X} = 55,2130 \mu^2$$
$$\sigma_n = 9,1042 \mu^2$$

SNu

$$n = 41$$
$$\bar{X} = 2,3160 \mu^2$$
$$\sigma_n = 0,4884 \mu^2$$

SHCnu

$$n = 41$$
$$\bar{X} = 2,3985 \mu^2$$
$$\sigma_n = 0,5258 \mu^2$$

IC

$$n = 41$$
$$\bar{X} = 1,0620$$
$$\sigma_n = 0,2468$$

CON

$$n = 41$$
$$\bar{X} = 4,0434$$
$$\sigma_n = 0,9501$$

Neuronas Tipo II

SN

$$n = 43$$
$$\bar{X} = 36,4102 \mu^2$$
$$\sigma_n = 6,9435 \mu^2$$

SNu

$$n = 43$$
$$\bar{X} = 1,7827 \mu^2$$
$$\sigma_n = 0,3693 \mu^2$$

SHCnu

$$n = 43$$
$$\bar{X} = 2,6535 \mu^2$$
$$\sigma_n = 0,5787 \mu^2$$

IC

$$n = 43$$
$$\bar{X} = 1,5098$$
$$\sigma_n = 0,3843$$

CON

$$n = 43$$
$$\bar{X} = 7,7316$$
$$\sigma_n = 1,6639$$

En las tablas XI y XII que se exponen a continuación, se resumen los valores medios y errores standard obtenidos para la superficie del núcleo, nucléolo y heterocromatina asociada , así como los obtenidos para el índice de constitución y constante de organización nucleolar en los NGLd derecho e izquierdo de cada animal, para las neuronas Tipo I y Tipo II respectivamente.

		SN	SNu	SHCnu	IC	CON
RATON N° 1	NGLd	58,4182	2,6767	2,3356	0,9450	4,3037
	Dcho.	+ - 1,2733	+ - 0,1094	+ - 0,0453	+ - 0,0342	+ - 0,0905
RATON N° 2	NGLd	53,1842	2,1842	2,6458	1,2396	3,9418
	Izqdo.	+ - 1,5691	+ - 0,0593	+ - 0,0865	+ - 0,0431	+ - 0,1129
RATON N° 3	NGLd	59,6534	2,6743	2,5223	0,9965	4,4148
	Dcho.	+ - 0,7082	+ - 0,0521	+ - 0,0603	+ - 0,0325	+ - 0,0804
RATON N° 2	NGLd	52,2272	2,1590	2,6869	1,2744	4,4671
	Izqdo.	+ - 1,0860	+ - 0,0567	+ - 0,0769	+ - 0,0420	+ - 0,1060
RATON N° 3	NGLd	60,3850	2,7490	2,2499	0,8521	4,2619
	Dcho.	+ - 0,9652	+ - 0,0432	+ - 0,0417	+ - 0,0272	+ - 0,0702
RATON N° 3	NGLd	55,2130	2,3160	2,3985	1,0620	4,0434
	Izqdo.	+ - 1,4218	+ - 0,0772	+ - 0,0831	+ - 0,0390	+ - 0,1502

TABLA XI: Valores medios y errores standard mostrados por los diferentes parámetros analizados para las neuronas Tipo I.
Los valores de superficie vienen expresados en μ^2 .

		SN	SNu	SHCnu	IC	CON
RATON Nº 1	NGLd	32,2700	1,7103	2,0262	1,2188	6,3142
	Dcho.	\pm 0,9121	\pm 0,0438	\pm 0,0671	\pm 0,0490	\pm 0,1367
RATON Nº 1	NGLd	27,5152	1,6785	2,2014	1,3621	7,3491
	Izqdo.	\pm 0,6542	\pm 0,0339	\pm 0,0473	\pm 0,0420	\pm 0,1648
RATON Nº 2	NGLd	36,5722	1,7239	2,2436	1,3292	7,0541
	Dcho.	\pm 0,8070	\pm 0,0513	\pm 0,0937	\pm 0,0543	\pm 0,2175
RATON Nº 2	NGLd	32,5295	1,9002	2,3940	1,2813	7,0451
	Izqdo.	\pm 1,2292	\pm 0,0654	\pm 0,1013	\pm 0,0535	\pm 0,2434
RATON Nº 3	NGLd	40,4560	1,8064	2,8472	1,6222	7,5227
	Dcho.	\pm 0,8642	\pm 0,0417	\pm 0,0499	\pm 0,0511	\pm 0,1398
RATON Nº 3	NGLd	36,4102	1,7827	2,6535	1,5098	7,7316
	Izqdo.	\pm 1,0588	\pm 0,0563	\pm 0,0882	\pm 0,0586	\pm 0,2537

TABLA XII: Valores medios y errores standard mostrados por los diferentes parámetros analizados para las neuronas Tipo II.
Los valores de superficie vienen expresados en μ^2 .

Una vez conocidos los valores medios de los distintos parámetros analizados tanto para las neuronas Tipo I como para las neuronas Tipo II, procedemos a un estudio comparativo de dichos valores entre ambos tipos neuronales dentro de cada uno de los Núcleos geniculados laterales dorsales estudiados.

Para la realización del citado estudio, hemos aplicado el test de comparación de medias y aceptado un nivel de confianza del 95%.

Los valores de "t" obtenidos se expresa en la Tabla XIII. Se han señalado con el signo +, los valores de "t" que demuestran la existencia de diferencias singificativas.

		SN	SNu	SHCnu	IC	CON
RATON Nº 1	NGLd Dcho.	12,2251 +	8,2527 +	3,8292 +	4,5939 +	12,2891 +
	NGLd Izqdo.	15,0488 +	7,4477 +	4,5393 +	2,0450 +	17,1049 +
RATON Nº 2	NGLd Dcho.	21,4968 +	13,0191 +	2,5040 +	5,2642 +	11,3910 +
	NGLd Izqdo.	12,0085 +	3,0023 +	2,3117 +	0,1017	9,7283 +
RATON Nº 3	NGLd Dcho.	15,3820 +	15,7362 +	9,2033 +	13,3235 +	20,8624 +
	NGLd Izqdo.	10,6062 +	5,6255 +	2,1161 +	6,3880 +	12,5491 +

TABLA XIII: Valores de "t" resultantes de la comparación, para los diferentes parámetros, entre las neuronas Tipo I y las neuronas Tipo II dentro de cada NGLd.

Los resultados de la comparación realizada, que aparecen expresados en la tabla XIII, ponen de manifiesto la existencia de diferencias significativas, para todos los parámetros celulares analizados, entre las neuronas Tipo I y neuronas Tipo II.

Todo esto viene a indicar que las neuronas comprendidas dentro de los intervalos de superficie estudiados ($35 \mu^2 - 71 \mu^2$) y ($95 \mu^2 - 180 \mu^2$) pertenecen a poblaciones celulares distintas, pudiendo utilizarse cualquiera de estos parámetros celulares como elemento discriminador.

Por último, para comprobar si existe homogeneidad en los diferentes parámetros celulares analizados, dentro de la población de neuronas Tipo I y de neuronas Tipo II, hemos realizado un estudio comparativo, mediante aplicación del test de comparación de medias, entre dos submuestras escogidas aleatoriamente, de cada una de las poblaciones, en los NGLd derecho e izquierdo del raton número 1.

Los valores de "t", resultantes de esta comparación, se detallan en la tabla XIV.

			SN	SNu	SHCnu
NGLd derecho	Neuronas Tipo I	Submuestra 1 Submuestra 2	1,4765	0,0878	0,8010
	Neuronas Tipo II	Submuestra 1 Submuestra 2	0,9256	0,3987	0,0934
NGLd izquierdo	Neuronas Tipo I	Submuestra 1 Submuestra 2	0,2870	1,8363	0,8702
	Neuronas Tipo II	Submuestra 1 Submuestra 2	1,1434	0,5834	0,0901

TABLA XIV: Valores de "t" resultantes de la comparación entre dos submuestras de la población de neuronas Tipo I y de la población de neuronas Tipo II.

A la vista de estos resultados, podemos concluir que las neuronas comprendidas dentro del intervalo de superficie $35 \mu^2 - 71 \mu^2$, constituyen una población homogénea, así como las comprendidas dentro del intervalo de superficie $95 \mu^2 - 180 \mu^2$.

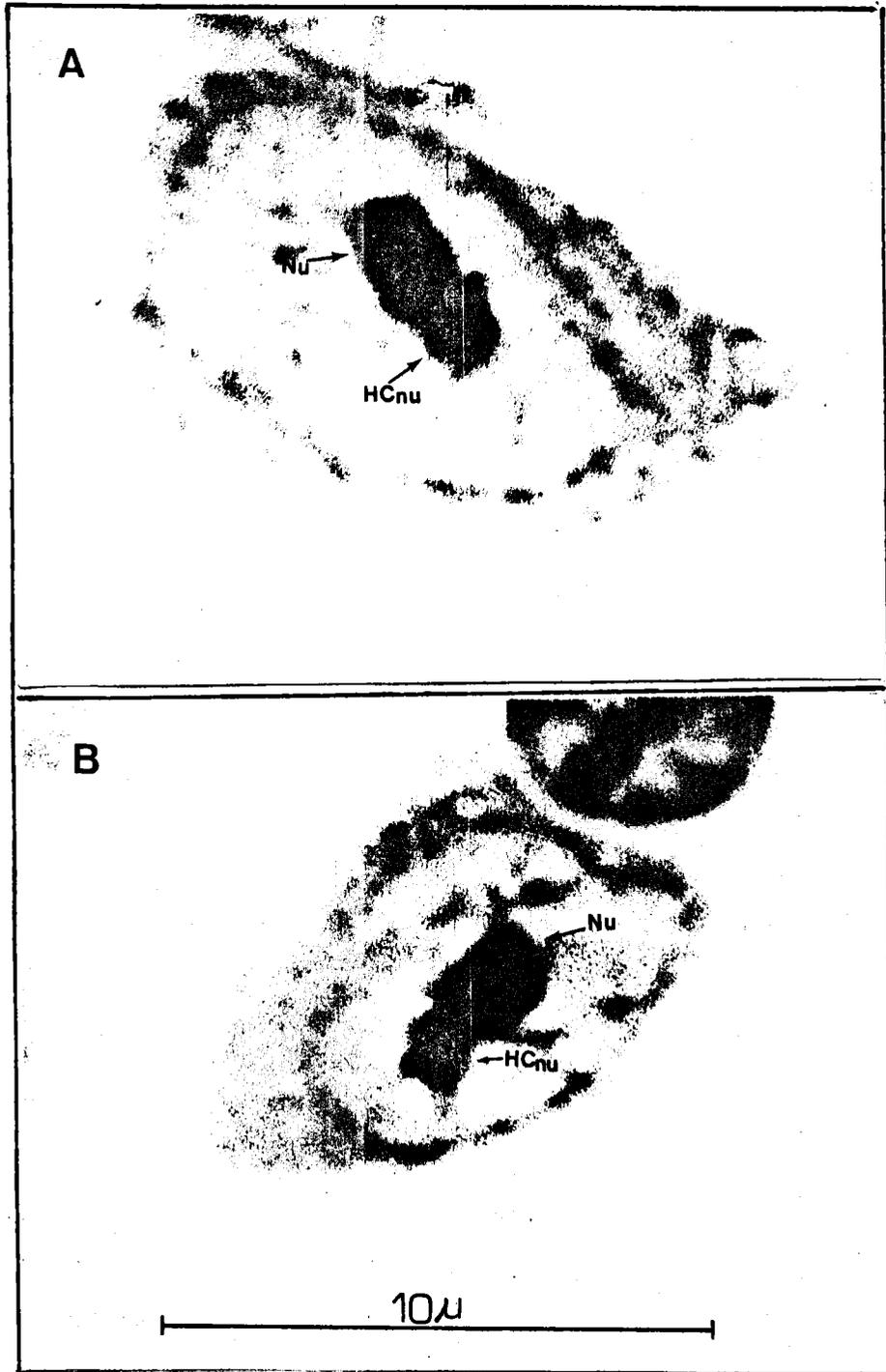
LAMINA 9

Neuronas del Núcleo geniculado lateral dorsal del ratón, pertenecientes a poblaciones celulares distintas. Tinción con verde metilo-pironina.

A: Imágen de una neurona de la población de células Tipo I.

B: Imágen de una neurona de la población de células Tipo II.

Observese la diferencia de tamaño entre las células de ambas poblaciones. Las dos imágenes se han realizado a los mismos aumentos.



DISCUSION Y COMENTARIO.-

1.- Comentario sobre la morfología del
Núcleo geniculado lateral.

El Núcleo geniculado lateral aparece como un núcleo diencefálico doble, donde comienzan a distinguirse a partir del grupo de los roedores, una parte dorsal y una ventral separadas por un tracto fibrilar.

La parte dorsal de contorno redondeado u oval, presenta un aspecto irregular debido a la presencia en su interior de células entremezcladas con fibras ópticas.

La parte ventral del Núcleo tiene un tamaño menor que la parte dorsal y muestra un margen imperceptible con la adyacente zona incerta del tálamo.

El Núcleo geniculado lateral del ratón no muestra una estructura laminar, a diferencia de lo que ocurre en mamíferos más superiores. Los análisis efectuados en el hombre y otros primates (Chacko, 1948a; Woollard y Beattie, 1961) demuestran la existencia de una laminación patente que aparece igualmente de forma incipiente en algunos roedores como la rata (Hayhow, Setton y Webb, 1962).

Si bien la disposición de las neuronas en el Núcleo geniculado lateral del ratón ofrece las diferencias ya expuestas con respecto a lo que ocurre en otros mamíferos, la morfología

neuronal resulta muy similar en todos los casos, predominando las formas elipsoidales de neuronas multipolares (Hayhow y col. 1962; Grossman y col. 1973; Wong-Riley, 1972; Fukuda e Iwama, 1971; Kriebel, 1975; Rafols y Valverde, 1973; Schober y Brauer, 1973; Werner y Krüger, 1973).

A pesar de no existir una patente ordenación en láminas en el Núcleo geniculado lateral del ratón, si suele aparecer una distribución neuronal específica, predominando en las zonas más periféricas del Núcleo neurales de forma bastante alargada y de menores tamaños.

2.- Comentario a la metodología
técnica.-

La presente investigación encaminada a obtener un análisis citomorfométrico en las neuronas del Núcleo geniculado lateral dorsal del ratón, requiere como paso previo la aplicación de técnicas de carácter cuantitativo que permitan el cálculo de volúmenes y la determinación del número total de neuronas existentes en la parte dorsal de dicho Núcleo.

En la utilización de estas técnicas hay que tener presente una serie de factores que pueden influir de alguna forma en los resultados, entre ellos podemos citar, el grosor del corte, grado de retracción del tejido etc.

En nuestro trabajo, al utilizar como unidad de recuento el nucléolo neuronal, de dimensiones pequeñas, hemos utilizado grosores de aproximadamente 10 μ . Con dicho grosor se consigue subsanar el problema de la superposición de diversas imágenes celulares, problema de gran importancia tanto a la hora de realizar recuentos, como en el momento de efectuar impresiones fotográficas de las neuronas. Coincide este grosor con el utilizado por la mayoría de los investigadores que han realizado recuentos en el tejido cerebral, que oscila entre 10 y 20 μ . No obstante, ha habido autores como Chow (1951), que han llegado a emplear grosores de hasta 50 μ .

Otro factor de gran importancia a considerar, en estos

estudios cuantitativos, es el de la retracción sufrida por el te
jido.

Todo material tisular al someterse a los diversos pro
cesos técnicos, va a sufrir una retracción en volumen que es pre
ciso determinar, a la hora de ajustar los datos obtenidos sobre
el tejido retraído a los valores reales de las estructuras medi
das.

Esta retracción es distinta según el animal utilizado
y según el tejido utilizado, aunque los diferentes tejidos hayan
sido sometidos a los mismos procesos de fijación, inclusión y
tinción, pero además un mismo material sufrirá diferente retrac
ción según el tipo de técnica que con él se emplee. Así los di-
ferentes autores que han dado valores de retracción en volumen
para sus respectivos materiales, ofrecen cifras muy variables.
Hang (1970, 1972) da retracciones en volumen de un 50% para te-
jido cerebral fijado en formol e incluido en paráfina. Pakken-
berg (1966), trabajando sobre cerebro humano incluido en parafina
y sometido a la técnica de tinción con galocianina, indica
una retracción en volumen del 74%. Navascués (Tesis Doctoral,
1976) calcula un valor de retracción en volumen del 32,5% para
tejido cerebral de gato incluido en parafina y teñido con tioni
na.

En nuestro trabajo, para tejido cerebral de ratón someti
do a los procedimientos técnicos empleados, hemos obtenido un valor
de retracción en volumen de un 40%, esta retracción, lógicamente,

debe influir de manera escasa a la hora de dar valores relativos resultantes de comparaciones realizadas entre los Núcleos de un mismo animal ó entre los diferentes Núcleos de los distintos animales utilizados, siendo sin embargo de gran importancia en el momento en que se consideren valores absolutos ó para establecer comparaciones con los resultados dados por otros autores.

Para la tinción de los cortes histológicos hemos empleado la técnica del Verde metilo-Pironina.

Este método bicrómico, de características histoquímicas, representa una tinción clásica para la demostración de ácidos nucleicos (Pappenheim, 1899) cuyos resultados sobre cada uno de ellos DNA y RNA, son claramente diferentes al utilizar la mezcla de dos colores, el rojo y el verde.

Se ha discutido mucho, sobre la actividad específica de cada colorante por el respectivo ácido nucleico.

En la parte correspondiente al apartado Resultados, se indicaba como ambos colorantes actúan de manera independiente sobre el DNA y el RNA, cuando el pH está fijado en el punto óptimo de actuación sobre el tejido que se trate. A ese pH óptimo, la heterocromatina se tiñe de verde, mientras el nucléolo y el citoplasma se tiñen de rojo. Pero cuando el pH se desvía de ese valor óptimo, la tinción ya no resulta tan específica, afectando esta variación sobre todo a la unión de la Pironina con los componentes celulares, de manera que se incrementa ó disminuye la afinidad relativa de este colorante.

En los estudios realizados por Rios Guadix (Tesis doctoral, 1975) sobre la posibilidad de teñir ambas estructuras, heterocromatina y regiones ribonucleoproteicas, con cada uno de los colorantes por separado, fue observado que el resultado de la tinción no es debido a una especificidad unilateral absoluta de cada tipo de colorante por un tipo de ácido nucléico, sino más bien a la combinación de sus especificidades relativas al emplearlas conjuntamente a un pH adecuado.

Hemos elegido este método de tinción porque permite diferenciar con claridad el nucléolo de la heterocromatina a él asociada, pudiendo de este modo conocer de manera exacta las superficies mostradas por cada uno de estos elementos celulares. Además da buen resultado cuando tratamos de distinguir las neuronas menores de las células gliales.

Hay que tener presente que con diferentes técnicas histológicas la extensión de superficie teñida mostrada por los diferentes elementos celulares va a variar, hecho comprobado en trabajos realizados con anterioridad en los que se utilizaron las técnicas del Verde metilo-Pironina (VMP) y la del acetato violeta de cresilo (AVC) (Rios y col. 1979), observandose que en este caso particular es el nucléolo, el elemento celular para el que aparecen mayores diferencias en cuanto a la superficie puesta de manifiesto por el colorante se refiere.

Delimitado el Núcleo geniculado lateral en los diferentes cortes histológicos integrantes del mismo y para la realización en ellos de los recuentos necesarios, conocidos tras la

la aplicación del tratamiento estadístico de Azorín Poch (1972) y Cochran (1971), hemos elegido como unidad de recuento el nucléolo neuronal, debido a que por su pequeño tamaño, presenta menor probabilidad que otros elementos neuronales, de ser seccionado, y cuando lo es, debido al grosor del corte, aparece como máximo en dos secciones histológicas diferentes, evitando de este modo posibles errores en el recuento.

La elección de dicho elemento celular, como unidad de recuento ha sido ampliamente defendida por numerosos autores entre los que destacan Konisgmark (1970) y Hang (1970, 1972).

En una investigación que fué llevada a cabo por nosotros, hemos podido comprobar que, aproximadamente el 3% de las neuronas existentes en la parte dorsal del NGL, son binucleoladas. Conocido este hecho, los recuentos se han llevado a cabo con el mayor cuidado para evitar que dos nucléolos de una de estas células, fueran a considerarse como correspondientes a células diferentes.

Para las mediciones de superficie de los diferentes elementos celulares, ya mencionados en su apartado correspondiente, así como para la obtención de los valores mostrados por el IC y la CON en cada neurona, se hace necesario la elección de muestras representativas, desde un punto de vista estadístico, a partir de la población objeto de estudio.

Para la obtención de estas muestras, hemos utilizado como caracter, el índice de constitución, habiéndose observado que con él, el tamaño que ha de poseer la muestra es mayor que

si se utiliza como caracter algun otro parámetro celular, como puede ser: tamaño del nucléolo, tamaño de la heterocromatina asociada al nucléolo, superficie del soma etc., de este modo se evitan los posibles errores de realizar medidas sobre una muestra que no sea lo suficientemente amplia.

Las medidas en superficie fueron obtenidas mediante planimetría, a partir de la imagen ofrecida por fotografías aumentadas. Este método fué ya utilizado por Darón (1960) para la determinación de la superficie mostrada por cortes histológicos.

3.- Comentario de los resultados.-

A).- Valores medios de los distintos
parámetros.

Los valores mostrados por los diferentes parámetros celulares analizados y que aparecen reflejados en la tabla IV, para cada uno de los animales utilizados ofrecen una serie de peculiaridades que merecen comentarse.

En primer lugar hay que hacer constar la diferencia de tamaño medio celular encontrada entre los NGLd derecho e izquierdo de cada animal, observándose que en todos los casos las neuronas del Núcleo derecho presentan un valor medio de superficie celular significativamente mayor que las del izquierdo y siendo la diferencia con respecto a este parámetro de un 7-8%.

Mediante la realización de las comparaciones pertinentes puede observarse que los Núcleos derechos de los diferentes animales muestran entre sí diferencias claramente significativas, así como los Núcleos izquierdos en lo referente al parámetro mencionado.

No puede establecerse por tanto la existencia de un valor standard de tamaño celular válido para todos los animales puesto que estos tamaños varían de unos especímenes a otros, el único hecho que al parecer resultaría ser común en todos los animales utilizados sería que en todos los casos las neuronas del Núcleo derecho son significativamente mayores que las del Núcleo izquierdo.

La superficie nuclear ofrece un comportamiento similar al tamaño del soma neuronal, apareciendo significativamente superior en el NGLd derecho en cada animal. Este hecho parece indicar la existencia de una estrecha correlación directa entre el tamaño del soma neuronal y la superficie nuclear, extremo comprobado, como veremos posteriormente por los análisis efectuados al respecto.

Al igual que sucedía con la superficie celular, el tamaño medio nuclear refleja, en la comparación realizada entre los distintos ratones, diferencias significativas tanto entre los NGLd derechos de los animales utilizados, como entre los NGLd izquierdos de los mismos.

El nucléolo, muestra el mismo comportamiento que el tamaño nuclear y el tamaño del soma celular.

Este parámetro celular presenta en cada animal valores significativamente más altos en los Núcleos derechos que en los izquierdos, hecho acorde con los valores obtenidos para los índices de correlación, los cuales evidencian una correlación directa entre nucléolo, núcleo y soma celular.

En las comparaciones realizadas entre los distintos ratones, este parámetro muestra un comportamiento similar a la superficie celular ó nuclear, no pudiendo por tanto establecerse tampoco aquí la existencia de un tamaño nucleolar válido para cualquier ratón.

La superficie media mostrada por las masas de heterocromatina asociada al nucléolo es un parámetro que ofrece muy pocas diferencias entre el NGLd derecho e izquierdo de cada ratón. Efectivamente, como los test de comparación de medias indican, no aparecen diferencias significativas entre los Núcleos pares de cada animal, sin embargo, al comparar, mediante la aplicación del análisis de la varianza de Fisher, por una parte los Núcleos derechos de los diferentes especímenes y por otra los Núcleos izquierdos de los mismos, observamos que en ambos casos aparecen diferencias significativas. Ello viene a demostrar la existencia de una homogeneidad dentro de un mismo animal en lo que a los tamaños de la heterocromatina se refiere, existiendo al mismo tiempo diferencias entre ratones distintos. De este modo puede establecerse un valor medio para este parámetro que resulta específico para cada ratón.

El comportamiento del parámetro SHCnu resulta diferente en este Núcleo talámico del mostrado por estas mismas masas heterocromáticas en otros Núcleos del ratón. Análisis anteriores (Rios, 1977; Rios y Abadía, 1977) indicaron la existencia de una correlación inversa entre los valores medios de la superficie de la heterocromatina asociada al nucléolo y el tamaño nucleolar en varios Núcleos del ratón albino, concretamente en los Núcleos bulbares Hipogloso y Vago. Sin embargo, los estudios de correlación llevados a cabo en nuestro Núcleo indican una heterogeneidad en el comportamiento de las masas heterocromáticas frente a la superficie nucleolar, en los distintos ratones, mostrando el índice de correlación en unos casos valores positivos, en otros negativos y en otros valores que no son significativos, e inclu

so el comportamiento es diferente entre la parte derecha e izquierda de cada animal.

El comportamiento que las masas de heterocromatina asociadas al nucléolo presentan frente al tamaño nuclear es en líneas generales característico de cada ratón puesto que las relaciones entre estos parámetros dentro de cada animal resultan ser similares en sus dos Núcleos pero distinta para cada ratón.

Similar comportamiento al mencionado, ofrece la superficie de la heterocromatina asociada al nucléolo frente al tamaño del soma neuronal, hecho lógico dada la existencia de una correlación directa muy estrecha entre tamaño nuclear y tamaño del soma neuronal.

El índice de constitución, parámetro celular resultante de la relación existente entre el tamaño de las masas de heterocromatina asociadas y el tamaño nucleolar, muestra en todos los casos analizados un valor medio significativamente superior para los NGLd izquierdos, siendo su valor medio en los NGLd derechos un 8% más bajo. Esta disminución es debida, por una parte al tamaño algo menor de las masas de heterocromatina en el Núcleo derecho de cada animal y por otra al mayor tamaño mostrado por el nucléolo en dicha parte.

De la comparación realizada entre los Núcleos geniculados laterales dorsales de los distintos animales, se observa que en ningún caso aparecen diferencias significativas entre los Núcleos derechos de los tres especímenes analizados, así como tampoco entre los Núcleos izquierdos.

De este modo comprobamos que el índice de constitución presenta un valor específico para los NGLd derechos, y un valor superior y característico para los NGLd izquierdos.

Un hecho que llama la atención es el valor medio superior a la unidad de este parámetro en todos los Núcleos geniculados analizados, indicativo del predominio de tamaños en la heterocromatina con respecto al nucléolo. Esta característica permite diferenciar las neuronas integrantes de este Núcleo talámico de las pertenecientes a otras regiones del Sistema Nervioso del ratón albino, donde los valores medios del IC resultan claramente inferiores a la unidad, indicando la presencia de neuronas con nucléolos muy voluminosos frente al tamaño de las masas heterocromáticas (Rios y Abadía, 1977).

La constante de organización nucleolar, es un parámetro que a semejanza del índice de constitución, presenta valores más altos en los Núcleos izquierdos que en los derechos de cada animal, pero en contraposición al índice, esta diferencia en los valores medios de la CON no es significativa nada más que en uno de los tres casos analizados.

Un hecho que puede influir en que el valor medio de la CON sea inferior en los NGLd derechos puede ser que las diferencias entre ambos Núcleos en lo que a la superficie neuronal se refiere, parámetro que condiciona inversamente el valor de la CON, sea menor que las diferencias mostradas en los referente al tamaño nucleolar.

B).- Proporción entre los distintos
parámetros.-

En este apartado cabe destacar en primer lugar la relación mostrada en cada Núcleo por el tamaño nuclear respecto al tamaño del soma celular, observandose que esta relación siempre es significativamente mayor en los Núcleos derechos que en los izquierdos, ahora bien cabría esperar que dada la estrecha correlación existente entre el tamaño del soma neuronal y tamaño nuclear, la relación SC/SN se mantuviera más ó menos constante para los Núcleos de un mismo animal. El hecho de que esto no suceda se debe a que la disminución sufrida por el tamaño nuclear en los Núcleos izquierdos respecto a los derechos es variable en cada animal y siempre superior a la disminución para el tamaño celular, la cual es solo de un 8%.

En las comparaciones efectuadas entre los diferentes animales, la relación SC/SN tiene un comportamiento similar al que ofrece cada uno de estos parámetros individualmente, mostrando unos valores que resultan específicos para cada caso.

El porcentaje que el tamaño nucleolar presenta respecto a la superficie neuronal varia para los diferentes Núcleos analizados, entre 2,42% - 2,58%.

Esta relación muestra tendencia a presentar valores más altos para los NGLd izquierdos de cada animal. Como sabemos, en ellos los valores medios del tamaño nucleolar son menores que en los Núcleos derechos, al igual que el tamaño del soma celular;

el hecho de que esta relación presente valores más altos en los Núcleos izquierdos permite suponer que la disminución sufrida en tamaño por los nucléolos es proporcionalmente mayor que la disminución sufrida por la superficie del soma, hecho comprobado en los correspondientes resultados.

Los valores de este cociente no han mostrado diferencias significativas ni al comparar los Núcleos de un mismo animal ni al efectuar comparaciones entre animales diferentes, lo que permite suponer que esta relación se mantiene con una cierta constancia dentro de la especie.

No podemos hacer la misma afirmación en cuanto a la relación existente entre las masas de heterocromatina asociadas al nucléolo y el tamaño neuronal.

Este cociente ha resultado ser similar en los mismos Núcleos de cada ratón estudiado, pero en todos los casos los valores mostrados por los Núcleos derechos fueron inferiores a los de los izquierdos, de este modo la relación SHC_{nu}/SC aparecería como un factor específico de Núcleo que presentaría la particularidad de mostrar un valor significativamente más elevado en los Núcleos izquierdo.

Como se observa en la tabla VIII, el valor medio mostrado por el cociente SHC_{nu}/SC es en todos los casos mayor que el mostrado por la relación S_{Nu}/SC , corroborando pues la presencia de masas heterocromáticas mayores que el nucléolo en las neuronas del geniculado y la existencia constante de índices de constitución superiores a la unidad.

La relación mostrada por el tamaño nucleolar respecto al tamaño del núcleo ofrece en todos los casos valores más altos para el NGLd izquierdo que para el derecho, hecho concordante con lo obtenido para la relación SNu/SC y de acuerdo con los resultados de correlaciones encontrados entre los tamaños del nucléolo, núcleo y soma neuronal.

Al comparar parte derecha e izquierda de cada animal, los valores de "t" indican diferencias significativas, para esta relación, en dos casos de los tres analizados, apareciendo sin embargo, en todos los casos diferencias claramente significativas en la comparación realizada entre los Núcleos del mismo lado de los diferentes animales.

Estos resultados son contrarios a los obtenidos con la relación SNu/SC, la cual se mantenía con un valor característico para la especie mientras que el cociente SNu/SN presenta unos valores medios que podríamos considerar específicos para cada Núcleo.

Los datos resultantes del análisis de la relación entre las masas de heterocromatina asociadas al nucléolo y tamaño nuclear, son concordantes con los obtenidos para la relación heterocromatina/superficie celular. También en este caso los valores medios obtenidos son significativamente superiores en la parte izquierda de cada animal. Sin embargo, en la comparación realizada entre los Núcleos del mismo lado de los diferentes anima

les obtenemos diferencias significativas solo en uno de los casos, el valor de este cociente aparecería así como característico de zona derecha ó izquierda del cerebro.

Es lógico el aumento presentado por este cociente y por la relación SHC_{nu}/SC , para los Núcleos izquierdos dado que en ellos el valor medio mostrado por la heterocromatina es algo mayor que en las partes derechas y por el contrario el tamaño nuclear y del soma neuronal es menor.

En las gráficas 4, 5 y 6, representamos los diferentes porcentajes medios que el núcleo, nucléolo y heterocromatina asociada muestran respecto a la superficie celular.

En cada una de ellas aparece una representación para el NGLd derecho e izquierdo de cada animal, hemos incluido, además, en ellas la representación de los porcentajes que mostrarían los distintos parámetros en un NGLd tipo para cada ratón, media de los porcentajes ofrecidos en cada Núcleo, derecho e izquierdo.

En la gráfica 7, hemos querido representar los porcentajes mostrados por los diferentes parámetros neuronales respecto al tamaño del soma celular, en el NGLd modelo obtenido de los resultados conseguidos en el presente estudio.

Las gráficas 8, 9 y 10, expresan los diferentes porcentajes medios que el tamaño de las masas heterocromáticas y el

nucléolo muestran respecto al tamaño nuclear. Igualmente en cada una de ellas aparece una representación para el NGLd derecho NGLd izquierdo y NGLd tipo de cada animal.

La gráfica 11, refleja los porcentajes mostrados por los parámetros SNu y SHCnu, respecto a la superficie nuclear en el NGLd modelo.

Los porcentajes que el tamaño nucleolar representa respecto a la superficie de la heterocromatina a él asociada que dan recogidos en las gráficas 12, 13 y 14.

En cada una de ellas aparece una representación para el NGLd derecho, NGLd izquierdo y NGLd tipo de cada animal.

La gráfica 15, refleja el porcentaje medio mostrado por la superficie nucleolar respecto a la superficie de la heterocromatina asociada en el NGLd modelo.

C).- Análisis de las correlaciones encontradas.

Los análisis de correlación efectuados en este trabajo, ofrecen unos resultados que se hace necesario comentar.

En primer lugar, observamos que el tamaño nuclear y el tamaño del soma neuronal presentan una correlación directa en todos los Núcleos geniculados laterales dorsales analizados, siendo estos valores de correlación los más altos encontrados.

Ello indica que cuanto mayor sea el tamaño de la neurona mayor será el tamaño del núcleo. Este hecho aparece comprobado al observar como la existencia de neuronas con tamaños medios más voluminosos en los NGLd derechos de cada animal, se ve acompañada igualmente por valores medios más elevados del tamaño nuclear en estos Núcleos que en los izquierdos.

El tamaño del nucléolo, de la misma manera que la superficie nuclear, muestra respecto a la superficie celular, una correlación altamente positiva en todos los Núcleos analizados, siendo los valores de esta correlación inferiores a los obtenidos para la correlación célula-núcleo.

Comportamiento similar hemos encontrado entre el tamaño del nucléolo y el del núcleo, también en este caso aparecen en todos los Núcleos correlaciones directas, pero los valores de estos índices de correlación son los más inferiores de las tres

correlaciones hasta ahora mencionadas.

Así, pues, se puede concluir, según estos datos que cuanto mayor sea el tamaño de las neuronas integrantes del Núcleo geniculado lateral, mayor es su núcleo y su nucléolo. Esta correlación puede estar fundamentada en la intervención paralela de estas tres estructuras en la actividad global de la neurona.

Las masas de heterocromatina asociadas al nucléolo muestran frente al tamaño neuronal un comportamiento diferente para cada ratón como se observa en la tabla VII. Para uno de ellos aparece correlación directa en sus dos Núcleos, para el segundo no se observa correlación en ningún caso y para el tercero aparece una correlación inversa en el Núcleo derecho y sin embargo, no existe correlación en el izquierdo.

Similar comportamiento, en los tres ratones analizados, ofrecen las masas de heterocromatina frente al tamaño nuclear. Estos datos vienen a corroborar la idea de que la heterocromatina asociada al nucléolo es un parámetro prácticamente constante dentro de cada animal, mostrando, por el contrario, diferencias claramente significativas entre los diferentes ratones.

El comportamiento más peculiar, lo hemos encontrado al analizar los valores de la correlación que liga el tamaño del nucléolo respecto al tamaño de las masas de heterocromatina a él

asociadas.

En este caso hemos encontrado resultados semejantes en dos de los ratones utilizados, variando estos en el caso del tercer animal. Pero aún dentro de cada ratón, los resultados han sido diferentes para las partes derecha e izquierda del Núcleo geniculado lateral.

En los tres NGLd izquierdos analizados, el tamaño nuclear presenta respecto a las masas heterocromáticas una correlación directa, lo que viene a indicar que cuanto mayor sea el tamaño del nucléolo en una célula, mayor tamaño de la heterocromatina asociada presenta.

Este comportamiento no se observa para los NGLd derechos de los diferentes animales, para ellos en dos de los casos investigados no aparece correlación, apareciendo solo en el tercer caso una correlación de tipo inverso.

No parece haber, pues, un comportamiento fijo de la heterocromatina asociada frente al tamaño del nucléolo. Cabría pensar que esta falta de homogeneidad en dicho comportamiento fuese debido a la mezcla de las dos poblaciones existentes en la parte dorsal del Núcleo geniculado lateral, existencia que comentaremos posteriormente. Sin embargo, estudios de correlación realizados para las neuronas Tipo I y para las neuronas Tipo II, han demostrado que en ningún caso aparece correlación entre los parámetros celulares nucléolo y heterocromatina asociada, para las neuronas Tipo II.

Paras las neuronas Tipo I, no aparece uniformidad en el comportamiento de la heterocromatina frente al nucléolo, analizando los diversos Núcleos geniculados, en unos casos la correlación obtenida ha sido directa, en otros inversa y en otros no aparece ningún tipo de correlación. No obstante, para otros Núcleos del Sistema Nervioso del ratón, si se ha encontrado uniformidad en el comportamiento de las masas heterocromáticas frente al tamaño nucleolar, concretamente para los Núcleos bulbares, Vago e Hipogloso (Rios, 1975).

El comportamiento peculiar del Núcleo geniculado lateral dorsal en este aspecto puede venir, posiblemente, influenciado por la variación que existe no solo entre animales distintos, sino incluso dentro de un mismo animal, en los tamaños medios del nucléolo de las neuronas geniculares, mientras que las masas de heterocromatina presentan, como comentamos en su momento, tamaños relativamente uniformes dentro de un mismo animal.

Si las variaciones en el tamaño nucleolar están influenciadas por un grado de funcionalidad diferencial de cada Núcleo concreto, mientras que la heterocromatina asociada al nucléolo se comporta como un caracter más influenciado por los procesos de diferenciación, es algo que deberá ser establecido por posteriores profundizaciones en esta línea.

D).- Análisis de poblaciones celulares.-

La diferenciación de varios tipos de células en el Núcleo geniculado lateral se ha realizado por los distintos autores, atendiendo a aspectos diferentes de las neuronas.

Son muchos los estudios de esta naturaleza llevados a cabo en la rata (Grossman y col. 1973; Kriebel, 1975; Schober y Brauer, 1973; Werner y Krüger, 1973) en contraste con la bibliografía encontrada sobre diferenciación de tipos neuronales en el ratón (Rafols y Valverde, 1973).

Para nuestra investigación en el NGLd del ratón albino nos hemos basado en características morfológicas como son: tamaños del soma neuronal, núcleo, nucléolo y masas de heterocromatina asociadas al nucléolo. A su vez hemos utilizado como criterio discriminatorio los valores del índice de constitución y de la constante de organización nucleolar.

Los resultados de la construcción de histogramas de frecuencia basados en tamaños celulares, no son del todo concluyentes respecto a la existencia de dos poblaciones neuronales en el NGLd del ratón, sin embargo, esto puede deberse al gran predominio de neuronas de tamaño mayores, a las que denominamos neuronas Tipo I, sobre las neuronas de tamaños pequeños ó neuronas Tipo II, siguiendo la nomenclatura utilizada por Schober y Brauer (1973), Werner y Krüger (1973).

Esta preponderancia de neuronas Tipo I sobre neuronas Tipo II, hace que en la muestra escogida la población de células menores quede enmascarada por la población de células de mayor tamaño, impidiendo la diferenciación clara entre ellas, en las gráficas.

Los resultados encontrados en el NGLd de la rata por Werner y Krüger (1973) respecto a la abundancia de ambos tipos neuronales, son concordantes con el gran predominio de las neuronas Tipo I, según ellos la relación entre los dos tipos neuronales es de 13:1.

Hemos comprobado que pueden establecerse diferencias entre los tipos neuronales pertenecientes a ambas poblaciones en base a otros caracteres celulares distintos de la superficie del soma. Efectivamente, para el tamaño del núcleo celular, aparecen en todos los geniculados analizados, diferencias significativas entre la población de neuronas Tipo I y la población de neuronas Tipo II.

El núcleo celular muestra un valor medio de $56,4994 \mu^2$ para las primeras, mientras que para las neuronas Tipo II su valor medio es el 39,30% menor. Este valor medio de superficie nuclear mayor para la población de neuronas Tipo I está en consonancia con la correlación directa existente entre el tamaño del soma celular y el tamaño nuclear.

Similar comportamiento ofrece el nucléolo neuronal,

para este parámetro también aparecen en todos los Núcleos geniculados analizados, diferencias significativas entre la población de neuronas Tipo I y la población de neuronas Tipo II.

El nucléolo muestra un valor medio de $2,4598 \mu^2$ para las primeras, mientras que para las neuronas Tipo II su valor medio es el 32,01% menor.

La presencia de un valor medio de superficie nucleolar mayor para las neuronas Tipo I es un hecho acorde con la correlación directa existente entre el tamaño celular y tamaño del nucléolo, constituyendo este último un parámetro de utilidad para la discriminación de tipos neuronales dentro del Núcleo geniculado lateral.

Los valores medios mostrados por la heterocromatina asociada al nucléolo, en la mayoría de los Núcleos estudiados, son significativamente superiores para las neuronas Tipo I que para las neuronas Tipo II. La diferencia, en este caso, entre los valores medios de las masas heterocromáticas para ambos tipos de neuronas es solo del 6,76%.

El índice de constitución muestra un comportamiento claramente diferente de una población neuronal a otra. A excepción de uno de los NGLd analizados, en todos los demás aparecen diferencias significativas al comparar mediante la aplicación de la "t" de Student, ambas poblaciones celulares, siendo el valor del índice de constitución mayor para la población de neuronas

Tipo II que para las de Tipo I.

Estos resultados son similares a los encontrados por Werner y Krüger (1973) al analizar el NGLd de la rata, obteniendo que para la población de neuronas más voluminosas, el 98,7% de ellas tienen masas de heterocromatina más pequeñas que el respectivo nucléolo, mientras que en la población de células menores este porcentaje es sólo del 24,7%. Este hecho nos indica, junto con los valores encontrados en cada población para los tamaños del nucléolo y heterocromatina, la existencia de una correlación inversa entre estas estructuras a la hora de comparar sus valores medios entre poblaciones neuronales diferentes. En este aspecto los resultados encontrados en el NGLd, son similares a los encontrados por Rios (1976) al comparar distintas poblaciones en el bulbo del ratón, si bien en este caso, como ya comentamos anteriormente no aparece esta misma correlación dentro de las células que constituyen una determinada población, hecho que sin embargo, si ocurría también en los Núcleos del bulbo.

La existencia, practicamente constante, de diferencias significativas para el índice de constitución entre las neuronas de la población Tipo I y las de la población Tipo II, permite aceptar a este índice como parámetro discriminativo de tipos neuronales. Ya los propios trabajos de Werner y Krüger (1973) efectuados en el Núcleo geniculado lateral de la rata indicaron como uno de los criterios más discriminativos para la determinación de tipos neuronales, el tamaño de las masas de heterocromatina en relación al nucléolo, relación que es equivalente al significado del índice de constitución, si bien allí no se efectúan

cuantificaciones precisas.

Dentro de la población de neuronas Tipo I, el comportamiento ofrecido por el índice de constitución es diferente en los núcleos derechos e izquierdos de cada animal. Para los derechos, en todos los casos, el valor medio del índice de constitución es inferior a la unidad, demostrando la existencia de masas heterocromáticas inferiores al tamaño del nucléolo, por el contrario para los izquierdos, en todos los casos, el valor medio del índice de constitución es superior a la unidad, demostrando la presencia de masas heterocromáticas superiores al tamaño del nucléolo.

Para la población de neuronas Tipo II, en todos los Núcleos analizados, el valor del índice de constitución es siempre superior a la unidad, mostrando de un modo evidente la presencia de masas heterocromáticas superiores, en todos los casos, al tamaño del nucléolo.

En este aspecto la población de neuronas Tipo II, se comporta más homogéneamente en el NGLd que la de neuronas Tipo I.

La constante de organización nucleolar, es un parámetro celular, que presenta grandes diferencias, significativas en todos los casos, entre las neuronas Tipo I y las neuronas Tipo II.

El valor de dicha constante es menor para la población de células más voluminosas y aumenta a medida que el tamaño de las neuronas disminuye.

El valor de este parámetro para la discriminación de tipos neuronales aparece, pues, claramente expuesto por tal comportamiento.

De este modo, el trabajo efectuado ha permitido, establecer criterios de discriminación entre las dos poblaciones neuronales del Núcleo geniculado lateral dorsal del ratón, que pueden encontrar su reflejo en funcionalidades específicas, habiéndose delimitado el valor de los diferentes parámetros en ambas poblaciones, valores que pueden servir de base para el análisis de modificaciones funcionales capaces de acompañar a alteraciones experimentalmente inducidas del funcionamiento del Sistema Visual.

CONCLUSIONES.-

Una vez analizados los resultados obtenidos en nuestro estudio, y tras la discusión y comentario de los mismos, llegamos a las siguientes conclusiones sobre las medidas realizadas en superficie celular, nuclear, nucleolar y de la heterocromatina asociada al nucléolo.

1ª.- Las células del geniculado dorsal ofrecen distintos valores para los parámetros estudiados, siendo el nucléolo aquel que muestra mayor variación (entre $1,3385 \mu^2$ y $3,4945 \mu^2$) y el núcleo, el que la ofrece menor (entre $11,8334 \mu^2$ y $89,1186 \mu^2$).

2ª.- En el Núcleo geniculado lateral dorsal del ratón, la superficie nuclear viene a representar el 53,87% de la superficie del soma celular, la superficie nucleolar el 2,52% de la misma y la superficie de la heterocromatina asociada al nucléolo, el 3,04%.

3ª.- El análisis de las 1.205 células estudiadas, ha proporcionado diferencias significativas para la superficie celular, nuclear y nucleolar, a favor de las células de los geniculados dorsales derechos al compararlas con los izquierdos. La heterocromatina, sin embargo, ofrece valores constantes, lo cual conduce a que el índice de constitución aparezca superior en las células de los geniculados dorsales izquierdos .



- 4^a.- En el estudio realizado, el índice de constitución resulta constante al comparar los geniculados dorsales homolaterales. Los demás parámetros ofrecen diferencias significativas.
- 5^a.- Las células del Núcleo geniculado dorsal (tanto derecho como izquierdo) muestran correlación positiva al equiparar entre si (dos a dos) los valores de la superficie del soma, núcleo y nucléolo, no pudiéndose decir lo mismo de la heterocromatina asociada al nucléolo (en este caso las correlaciones pueden ser, positivas, negativas ó no existir).
- 6^a.- La división dos a dos (SHCnu/SNu, SNu/SN, SN/SC etc.) de las superficies de: heterocromatina asociada, nucléolo, núcleo y soma celular (tomando como denominador el parámetro mayor) nos han proporcionado (salvo en el caso del índice de constitución), índices significativamente diferentes al comparar los valores dados por las células de los geniculados dorsales (tanto derechos e izquierdos, como entre los distintos animales), lo cual si se recuerda la conclusión número 5, es signo de que si el aumento de un parámetro es seguido por los demás, no lo hace de un modo exactamente proporcional.
- 7^a.- Se ha comprobado la existencia de dos poblaciones neuronales en el Núcleo geniculado lateral dorsal del ratón en base a una serie de características morfológicas, como son:

tamaños del soma neuronal, núcleo, nucléolo y masas de heterocromatina asociadas al nucléolo.

- 8ª.- De las dos poblaciones antedichas, la de tamaño menor (caracterizada como Tipo II) muestra un índice de constitución superior al de las células mayores, esto indica que en estas últimas, el nucléolo aumenta proporcionalmente mucho más que la heterocromatina.
- 9ª.- La población de neuronas Tipo I, presenta respecto a la población de neuronas Tipo II, valores de la constante de organización nucleolar, menores y significativamente distintos.
- 10ª.- Estudiando separadamente el índice de constitución de cada población (Tipo I ó Tipo II), la población primera ó de células mayores (Tipo I) ofrece índices de constitución menores en los geniculados dorsales derechos que en los izquierdos, mientras que los índices de constitución de las neuronas menores (Tipo II) son mucho más semejantes entre si (sin diferencias en los ratones nº 2 y nº 3, con diferencias significativas en el ratón nº 1).
El análisis de todas estas medidas, las muestra como útiles para la caracterización de poblaciones.

BIBLIOGRAFIA.-

ABERCROMBIE, M. (1946).

"Estimation of nuclear population from microtome sections".
Anat. Rec., 94: 239-247.

AGDUHR, E. (1941).

"A contribution to the technique of determining the number
of nerve cells per volume unit of tissue".
Anat. Rec., 80: 191-202.

AZORIN POCH, F. (1972).

"Curso de muestreo y Aplicaciones".
Ed. Aguilar. Madrid.

BERESFORD, W. A. (1962).

"A nauta and galloxyanin study of the cortico-lateral geni
culate projection in the cat and monkey".
J. Hirnforsch. Vol. 5: 210-228.

BIANCHI, L. (1942).

"Qualche considerazione sui metodi per il conteggio delle
cellule nervose".
Anat. Anz., 92: 233-240.

BISHOP, P.O.; KOZAK, W.; LEVICK, W.R. y VAKKUR, G.J.
(1962).

"The determination of the projection of the visual field on
to the lateral geniculate nucleus in the cat".

J. of Physiology, 163: 503-539.

BORN, G. (1883).

"Die Plattenmodelliermethode".

Arch. Mikrosk. Anat., 22: 584-599.

BOUMAN, K.H. (1928).

"Die pathologische Anatomie des Zentralnervensystems bei
Schizophrenie".

Psychiat.Neurol., 32: 517-539.

BRAITENBERG, V. y ATWOOD, R.P. (1958).

"Morphological observations on the cerebellar cortex".

J. Comp. Neurol., 109: 1-27.

BRAUER, K.; WINKELMANN, E.; MARX, I. y DAVID, H. (1974).

"Licht-und elektronenmikroskopische untersuchungen an
axonen und dendriten in der pars dorsalis des corpus geni-
culatum laterale (Cgld) der albinoratte".

Z. mikrosk. anat. Forsch. vol., 88, nº 4: 596-626.

BRAUER, K. y WINKELMANN, E. (1974).

"Quantitative charakterisierung der afferenten axone in der pars dorsalis der corpus geniculatum laterale (Cgld) der Albinoratte an Golgi Präparaten".

Z. Mikrosk. anat. Forsch. vol., 88, n° 6: 1110-1124.

BRAUER, y SCHÖBER. (1973).

"Qualitative und quantitative untersuchungen am corpus geniculatum laterale (CGL) der laborratte. I. Zur struktur der CGL unter besonderer berücksichtigung der Golgi-Architektur".

J. Hirnforsch. vol. 14, n° 4/5: 389-398.

BRAUER, K. ; WINKELMANN, E. y WERNER, L. (1975)

"Relais-Zellen und afferente axone in der pars dorsalis des corpus geniculatum laterale (Cgld) der albinoratte unter geometrischem aspekt".

Zeitschr mikrosk. anat. Forsch. vol., 89, n° 3: 550-562.

CAMPOS ORTEGA, J.A.; GLEES, P. y NEUHOFF, J. (1968).

"Ultrastructural analysis of individual layers in the lateral geniculate body of the monkey".

Z. Zellforsch. vol. 87: 82-100.

CAUSLEY, D. y YOUNG, J.Z. (1955).

"Counting and sizing of particles with the flying-spot microscope".

Nature. 176: 453-454.

CAVANAUGH, M. W. (1951).

"Quantitative effects of the peripheral innervation area on nerves and spinal ganglion cells".

J. Comp. Neurol., 94: 181-219.

CHACKO, L. W. (1948).

"The laminar pattern of the lateral geniculate body in the primates".

J. Neurosurg. Psychiat, 71: 211-224.

CHACKO, L. W. (1949).

"A preliminary study of the distribution of cell size in the lateral geniculate body".

J. Anat. (Lond) 83: 254-266.

CHALKLEY, H. W. (1943).

"Method for quantitative morphological analysis of tissue".

J. Natl. Cancer. Inst., 4: 47-53.

CHOU DHURY, B. P. y WHITTERIDGE, D. (1965).

"Visual field projection on the dorsal nucleus of the lateral geniculate body in the rabbit".

Quart. J. Exp. Physiol. vol. 50: 105-112.

CHOW, K.L. (1951).

"Numerical estimates of the auditory central nervous system of the rhesus monkey".

J. Comp. Neurol., 95: 159-175.

COCHRAN, W.G. (1971).

"Técnicas de Muestreo".

Compañía Editorial Continental. Mexico.

CRAGG, B.G. (1967).

"The density of synapses and neurones in the motor and visual areas of the cerebral cortex".

J. Anat., 101: 639-654.

CUNNINGHAM, T.J. y LUND, R.D. (1971).

"Laminar patterns in the dorsal division of the lateral geniculate nucleus of the rat".

Brain Res 34: 394-398.

DARON, G.H. (1960).

"Morphology of the cerebellar dentate nucleus in a chimpanzee".

Anat. Rec., 138: 81-92.

DELESSE, A. (1848).

"Procédé mécanique pour déterminer la composition des roches".

Ann. Mines. 13: 379-388.

DORNFELD, E.J.; SLATER, D.W. y SCHEFFE, H. (1942).

"A method for accurate determination of volume and cell numbers in small organs".

Anat. Rec., 82: 255-259.

EBBESSON, S. O. E. y TANG, D. (1965).

"A method for estimating the number of cells in histological sections".

J. Roy. Micr. Soc., 84: 449-464.

EBBESSON, S. O. E. (1968).

"Quantitative studies of superior cervical sympathetic ganglia in a variety of primates including man. II. Neuronal packing density".

J. Morph., 124: 181-185.

ELIAS, H.; HENNIG, A. y SCHWARTZ, D. E. (1971).

"Stereology: Applications to biomedical research".

Physiol. Rev., 51: 158-200.

ESCOBAR, A.; SAMPEDRO, E.D. y DOW, R. S. (1968).

"Quantitative data on the inferior olivary nucleus in man, cat and vampire bat".

J. Comp. Neurol., 132: 397-404.

FIFKOVA, E.; MARSALA, J. (1967).

"Stereotaxic atlase for the cat, rabbit and rat".

In: J. Bures, M. Petrán and J. Zacher (Eds). Electrophysiological Methods in Biological Research. New York: Academic Press.

FIFKOVA, E. y HASSLER, R. (1969).

"Quantitative morphological changes in visual centres in rats after unilateral deprivation".

J. Comp. Neurol., 135: 167-178.

FISKEN, R.A. (1972).

"The effects of optic tract section on the lateral geniculate nucleus".

J. Anat. 111: 504-519.

FLODERUS, S. (1944).

"Untersuchungen über den Bau der menschlichen Hypophyse mit besonderer Berücksichtigung der quantitativen mikromorphologischen Verhältnisse".

Munksgaard. Kopenhagen.

FUKUDA, Y. (1973).

"Differentiation of principal cells of the rat lateral geniculate body into two groups, fast and slow cells".

Exp. Brain Res., 17: 242-260.

FUKUDA, Y. y SUGITANI, M. (1974).

"Cortical projections of two types of principal cells of the rat lateral geniculate body".

Brain Res., 67: 157-161.

FUKUDA, Y. y IWAMA, K. (1971).

"Reticular inhibition of internuncial celles in the rat lateral geniculate body".

Brain Res., 35: 107-118.

FUKUDA, Y.; SUGITANI, M y IWAMA, K. (1973)

"Flash-evoked responses of two types of principal cells of the rat lateral geniculate body".

Brain Res. vol., 57, nº 1: 206-212.

FUKUDA, Y.;SUGITANI, M. y KIM, Y. (1975).

"Further study on fast and slow principal cells of rat lateral geniculate body. Analysis of flash-evoked responses".

Toh. J. Exp. Med., 115 (1): 33.

GAREY, L. J.; FISKEN, R.A.; POWELL, T. P. S. (1976).

"Cellular changes in lateral geniculate-nucleus of cat and monkey after section of optic tract".

J. Anat. 121: 15-27.

GLAGOLEFF, A. A. (1933).

"On the geometrical methods of quantitative mineralogic analysis of rocks".

Trans. Inst. Econ. Min. Moskau (59), citado de Weibel, E. R. y Elias, H. (1967b).

GONZALEZ-PAREJA, A.C.; ABADIA, F.; AIJON, J. y NAVASCUES, J.
(1975).

"Contribución a las fórmulas de recuento neuronal tomando
el nucléolo como unidad de medida".

Trab. Inst. Cajal Invest. Biol., 67: 229-246.

GOSAVI, V.S. y DUBEY, P.N. (1972).

"Projection of striate cortex to the dorsal lateral geniculate
body in the rat".

J. Anat. vol., 113, nº 1: 75-82.

GROSSMAN, A.; LIEBERMAN, A.R. y WEBSTER, K.E. (1973).

"A Golgi study of the rat dorsal lateral geniculate nucleus".

J. Comp. Neurol., 150: 441-446.

GUILLERY, R.W. (1966).

"The Effect of Lis suture upon the growth of cells in the
dorsolateral geniculate nucleus of kittens".

J. Comp. Neurol. vol. 148, nº 4: 417-422.

GUILLERY, R.W. (1969).

"A quantitative study of synaptic interconnections in the
dorsal lateral geniculate nucleus of the cat".

Z. Zellforsch. vol., 96: 39-48.

GURDJIAN, E.S. (1927).

"The diencephalon of the albino rat. Studies on the brain of the rat".

J. Comp. Neurol., vol. 43. pag. 1 - 12.

HALL, J.G. (1962).

"A histological investigation of the auditory pathways in neonatal asphyxia".

Acta otolaryng., 54: 369-375.

HAMMAR, F.A. (1914).

"Methode, die Menge der Rinde und des Marks der Thymus, sowie die Groesse der Hassalschen Koerper zahlenmaessig festzustellen".

Z. Angew. Anat. Konstitutions Lehre., 1: 311-396.

HAMMAR, F.A. (1926).

"Ueber Methoden, die Groesse und Anzahl der Hassalschen Koerper zahlenmaessig festzustellen".

Z. Mikroskop. Anat. Forsch., 6: 399-404.

HAMMARBERG, C. (1895).

"Studien über Klinik un pathologie der Idiotie".

Upsala. Editorial.

HARMAN, P.J. y CARPENTER, M.B. (1950).

"Volumetric comparisons of the basal ganglia of various primates including man".

J. Comp. Neurol., 93: 125-137.

HATAI, S. (1902).

"Number and size of the spinal ganglion cells and dorsal root fibers in the white rat at different ages".

J. Comp. Neurol., 93: 125-137.

HAUG, H. (1967).

"Number of particles per unit volume".

En "Stereology". Pgs. 199-210. Springer. Berlin-Heidelberg-New York.

HAUG, H. (1970).

"Quantitative data in Neuroanatomy".

En "Progress in Brain Research". (Ed. por J.P. Schädé y J. Smith). Vol. 33: 113-127. Elsevier Publishing Company.

Amsterdam-London-New York.

HAUG, H. (1972).

"Stereological methods in the analysis of neuronal parameters in the Central Nervous System".

J. of Microscopy, 95: 165-180.

HAYHOW, W.R. (1958).

"The cytoarchitecture of the lateral geniculate body in the cat in relation to the distribution of crossed and un-crossed optic fibers".

J. Comp. Neurol. vol., 110: 1-64.

HAYHOW, W.R.; SEFTON, A. y WEBB, C. (1962).

"Primary optic centers of the rat in relation to terminal distribution of the crossed and uncrossed optic fibers".

J. Comp. Neurol., 118: 295-322.

HOLLANDER, H. (1970).

"The projection from the visual cortex to the lateral geniculate body (LGB). An experimental study with silver impregnation methods in the cat".

Exp. Brain Res., 10: 219-235.

IRVING, R. y HARRISON, J.M. (1967).

"The superior olivary complex and audition: A comparative study".

J. Comp. Neurol., 130: 77-86.

JONES, R.L. (1937).

"Split nucleoli as a source of error in nerve cells counts".

Stain Technol., 12: 91-95.

KONIGSMARK, B.W.; KALYANARAMAN, U.P.; COREY, P. y
MURPHY, E.A. (1969).

"An evaluation of techniques in neuronal population estimates: The sixth nerve nucleus".

The Johns. Hopkins Med. J., 125: 146-158.

KONIGSMARK, B.W. (1970).

"Methods for the counting of neurons".

En "Contemporary Research Methods in Neuroanatomy". (Ed. por W.J.H. Nauta y S.O.E. Ebbessons). Springer. Heidelberg-Berlin-New York. Pags. 313-340.

KRIEBEL, R.M. (1975).

"Neurons on the dorsal lateral geniculate nucleus of the albino rat".

J. Comp. Neurol., vol. 159 - nº 1: 45-68.

KRIEG, W.J.S. (1946a).

"Connections of the cerebral cortex. I. The albino rat. A. Topography of cortical areas".

J. Comp. Neurol., 84: 221-275.

KRIEG, W.J.S. (1946b).

"Connections of the cerebral cortex. I. The albino rat.

B. Structure of the cortical areas".

J. Comp. Neurol., 69: 371-379.

KRIEG, W.J.S. (1946).

"Connections of the cerebral cortex. 2. The albino rat. B. structure of the cortical areas".

J. Comp. Neurol., 84: 221-276.

KUPFER, C. (1965).

"The distribution of cell size in the lateral geniculate nucleus of man following transneuronal cell atrophy".

J. Neuropathol. exp. Neurol. Vol., XXIV: 653-661.

LAND, P.W.; POLLEY, E.H.; KERNIS, M.M.

"Patterns of retinal projections to lateral geniculate - nucleus and superior colliculus of rats with induced unilateral congenital eye defects".

Brain Res 103 (2): 394-399.

LASHLEY, K.S. (1934a).

"The mechanism of vision. V. The structure and image-forming power of the rats eye".

J. Comp. Psychol. 13: 173-200.

LASHLEY, K.S. (1954).

"The mechanism of vision. VIII. The projection of the retina upon the primary optic centres in the rat".

J. Comp. Neurol., 13: 343-352.

LASSEK, A.M. y RASMUSSEN, G.L. (1938).

"A quantitative study of the newborn and adult spinal cords of man".

J. Comp. Neurol., 69: 371-379.

LASSEK, A.M. (1940).

"The human pyramidal tract. II. A numerical investigation of the motor area".

Arch. Neurol. Psychiat., 44: 718-724.

LE GROS CLARK, W. y PENMAN, G. (1934).

"The projection of the retina on the lateral geniculate body".

Proc. Roy. Soc. vol., 114, p. 291 - 302.

LIEBERMAN, A.R. (1973).

"Neurons with presynaptic perikarya and presynaptic dendrites in the rat lateral geniculate nucleus".

Brain Res. vol., 59: 35-60.

LIEBERMAN, A.R. (1974).

"Comments on the fine structural organization of the dorsal lateral geniculate nucleus of the mouse".

Z. Anat. Entwickl. Ges. vol. 145 - nº 3: 261-168.

LIEBERMAN, A.R.; WEBSTER, K.E. (1974).

"Aspect of synaptic organization of intrinsic neurons in dorsal lateral geniculate-nucleus. Ultrastructural study of normal and of experimentally deafferented nucleus in rat".

J. Neurocyt. 3(6): 677 - 689.

MARRABLE, A.W. (1962).

"The counting of cells and nuclei in microtome sections".
Quart. J. Micr. Sci., 103: 331-347.

MIHAILOVIC, L.I.; CUPIC, D. y DEKLEVA, N. (1971).

"Changes in the numbers of neurons and glial cells in the lateral geniculate nucleus of the monkey during retrograde cell degeneration".

J. Comp. Neurol. vol., 142, nº 2: 223-230.

MINKOWSKI, M. (1913).

"Experimentelle untersuchungen über die beziehungen der grosshirnrinde und der netzhaut zu den primären optischen zentren. Besonders zum corpus geniculatum externum".

Arb. Hirnanat. Inst. Zürich., 7: 255-362.

MONTERO, V.M.; BRUGGE, J.F. y BEITEL, R.E. (1968).

"Relation of the visual field to the lateral geniculate body of the albino rat".

Journal of Neurophysiology., 31: 221-226.

MONTERO, V.M. y GUILLERY, R.W. (1968).

"Degeneration in the dorsal lateral geniculate nucleus of the rat following interruption of the retinal or cortical connections".

J. Comp. Neurol., 134: 211-242.

NAUTA, W.J.H. y BUCHER, V.M. (1954).

"Efferent connections of the striate cortex in the albino rat".

J. Comp. Neurol., 100: 257-287.

NAVASCUES, J.; ALMENDROS, A. y ABADIA-FENOLL, F. (1979).

"Descripción de un método para la valoración de la retracción tisular".

Morfol. Norm. Patol., Sec.A, 3: 107-114.

NIIMI, K.; HARADA, I.; KUSAKA, Y. y KISHI, S. (1962).

"The ontogenetic development of the diencephalon of the mouse".

Tokushima Journal of Experimental Medicine., 8: 203-238.

NIIMI, K.; KANASEKI, T. y TAKINOTO, T. (1963).

"The comparative anatomy of the ventral nucleus of the lateral geniculate in Mammals".

J. Comp. Neurol. vol., 121: 313-324.

PAPPENHEIM, A. (1899).

"Vergleichende untersuchungen über die elementare zuzammensetzung des rothen Knochenmarkes einige säugethiere".

Virchow Arch. f. path. Anat., 157: 19 - 33 .

PETERS, A. y PALAY, S.L. (1966).

"The morfology of laminae A and A₁ of the dorsal nucleus of the lateral geniculate body of the cat".

J. Anat. vol., 100: 451-486.

PETERS, A y FELDMAN, M.L. (1976).

"The projection of the lateral geniculate nucleus to area 17 of the rat cerebral cortex. I. General descripción".

J. Comp. Neurol. -vol. 5- nº 1: 63-84.

POWELL, T.P.S.; GUILLERY, R.W. y COWAN, W.M. (1957).

"A quantitative study of the fornix -mamillo- thalamic system".

J. Anat., 91: 419-435.

PUTNAM, T.J. y PUTNAM, I.K. (1926).

"Studies on the central visual system. I. The anatomic projections of the retinal quadrants on the striate cortex of the rabbit".

Arch. Neurol. Psychiat., 16: 1-20.

PUTNAM, T.J. (1926).

"Studies on the central visual system. II. A comparative study of the form of the geniculo-striate visual system of mammals".

Arch. Neurol. and Psychiat. vol., 16: pag. 285 - 299.

PUTNAM, T.J. (1926).

"Studies on the central visual connections. III. The general relationships between the external geniculate body, optic radiation and visual cortex in man: report of two cases!".

Arch. Neurol. Psychiat., 16: 566-596.

RAFOLS, J.A. y VALVERDE, F. (1972).

"Fine structure of the lateral geniculate nucleus of mouse".

Anat. Rec., 172: 389 - 397.

RAFOLS, J.A. y VALVERDE, F. (1973).

"The structure of the dorsal lateral geniculate nucleus in the mouse. A Golgi and Electron Microscopic study".

J. Comp. Neurol., vol. 150, nº 3: 303-332.

RALSTON, H.I. y CHOW, K.L. (1973).

"Synaptic reorganization in the degenerating lateral geniculate nucleus of the rabbit".

J. Comp. Neurol. vol., 147, nº 3: 321-350.

RAMON Y CAJAL, S. (1911).

"Histologie du systeme nerveux de l'homme et des vertebres".

Ed. Norbert Maloine.

RIBAK, C.E. y Col. (1975).

"An autoradiographic study of the projections from the lateral geniculate body of the rat".

Brain Res., 92(3): 341-368.

RIOS, A. (1977).

"Estudio y relaciones de la heterocromatina asociada al nucléolo en neuronas de ratón".

Tesis doctoral. Univ. de Granada. Facul. de Ciencias. Nº 156.

RIOS, A. y ABADIA, F. (1977).

"Indices de relación entre los tamaños del nucléolo y su heterocromatina asociada. Estudios en Núcleos del bulbo del ratón albino".

Trab. Inst. Cajal Inv. Biol., 68: 223-238.

RIOS, A.; OSTOS, M.V. ; PEINADO, M.A. y ABADIA, F. (1979).

"Influencia de diferentes procedimientos tintoriales sobre determinaciones cuantitativas en el Núcleo geniculado lateral dorsal del ratón".

Morfol. Norm. Patol., Sec-A, En prensa.

ROJAS, J.A.; MONTERO, V.M. y ROBLES, L. (1964).

"Organización funcional de la corteza visual de la rata. VI". Congreso de la Asociación Latinoamericana de las Ciencias Fisiológicas. Vina del Mar, Chile. (Cited by Montero; Guillery).

ROSE, M. (1929).

"Cytoarchitektonischer Atlas der Grosshirnrinde der Maus".

J. Psychol. Neurol., 40: 1-51.

ROSIVAL, A. (1898).

"Ueber geometrische gesteinsanalysen".

Verhandl. K.K. Reichsamt Wien., 6: 143-175.

RYZEN, M. (1956).

"A microphotometric method of cell enumeration within the cerebral cortex of man".

J. Comp. Neurol., 104: 233-245.

SCHOBBER, W. y BRAUER, K. (1973).

"Qualitative und quantitative untersuchungen am corpus geniculatum laterale (Cgl) der laborratte. II. Quantitative untersuchungen an den neurotypen des Cgl".

J. Hirnforsch., 14: 463-471.

SULLIVAN, P.R.; KUTEN, J.; ATKISON, M.S.; ANGEVINE, J.B. y YAKOVLEV, P.I. (1958).

"Cell count in the lateral geniculate nucleus of man"

Neurol., 8: 566-567.

SZENTAGOTHAI, J. (1963).

"The structure of the synapse in the lateral geniculate body".

Acta. anat. (Basel)., 55: 166-185.

TABOADA, R.P. (1927).

"Note sur la structure du corps genouille externe".

Trab. Lab. Invest. Biol. Univ. Madrid., 25: 319-329.

TELLO, F. (1904).

"Disposición macroscópica y estructura del cuerpo geniculado externo".

Trab. d. lab. de Invest. biol. Univ. de Madrid. vol., 3: p.39-62.

THOMPSON, H.B. (1899).

"The total number of functional cells in the cerebral cortex of man the percentage of the total volumen of the cortex composed of nerve cell bodies, calculated from Karl Hammarberg's data; together with a comparison of the number of giant cells with the number of pyramidal fibers".

J. Comp. Neurol., 9: 130-140.

TOWER, D.B. (1954).

"Structural and functional organization of mammalian cerebral cortex: The correlation of neurone density with brain size".

J. Comp. Neurol., 101: 19-51.

TSANG, Y.C. (1937).

"Visual centers in blinded rats".

J. Comp. Neurol., 66: 211-262.

VON ECONOMO, C.F. y KOSKINAS, G.N. (1925).

"Die Cytoarchitektonik der hirnrinde des erwachsenen Menschen".

Springer. Berlin-Heidelberg-New York.

WALLER, W.H. y BARRIS, R.W. (1937).

"Relationships of thalamic nuclei to the cerebral cortex in the cat".

J. Comp. Neurol., 67: 317-339.

WEIBEL, E.R. y ELIAS, H. (1967a).

"Introduction to stereology and morphometry".

En "Quantitative methods in Morphology" (Ed. por Weibel, E.R. y Elias, H) Pags. 3-19. Springer. Berlin-Heidelberg-New York.

WEIBEL, E.R. y ELIAS, H. (1967b).

"Introduction to stereologic principles"

En "Quantitative Methods in Morphology". (Ed. por Weibel, E.R. y Elias, H). Pags. 89-98. Springer. Berlin-Heidelberg-New York.

WERNER, L. y KRUGER, G. (1973).

"Qualitative und quantitative untersuchungen am Corpus geniculatum laterale (Cgl) der laborratte. III. Differenzierung von projektions und interneuronen im Nissl-präparat und deren topographie".

Z. mikrosk. anat. Forsch. vol., 87: 701-729.

WILSON, M.E. y CRAGG, B.C. (1967).

"Projections from the lateral geniculate nucleus in the cat and monkey".

J. Anat., 101: 677-692.

WINKLER, C. y POTTER, A. (1914).

"A anatomical guide to experimental researches on the cat's brain".

Versluys. Amsterdam.

WONG-RILEY, M.T.T. (1972).

"Neuronal and synaptic organization of the normal dorsal lateral geniculate nucleus of the squirrel monkey, *Saimiri sciureus*".

J. Comp. Neurol. vol., 144, nº 1: 25-60.

WONG-RILEY, M.T.T. (1972).

"Terminal degeneration and glial reactions in the lateral geniculate nucleus of the squirrel Monkey after eye removal".

J. Comp. Neurol. vol., 144, nº 1: 61-92.

WOOLLARD, H.H. y BEATTIE, J.

"The comparative anatomy of the lateral geniculate body".

J. Anat. (Lond) 61: 414-423.