

1 9 9 1 - B

CODIGO: 084548847

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

---

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



CARACTERIZACION DE LAS NEURONAS DEL NUCLEO ARCUATO  
HIPOTALAMICO DURANTE LA FASE REPRODUCTIVA DEL  
CICLO ESTRAL DE LA RATA.

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

LICENCIADO EN BIOLOGIA

P R E S E N T A

GABRIELA BARAJAS LOPEZ

GUADALAJARA, JALISCO. 1993

CARACTERIZACION DE LAS NEURONAS  
DEL NUCLEO ARCUATO HIPOTALAMICO  
DURANTE LA FASE REPRODUCTIVA  
DEL CICLO ESTRAL DE LA RATA.

A mis padres por su apoyo incondicional  
y por haberme inculcado el deseo de su-  
peración en la vida.

A Ignacio González Burgos por ser la  
guía en mi formación profesional y  
por haber creído en mí.

A María de la Luz Miranda Beltrán y  
a Esther Olvera Cortéz por su cola-  
boración en el desarrollo de mi te-  
sis.

A la Universidad de Guadalajara mi  
más profundo reconocimiento y res-  
peto.

A mis amigos mi más grato recuerdo.

Esta Tesis fue realizada en las  
instalaciones de la Facultad  
de Ciencias Biológicas de  
la Universidad de Guadalajara  
y en las instalaciones de la  
Unidad de Investigación Biomédica  
de Occidente del Instituto  
Mexicano del Seguro Social.

# INDICE

ANTECEDENTES	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
HIPOTESIS	7
OBJETIVO GENERAL	8
OBJETIVOS ESPECIFICOS	8
MATERIAL Y METODOS	9
RESULTADOS	12
DISCUSION	14
CONCLUSIONES	17
BIBLIOGRAFIA	18
FIGURAS	25

## ANTECEDENTES

El hipotálamo es una región encefálica que se encuentra localizada en la zona más rostral del diencefalo, por debajo del surco hipotalámico, que está constituido por diversas regiones que forman las paredes del tercer ventrículo (15).

El hipotálamo interviene en actividades funcionales como la regulación de la temperatura corporal, la expresión emocional y la regulación hormonal, entre otras (15). En estas se ha demostrado la participación de diferentes núcleos hipotalámicos que actúan de manera coordinada para el cumplimiento de dichas funciones.

Desde el punto de vista anatómico, el hipotálamo está dividido en cinco áreas: área anterior, área tuberal, área mamilar, área lateral y área dorsal; cada una de estas áreas está constituida por diferentes núcleos (13).

El área anterior está compuesta por los núcleos paraventricular, supraquiasmático y preóptico medial, principalmente; en el área mamilar se localizan los núcleos mamilar medial, premamilar dorsal y premamilar ventral, principalmente; en el área lateral se localizan los núcleos supraóptico, tuberal medial y tuberal lateral, principalmente; en el área dorsal se localizan los núcleos paraventricular rostral, paraventricular

dorsal y tuberal dorsal, principalmente; y en el área tuberal están localizados los núcleos ventromedial, dorsomedial y el núcleo arcuato, principalmente; este último se localiza a lo largo de la porción ventromedial del tercer ventrículo y en dirección rostrocaudal de este último. Además se extiende formando la pared ventricular hasta la región mamilar. En su porción más caudal se entremezcla parcialmente con las neuronas del núcleo dorsomedial (13).

Se ha demostrado que muchos de los axones neuronales del núcleo arcuato se proyectan hacia la capa externa de la eminencia media del hipotálamo, región que contiene los capilares del sistema porta, el cual representa uno de los dos sistemas de transporte de las células neurosecretoras; las cuales se conoce que elaboran y transportan sustancias neuroactivas liberadoras de hormonas hipofisiarias (3).

Acercas de la estructura de las células del núcleo arcuato se conoce poco, pero se ha descrito que las neuronas más comunes en el núcleo arcuato son células bipolares y unipolares pequeñas o de tamaño medio, y polimórficas que de manera poco frecuente tienen más de dos troncos dendríticos principales y que además poseen un delgado axón (19).

En otros estudios se ha descrito la presencia de tres principales tipos de células neuronales en el

núcleo arcuato de la rata adulta (26); estos tipos celulares han sido descritos en términos muy generales de acuerdo a los patrones de ramificación dendrítica y a la presencia o ausencia de espinas dendríticas; dos de estos tres tipos de células se han subclasificado de manera que se han descrito un total de cinco tipos diferentes de células: a) células monopolares: poseen un cuerpo celular con un diámetro de 15  $\mu\text{m}$ , con la presencia de una dendrita y tronco con superficie lisa sin ramificaciones "bien diferenciadas"; b) células bipolares: presentan dos troncos dendríticos y un diámetro somático de 15-20  $\mu\text{m}$ ; estas células se subdividen en: bipolares ramificadas y bipolares no ramificadas; las primeras poseen espinas principalmente en la parte terminal de las dendritas y sus axones ocasionalmente presentan varicosidades, en tanto que las no ramificadas no presentan espinas dendríticas; c) células multipolares: existen dos subtipos de estas células; las multipolares pequeñas y las multipolares grandes; las multipolares pequeñas tienen un diámetro somático de 15-20  $\mu\text{m}$  y poseen además espinas dendríticas; además presentan un máximo de tres troncos dendríticos; las grandes, presentan más de tres troncos dendríticos con un cuerpo celular de 25  $\mu\text{m}$  de diámetro y además poseen espinas dendríticas.

Funcionalmente el núcleo arcuato tiene una



participación activa en la regulación de la secreción de diversas hormonas relacionadas con la función sexual (8), así como en la organización de algunos componentes conductuales de la misma (28).

Por otro lado, el núcleo arcuato hipotalámico es el blanco principal de la acción neurotóxica del L-glutamato monosódico (GMS) (1), lo que resulta en desordenes en la función neuroendocrina con las consecuentes perturbaciones metabólicas y reproductivas (1). Se ha reportado que la administración de GMS a ratas hembras provoca alteraciones en el ciclo estral (27) y una marcada disminución en el contenido de hormona luteinizante (LH) (27), lo que sugiere que se producen alteraciones en el sistema hipotálamo hipofisiario para liberar hormonas gonadotróficas (10, 18, 25).

Las neuronas del núcleo arcuato constituyen una de las zonas blanco de los esteroides gonadales (29); y se ha demostrado que este núcleo contribuye significativamente en la regulación de secreciones gonadotróficas (28).

Un indicador de la regulación hormonal de la función sexual lo constituye la evaluación del ciclo estral (2); el cual en la rata consta de cuatro estadios (24); proestro, estro, metaestro y diestro (Fig. 1). El proestro esta relacionado fisiológicamente con el

crecimiento folicular; histológicamente se encuentran en el epitelio vaginal células completas, nucleadas, pequeñas y redondas; este estadio tiene una duración aproximada de 12 h. El estro se relaciona fisiológicamente con la maduración del huevo e histológicamente se encuentran células cornificadas, no nucleadas y típicamente rotas; este estadio también tiene una duración de 12 h. y durante su transcurso la hembra es sexualmente receptiva, lo que significa que es el período en el cual es viable el apareamiento y por lo tanto también es viable la fecundación del ovocito. El metaestro fisiológicamente está relacionado con la ovulación e histológicamente, se observa un gran número de leucocitos y desaparecen las células cornificadas; este estadio tiene una duración de 21 h. El diestro, en un frotis vaginal se caracteriza por la presencia de poco material biológico, se observan pocos leucocitos y preponderantemente material fibroso; este estadio tiene una duración de 57 h.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El núcleo arcuato es una región hipotalámica que, en los mamíferos participa en la organización de diversas actividades funcionales tanto neuroendocrinas como conductuales. Así mismo, existen diferencias estructurales entre las neuronas que constituyen el núcleo arcuato. Sin embargo, estos patrones estructurales no han sido plenamente caracterizados y el hacerlo es importante dado que permitiría la realización de estudios cuantitativos respecto a posibles modificaciones citomorfológicas en las neuronas de dicho núcleo, observables bajo condiciones experimentales específicas.

## HIPOTESIS

Si en el núcleo arcuato del hipotálamo de la rata existen varias estirpes neuronales de acuerdo a parámetros morfológicos previamente definidos, luego entonces la caracterización morfométrica de estas, es posible mediante un estudio cuantitativo a partir de la impregnación argéntica de tales neuronas.

## OBJETIVO GENERAL

Contribuir al conocimiento de la citoarquitectura de las neuronas constituyentes del núcleo arcuato hipotalámico de ratas hembras adultas durante el estadio de estró de su ciclo reproductivo.

## OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Realizar la medición del eje mayor y menor del soma neuronal.
2. Establecer la ausencia, presencia y número de espinas perisomáticas.
3. Cuantificar las dendritas primarias, secundarias, etc.
4. Cuantificar la densidad de espinas dendríticas.
5. Medir la extensión lineal de las dendritas.

## MATERIAL Y METODOS

Se utilizaron 12 ratas Wistar, hembras, adultas; las cuales se mantuvieron bajo condiciones controladas de bioterio (12 x 12 h de luz/obscuridad) con agua y alimento a libre acceso.

Se realizaron citologías vaginales diariamente, mismas que fueron procesadas por medio de la técnica de Papanicolaou (20). Posteriormente se observaron al microscopio de luz y en cuanto los animales se encontraron en el período de estro, inmediatamente se procedió a su sacrificio.

La fijación del cerebro se realizó bajo anestesia con eter, por medio de una perfusión intracardiaca de dos soluciones sucesivas: una solución lavadora a base de amortiguador de fosfato de sodio monobásico y fosfato de sodio dibásico a un pH de 7.4 y una concentración de 0.1M, con 1g/lt de heparina sodica y 1000 U.I./lt de hidrocloreuro de procaína (4). Este lavado vascular se realizó con una duración de tres minutos.

La solución fijadora contuvo formaldehído al 10% en amortiguador de fosfato de sodio monobásico y fosfato de sodio dibásico; y su perfusión, por la misma vía, tuvo una duración de 10 minutos. Ambas soluciones fueron perfundidas a una presión de 140 cm. de agua (4).

Inmediatamente despues se procedió a realizar la

craneotomía y se obtuvieron fragmentos del hipotálamo que contuvieran al núcleo arcuato (21); estos bloques fueron pos-fijados en 50 ml/bloque de solución fijadora similar a la perfundida, y sometidos posteriormente a la realización de la técnica de impregnación metálica de Golgi modificada (7). Se realizaron cortes coronales en un microtomo de deslizamiento de 100-150  $\mu$ m de espesor, se montaron entre dos cubreobjetos con resina sintética y se observaron en el microscopio de luz.

Se identificaron los distintos tipos de neuronas así como otros existentes posibles, y mediante el uso de una cámara clara y un ocular graduado, se procedió a la cuantificación y medición de las diferentes estructuras neuronales del núcleo arcuato, las cuales se realizaron de la siguiente manera (Fig. 2): para la medición del eje mayor y menor del soma de las neuronas, se utilizó un ocular graduado; el cual tiene una escala del 0 al 10, posteriormente se realizó una conversión de esta escala respecto al objetivo utilizado (40X), que en este caso fue de un valor de 19.3, de manera que el resultado final estuvo dado en micrómetros lineales. Para la medición de la extensión lineal dendrítica, se utilizó el método de Bok (11) (Fig. 3). Se consideró diferencialmente la extensión de las dendritas primarias, secundarias y terciarias. La densidad de espinas dendríticas fue cuantificada por observación

directa en toda la longitud de las dendritas (Fig. 2).

Los datos morfológicos característicos de las neuronas fueron expresados en medidas estadísticas tanto de tendencia central como de dispersión (media aritmética y desviación estándar).



## RESULTADOS

Se esclareció la existencia (Fig. 4) y la caracterización (Tabla 1) de las neuronas monopolares ramificadas (Fig. 5b), las cuales mostraron una ramificación dendrítica secundaria, con la presencia de espinas tanto en la dendrita primaria como en la dendrita secundaria.

Así mismo, se observaron de dos a tres espinas perisomáticas en solo cinco de las veinte neuronas monopolares ramificadas estudiadas (Tabla 1).

Las neuronas monopolares no ramificadas (Fig. 5a) presentaron un eje mayor y un eje menor de  $18.5 \pm 4.5 \mu\text{m}$  y  $10.3 \pm 1.4 \mu\text{m}$  respectivamente, en tanto que la densidad tanto de espinas perisomáticas como dendríticas fue muy baja (Tabla 1).

El eje mayor y menor del soma de las neuronas bipolares no ramificadas (Fig. 5c) fue de  $16.9 \pm 3.0 \mu\text{m}$  y  $10.3 \pm 1.4 \mu\text{m}$  respectivamente, en tanto que su densidad de espinas perisomáticas así como su incidencia, fueron muy bajas (Tabla 1). Además se demostró la presencia de espinas dendríticas.

Las neuronas bipolares ramificadas (Fig. 5d) presentaron un eje mayor de  $15.4 \pm 3.2 \mu\text{m}$  y un eje menor de  $9.8 \pm 1.2 \mu\text{m}$ , en tanto que el número de espinas perisomáticas así como su incidencia, fueron muy bajas.

Este tipo de neuronas mostraron tanto dendritas secundarias como terciarias, las cuales presentaron un número de espinas muy bajo cuya incidencia en este tipo de neuronas se presentó también baja (Tabla 1).

En las neuronas multipolares grandes (Fig. 5e) el eje mayor del soma fue de  $17.8 \pm 1.8 \mu\text{m}$  y el eje menor de  $11.1 \pm 1.8 \mu\text{m}$  y al igual que en las demás estirpes neuronales el número de espinas perisomáticas, espinas dendríticas primarias, secundarias y terciarias fue muy bajo y su incidencia fue variable (Tabla 1).

En las neuronas multipolares pequeñas (Fig. 5f), las dimensiones del eje mayor del soma fueron de  $14.9 \pm 2.7 \mu\text{m}$ , en tanto que en el eje menor fueron de  $9.9 \pm 1.3 \mu\text{m}$ . En este tipo de neuronas se observó la presencia de dendritas tanto secundarias como terciarias con presencia de espinas muy escasas y de incidencia variable (Tabla 1).

## DISCUSION

En el presente trabajo se estableció la citoarquitectura normal de las neuronas del núcleo arcuato hipotalámico de la rata Wistar hembra durante su fase reproductiva (período estral). Previamente se han realizado descripciones citoarquitectónicas de este núcleo (13, 22, 26); sin embargo, no se tiene un estudio morfológicamente completo desde el punto de vista de sus estructuras neuronales.

Además de los cinco tipos de neuronas descritas previamente (26), en este estudio se identificó claramente la presencia de neuronas monopolares ramificadas, de las cuales ya se había sugerido su existencia, aunque no de manera contundente (26). En tal estudio no se describió la presencia de espinas tanto dendríticas como perisomáticas en las neuronas descritas como monopolares no ramificadas, así como en neuronas bipolares no ramificadas. Tales observaciones no concuerdan con las descripciones de tales neuronas, en el presente trabajo. Esta discrepancia pùdiera ser debida a la técnica empleada, ya que se sabe que las técnicas de cromato de plata tienen la ventaja de impregnar estructuras finas, tales como espinas dendríticas, en relación con el método de Golgi-Cox (técnica de impregnación empleada en tal estudio) (23).

que es menos adecuado para impregnar arborizaciones axónicas, terminales, así como espinas dendríticas (22,23).

De acuerdo a su localización topográfica en el núcleo arcuato (26), las neuronas monopolares ramificadas y las monopolares no ramificadas, pudieran ser neuronas que utilizan neuropéptido Y como neurotransmisor (9), mientras que las neuronas bipolares no ramificadas pudieran ser dopaminérgicas (16, 17). En relación a los otros tres tipos de neuronas caracterizadas en el núcleo arcuato, no existen reportes que permitan establecer alguna posible correlación bioquímico-estructural. En virtud de ello, se requieren estudios inmunohistoquímicos de doble marcaje, a fin de llegar a conclusiones mas contundentes en este sentido.

Fisiológicamente, el núcleo arcuato participa de manera activa en la regulación de la liberación hormonal por la glándula pituitaria (12).

Se ha demostrado que en este núcleo existe un dimorfismo sexual determinado hormonalmente (5, 6, 14), así como la existencia de variaciones en la conectividad sináptica de dicho núcleo durante el ciclo estral en hembras, y específicamente en la fase de estro (14).

Estos cambios plásticos normales que se suscitan en el núcleo arcuato pudieran ser estudiados más integralmente en virtud del conocimiento de la

citoarquitectura de las neuronas que lo constituyen. aportado por el presente trabajo. Por lo que estos datos representan elementos de juicio adicionales en la realización de estudios posteriores para caracterizar los cambios morfológicos neuronales del núcleo arcuato, bajo condiciones determinadas experimentalmente.

## CONCLUSIONES

1. Se logró describir la citoarquitectura de las neuronas constituyentes del núcleo arcuato hipotalámico de ratas hembras adultas, durante su fase reproductiva.
2. Se estableció la existencia de neuronas monopolares ramificadas en el núcleo arcuato hipotalámico de la rata.
3. La caracterización citoarquitectónica de las neuronas del núcleo arcuato es un hecho importante ya que representan elementos de juicio importantes para la realización de estudios a realizar bajo condiciones experimentales específicas.

## BIBLIOGRAFIA

1. Dawson, R., Simpkins, J.R. and Wallace, D.R. Age and dose-dependent effects of neonatal monosodium glutamate (GMS) administration to the female rats. *Neurotoxicol. Teratol.* 11: 331-337. 1989.
2. Del Angel Meza, A.R., González-Burgos, I. and Martínez-Huerta, M.E. Estrous cycle and gestation of protein-restricted and corn-fed rats. (Enviado a publicacion).
3. Everitt, B.J., Meister, B., Hokfelt, T., Terenius, L., Rokaeus, A., Norheim, E.T., Dockray, G., Edwardson, J., Cuello, C., Elde, R., Goldstein, M., Hemmings, H., Ouimet, Ch., Walaas, I., Greengard, P., Vale, W., Weber, E., Wu, J. and Chang, K. The hypothalamic arcuate nucleus median eminence complex: Immunohistochemistry of transmitters, peptides and DARPP-32 with special reference to coexistence in Dopamine neurons. *Brain. Res.* 11: 97-155. 1986.
4. Feria-Velasco, A. and Karnovsky, M. Optima preservación ultraestructural del sistema nervioso central por perfusión intravascular con glutaraldehído. *Arch. Inv. Med.* 1: 201-220. 1970.

5. García-Segura, L.M., Baetens, D. and Naftolin, F., Sex differences and maturational changes in arcuate nucleus neuronal plasma membrane organization . Dev. Brain. Res. 19: 146-149. 1985.
6. García-Segura, L.M., Perez, J. Tranque, P.A., Olmos, G. and Naftolin, F. Sexual differentiation of the neuronal plasmic membrane: Neonatal levels of sex steroids modulate the number of exo-endocytotic images in the developing rat arcuate nucleus neurons. Neurosci. Lett. 91: 19-23. 1988.
7. González-Burgos, I., Tapia-Arizmendi, G. and Feria-Velasco, A. Golgi method without osmium tetroxide for the study of the central nervous system. Biotech. Histochem. 67: (4) 1-9. 1992.
8. Gruber, K., Degueurce, M.A., Wilkin, L.D., Mitchel, L.D. and Jhonson, A.K. Forebrain and brainstem afferents to the arcuate nucleus in the rat: potential pathways for the modulation of hypophyseal secretions. Neurosci. Lett. 75: 1-5. 1987.
9. Hisano, S., Kagotani, Y., Tsuruo, Y., Daikoku, S., Chihara, K. and Whitnall, M.H. Localization of glucocorticoid receptor in neuropeptide Y-containing



neurons in the arcuate nucleus of the rat hypothalamus. *Neurosci. Lett.* 95: 13-18. 1988.

10. Inkster, S.E. and Whitehead, S.A. Increased responsiveness of the hypothalamic-pituitary axis to the steroid feedback effects in ovariectomized rats treated neonatally with monosodium-L-glutamate. *Experientia.* 43: 606-608. 1987.

11. Kemper, T.L., Caveness, W.F. and Yakovlev, P.I. The neuronographic and metric study of the dendritic arbours of neurons in the motor cortex of *Macaca mulatta* at birth and at 24 months of age. *Brain* 96: 765-782. 1973.

12. Lamperti, A.A. and Baldwin, D.M. Effects of anterior hypothalamic deafferentation and arcuate nucleus lesions on the feedback actions of estradiol benzoate on luteinizing hormone and follicle-stimulating hormone secretion in the female hamster. *Biol. Reprod.* 28: 745-751. 1983.

13. Millhouse, O.E. A cytoarchitectonic atlas of the hypothalamus and the hypothalamic third ventricle of the rat. En: *The handbook of the hypothalamus.* Millhouse, O.E. (ed). Plenum Press, USA. pp. 141-143. 1978.

14. Naftolin, F., Garcia-Segura, L.M., Keefe, D., Leranth, C., Maclusky, N.I. and Brawer, J.R. Estrogen effects on the synaptology and neural membranes of the rat hypothalamic arcuate nucleus . Biol. Reprod. 42: 21-28. 1990.
15. Noback, Ch.R. and Demarest, R.J. El sistema nervioso humano. Fundamentos de Neurobiología. McGraw Hill. México pp. 253-254,258. 1985.
16. Okamura, H., Kitahama, K., Mons, N., Iyata, I.,youvet, M. and Geffard, M. L-Dopa-Immunoreactive neurons in the rat hypothalamic tuberal region. Neurosci. Lett. 95: 42-46. 1988.
17. Okamura, H., Kitahama, K., Nagatsu, I., and Geffard, M. Comparative topography of dopamine and tyrosine hydroxilase-immunoreactive neurons in the rat arcuate nucleus. Neurosci. Lett. 95: 347-353. 1988.
18. Olney, J.W. Excitotoxic amino acid : research applications and safety implications. En: glutamic acid: advances in biochemistry and physiology. Filer, L.J., Kare. M.R., Garattini, S., Wurtman, R.J. and Reynolds, W.A. (eds). Raven Press. New York. pp. 287-320. 1979.

19. Palkovits, A. and Zaborasky, G. Neural connections of the hypothalamus. En: The handbook of the hypothalamus. Millhouse, O.E. (ed). Plenum Press. USA. pp. 259-261. 1978.
20. Papanicolaou, G.N. New procedure for staining vaginal smears. Science 95: 438-441. 1942.
21. Paxinos, G. and Watson, Ch. The rat brain in stereotaxic coordinates. Academic Press. Australia. 1982.
22. Ramón y Cajal, S. y de Castro, F. : Elementos de técnica micrográfica del sistema nervioso. Segunda edición . Salvat Editores, S.A. Barcelona Espana. pp. 80 1972.
23. Ramon-Moliner, E. : The Golgi-Cox technique. En: Nauta, W.J.H. ,y Ebesson, S.O.E. (eds).: Contemporary Research Methods in Neuroanatomy, Springer-Verlag, New York. pp. 32-55. 1970.
24. Rivest, R.W. Sexual maturation in female rats: hereditary developmental and environmental aspects. Experientia 47: 1026-1038. 1991.

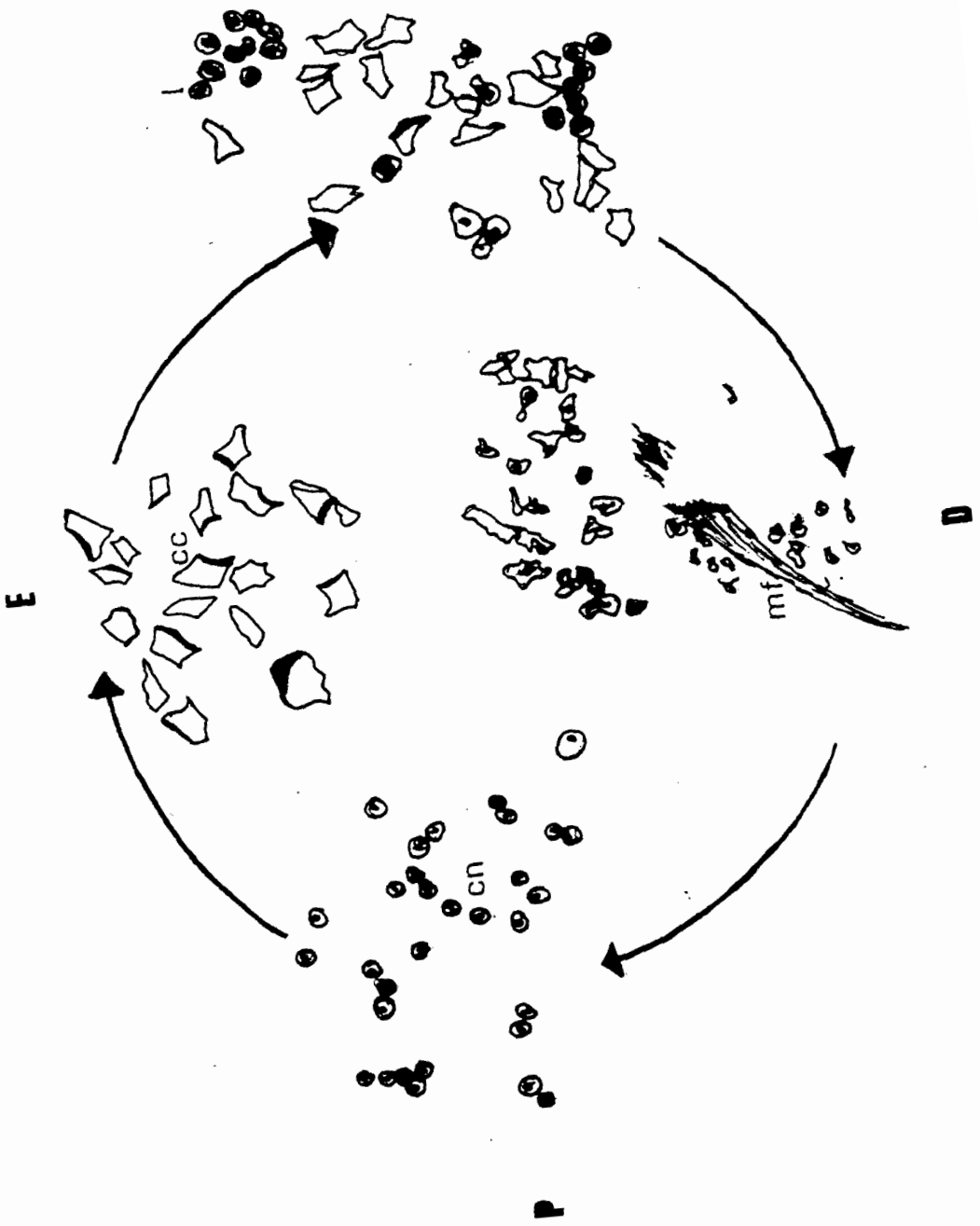
25. Rose, P.A. and Weick, R.F. Evidence for reorganization of the neuroendocrine centers regulating pulsatile LH secretion in rats receiving neonatal monosodium-L-glutamate treatment. *J. Endocrinol.* 133: 261-269. 1987.
26. Schiethart, L., Marani, E., Rietveld, W.J. and Van Ingen, J. The neuronal cell types in the arcuate nucleus in normal and monosodium glutamate treated rats: a Golgi study. *Acta Morphol. Neerl-Scand.* 21: 285-291. 1983.
27. Takasaki, Y., Msatsuzawa, W., Ikata, S., Ohara, Y., Yonatani, S. and Ichamura, M. Toxicological studies of monosodium-L-glutamate in rodents: Relationship between routes of administration and neurotoxicity. In: glutamic acid: advances in biochemistry and physiology. Filer, L.J., Kare, M.R., Garattini, S., Reynolds, W.A. and Wurtman, R.J. (eds). Raven Press, New York. pp. 255-275. 1979.
28. Van de Kar, L.D. and Lorens, S.A. Differential serotonergic innervation of individual hypothalamic nuclei and other forebrain regions by dorsal and median mid-brain raphe nuclei. *Brain. Res.* 162: 45-54. 1979.

29. Walsh, R.J., Brager, J.R. and Naftolin, F. Early post-natal development of the arcuate nucleus in normal and sexually reversed male and female rats. J. Anat. 135: 733-744. 1982.

## FIGURA 1

Dibujo realizado con cámara clara que muestra la citología de las cuatro fases del ciclo estral de la rata. E = Estro, M = Metaestro, D = Diestro y P= Proestro. l = leucocitos; mf = material fibroso; cn = células nucleadas; cc = células cornificadas.

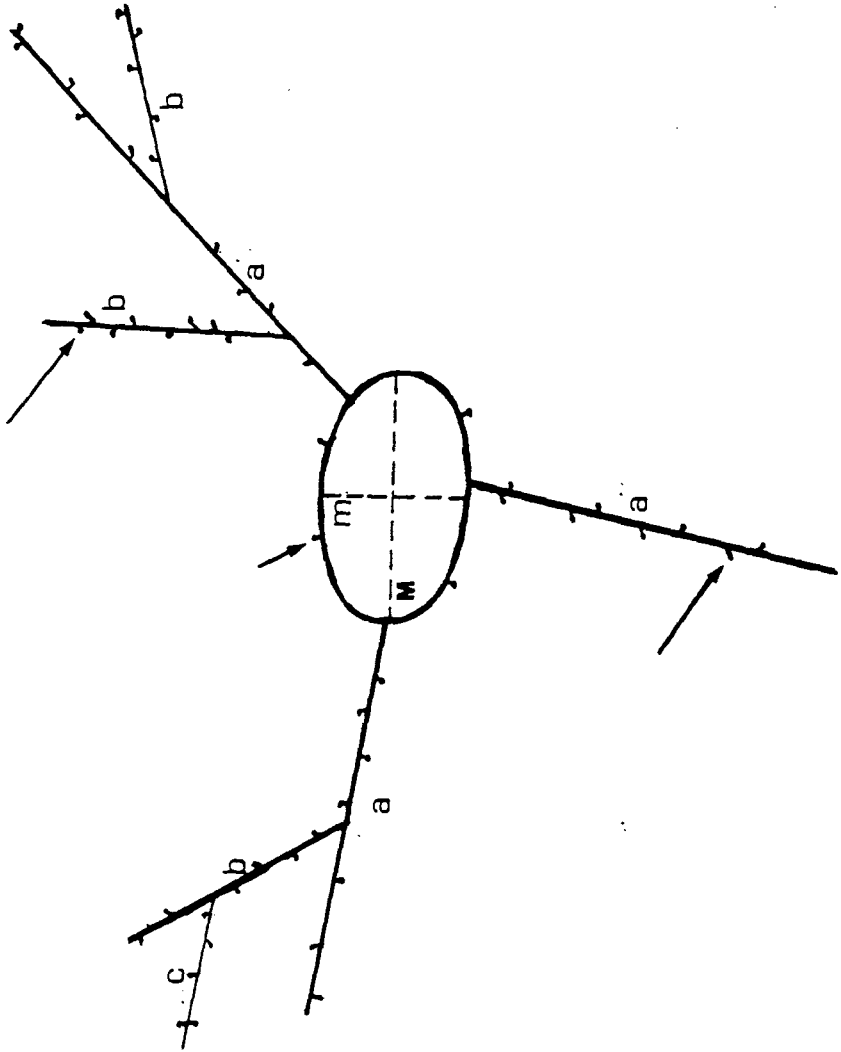
M



## FIGURA 2

Esquema ilustrativo de una neurona estilizada que muestra los diferentes componentes considerados para el estudio cuantitativo de las neuronas del núcleo arcuato de la rata. a) Dendritas primarias; b) Dendritas secundarias; c) Dendritas terciarias; m) Eje menor; M) Eje mayor; Flecha pequeña = espinas perisomáticas; Flechas grandes = espinas dendríticas.



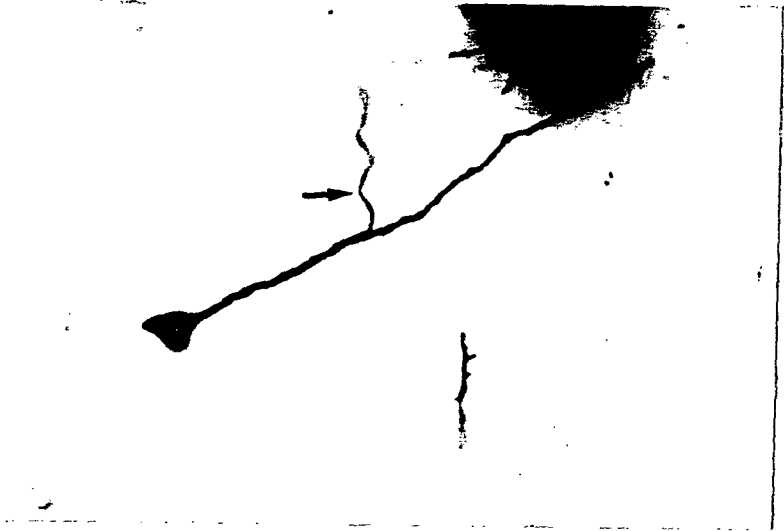


## FIGURA 3

Dibujo esquemático donde se muestra el procedimiento de medición de la extensión lineal dendrítica, de acuerdo al método de Bok (1973). a) Graduación del ocular, b) Avance del tornillo micrométrico del microscopio de luz y c) Longitud dendrítica.

## FIGURA 4

Fotomicrografía de una neurona monopolar ramificada, identificada como constituyente del núcleo arcuato hipotalámico de la rata. Flecha = ramificación dendrítica primaria. Amplificación original, 40 X.



## FIGURA 5

Dibujos realizados con cámara clara, de los diferentes tipos de neuronas identificadas en el núcleo arcuato hipotalámico de ratas hembras adultas. a = neurona monopolar no ramificada; b = neurona monopolar ramificada; c = neurona bipolar no ramificada; d = neurona bipolar ramificada; e = neurona multipolar grande; f = neurona multipolar pequeña.

TABLA 1. Valores descriptivos en micrómetros lineales ( $\bar{X} \pm DE$ ) de los parámetros estudiados en las neuronas del núcleo arcuato hipotalámico (NAH). ( $\chi$ ) = incidencia.

TIPOS DE NEURONA PARAMETROS	NMnR n = 20	NMR n = 20	NBnR n = 15	NBR n = 20	NMP n = 22	NMG n = 20
<b>SOMA</b>						
<input type="checkbox"/> EJE MAYOR	18.5 ± 4.5	11.9 ± 1.8	16.9 ± 3.0	15.4 ± 3.2	14.9 ± 2.7	17.8 ± 1.8
<input type="checkbox"/> EJE MENOR	10.3 ± 1.4	8.7 ± 1.8	10.3 ± 1.4	9.8 ± 1.2	9.9 ± 1.3	11.1 ± 1.8
<input type="checkbox"/> No. DE ESPINAS	2.5 ± 1.5(6)	2.2 ± 1.1(5)	2.5 ± 1.6(4)	2.0 ± 1.5(8)	1.5 ± 0.5(4)	2.6 ± 1.5(8)
<b>DENDRITAS</b>						
<input type="checkbox"/> PRIMARIAS						
* LONGITUD	110.3 ± 36.8	160.6 ± 83.5	90.0 ± 53.2	124.1 ± 78.5	162.5 ± 89.2	109.9 ± 55.8
* No. DE ESPINAS	17.5 ± 14.2	10.0 ± 10.7	10.7 ± 5.5	33.9 ± 31.4	41.8 ± 37.4	3.7 ± 0.6
<input type="checkbox"/> SECUNDARIAS						
* LONGITUD		56.0 ± 34.4		72.6 ± 58.6	77.9 ± 50.1	78.1 ± 47.9
* No. DE ESPINAS		7.8 ± 6.5(15)		9.6 ± 14.1	17.6 ± 16.8(19)	2.6 ± 1.8(18)
<input type="checkbox"/> Terciarias						
* LONGITUD				23.1 ± 3.8(2)	86.8 ± 57.9(4)	50.5 ± 15.4(2)
* No. DE ESPINAS				3(1)	15.2 ± 8.5(4)	7.0 ± 6.0(2)



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Expediente .....  
Número .....  
Sección .....

C. GABRIELA BARAJAS LOPEZ,  
P R E S E N T E . -

Manifestamos a usted, que con esta fecha, ha sido aprobado el tema de Tesis "CARACTERIZACION DE LAS NEURONAS DEL NUCLEO ARCUATO HIPOTALAMICO DURANTE LA FASE REPRODUCTIVA DEL CICLO ESTRAL DE LA RATA" para obtener la Licenciatura de Biología.

Al mismo tiempo le informamos que ha sido aceptado como Director de dicha Tesis el M. en C. Ignacio González Burgos.

A T E N T A M E N T E  
" PIENSA Y TRABAJA "  
" AÑO DEL BICENTENARIO "

Guadalajara, Jal., 19 de Septiembre de 1993.

EL DIRECTOR



M. EN C. JUAN LUIS CIFUENTES LEMUS

FACULTAD DE  
CIENCIAS BIOLÓGICAS  
EL SECRETARIO

BIOL. JESÚS ALBERTO ESPINOSA ARIAS

c.c.p.- M. en C. Ignacio González Burgos, Director de tesis  
pte.-  
c.c.p.- El expediente del alumno.

JLCL>JAEA>Cgr.

Al contestar este oficio dítese fecha y número



INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL

CENTRO DE INVESTIGACION BIOMEDICA DE OCCIDENTE

MAYO 26, 1993.

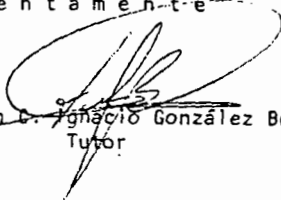
DR. JUAN LUIS CIFUENTES LEMUS  
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS BIOLÓGICAS,  
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA,  
P r e s e n t e .

Por este conducto hago constar a usted que la pasante de Biología Srta. GABRIELA BARAJAS LOPEZ, ha concluido satisfactoriamente sus actividades académico-científicas relacionadas con su Tesis de Pregrado "CARACTERIZACION DE LAS NEURONAS DEL NUCLEO ARCUATO HIPOTALAMICO DURANTE LA FASE REPRODUCTIVA DEL CICLO ESTRAL DE LA RATA", a fin de obtener el grado de Licenciado en Biología.

Así mismo, hago constar que los datos surgidos de tal investigación son científicamente confiables, por lo que avalo la impresión del documento correspondiente.

Sin más por el momento, quedo de usted como su Afmo. y S. S.

Atentamente

  
M. en C. Ignacio González Burgos  
Tutor