



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE PSICOLOGIA

PAPEL DE LAS CONEXIONES INTERHEMISFERICAS  
EN UN PROCESO DE LATERALIDAD CONDUCTUAL

Estudio de la actividad preferencial  
de la rata Wistar por un bebedero

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
LICENCIADA EN PSICOLOGIA  
PRESENTA

LIDIA CAPISTRAN HERNANDEZ

Director de Tesis: Dr. Baltazar Barrera Mera

México, D. F.

1994

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



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

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

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



FACULTAD DE PSICOLOGIA

APROBACION DEL TRABAJO ESCRITO Y CITATORIO No. DE CONTROL 009

UNIVERSIDAD NACIONAL AVENIZOLA DE MEXICO

COORDINACION DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR PRESENTE.

Habiendo sido nombrados los Sinodales del Jurado que examinarán al pasante:

LIDIA CAPISTRAN HERNANDEZ

el día del mes de 19 A LAS Hrs.

Presenta un trabajo cuyo Título es: "EL PAPEL DE LAS CONEXIONES

INTERHEMISFERICAS EN PROCESO DE LATERALIDAD CONDUCTUAL EN LA RATA"

y habiendo revisado y aprobado el mismo, manifestamos a usted que reúne los requisitos de Decoro Académico a que obligan los reglamentos en vigor para ser discutido por el Jurado.

NOMBRE DE LOS SINODALES

- 1.- DR. BALTAZAR BARRERA MERA.
2.- DR. ROBERTO PRADO ALCALA.
3.- DR. JACOBO GRINBERG ZYLBERBALM
4.- DRA. SARA EUGENIA CRUZ MORALES.
5.- DRA. MARIA CORSI CABRERA.

FIRMA DE ENTERADO DE FECHA DE EXAMEN PROFESIONAL

ACEPTACION DEL TRABAJO ESCRITO

Handwritten signatures of the jury members.

AREA CURSADA

AREA EN QUE SE TITULA

CLINICA.

PSICOFISIOLOGIA.

NOMBRE DEL ASESOR (ES)

Handwritten signature of the advisor.

DR. BALTAZAR BARRERA MERA.

ATENTAMENTE "POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU" CD. UNIVERSITARIA A DE DE 19

LA SECRETARIA ESCOLAR DE LA FACULTAD

PARA EL LOGRO DE MI CARRERA FUE PRECISO SER  
PERSEVERANTE HABERME FORMADO UN CARACTER, NO SOLO  
INTREPIDO, SINO PERSISTENTE, PACIENTE E  
INQUEBRANTABLE.

LIDIA

**AGRADECIMIENTO:**

Agradezco infinitamente a la Universidad Nacional Autónoma de México por abrir sus puertas a mi llamado, tanto como para trabajar en las labores bibliotecarias de la Facultad de Medicina, como para realizar mis estudios en la Facultad de Psicología, en donde ahora termino una etapa.

#### AGRADECIMIENTOS ESPECIALES:

Al Dr. Baltazar Barrera M., por invitarme a su laboratorio para la realización de este trabajo, por su dirección tan acertada y su experiencia en la investigación.

Al Dr. Roberto Prado A., siempre dispuesto a hacer las indicaciones y sugerencias en el trabajo de forma amena y agradable.

Al Dr. Jacobo Grinberg Z., por su sensibilidad y calidad humana y sus comentarios tan precisos.

A la Dra. Sara Eugenia Cruz M., quién con su acertada ayuda preciso muchos conceptos en este trabajo.

A la Dra. María Corsi C., por los alentadores comentarios que me hicieron valorar la calidad del presente trabajo experimental.

A mis maestros y psicoterapeutas que me ayudaron con sus enseñanzas a crecer como persona y como profesional.

A mis raíces, a mi familia de origen y desde luego muy especialmente a Ramón, sin dejar de mencionar a Iurhi y Yecatl, que con su gran creatividad infantil, sus travesuras y sus sonrisas me llenan de amor.

A mis amigas y amigos, siempre cercanos y apoyandome.

## I N D I C E

<i>Resumen</i> .....	1
<i>Introducción</i> .....	3
<i>Objetivo del Trabajo</i> .....	4
<i>Marco Teórico y Antecedentes</i> .....	5
<i>Definición de Lateralidad</i> .....	17
<i>Justificación del Estudio</i> .....	19
<i>Hipótesis</i> .....	21
<i>Material y Método</i> .....	22
<i>Procedimiento</i> .....	25
<i>Resultados</i> .....	34
<i>Discusión</i> .....	56
<i>Conclusiones</i> .....	57
<i>Aportaciones del Trabajo</i> .....	58
<i>Referencias</i> .....	59

## RESUMEN

Como otros organismos las ratas muestran una fuerte tendencia a utilizar de manera preferencial sus miembros anteriores para ejecutar una gran variedad de conductas. Al medir su manifestación para ingerir agua de un alimentador equipado con dos bebederos, se observó que en efecto tenían una conducta preferencial que puede ser derecha, izquierda o alternante. En este último caso la ingestión fue de ambos bebederos de manera equivalente.

Esta conducta preferencial mostró una fuerte tendencia que se examinó con diferentes pruebas como la de la reducción del diámetro de uno de los bebederos derecho o izquierdo.

Tampoco se alteró esta conducta al introducir un tercer bebedero con solución de cloruro de sodio.

En todos los casos (n=5) se observó que el volumen ingerido se mantuvo constante independientemente también de la distancia entre los bebederos, así como de su permanencia en aislamiento ó participando de una relación de convivencia de grupo.



Esta conducta sin embargo se modificó, invirtiéndose en todos los animales a los que se les practicó un corte lateral fuera de la línea media. Una laminilla metálica en estas condiciones separaba desproporcionalmente los hemisferios cerebrales. Es decir había dominancia contralateral desde el hemisferio que tenía una mayor cantidad de tejido.

Si el corte sólo separaba las estructuras cerebrales en la línea media siguiendo el trayecto de la comisura interhemisférica, la lateralidad o la alternancia seguía manifestándose como en las condiciones iniciales, que se obtuvieron previamente a toda variación de los parámetros experimentales.

## **INTRODUCCION**

La asimetría funcional del cerebro se asocia con diversos fenómenos. Estos van desde el control motor como uso preferencial de una de las manos (20) al análisis de la sensibilidad como la apreciación espacial; la comunicación representada por la interpretación del lenguaje y la comprensión de la palabra hablada y escrita (1,4,6,41) hasta la actividad inmune (39) entre otros fenómenos.

Diversos estudios han demostrado que los movimientos corporales voluntarios resultan de una compleja interacción de las diferentes áreas encefálicas y que la actividad de control no es ejercida de igual manera por los dos hemisferios cerebrales (5,8,13,19).

## OBJETIVO DEL TRABAJO

Debido a la gran especificidad de interacción interhemisférica cerebral en la conducta de los mamíferos, en el presente trabajo se consideró como propósito fundamental, conocer el papel de las conexiones interhemisféricas en una conducta de lateralidad preferencial y se buscó un modelo de trabajo.

Por su disponibilidad se escogió como material biológico a la rata Wistar (Fig. 1).

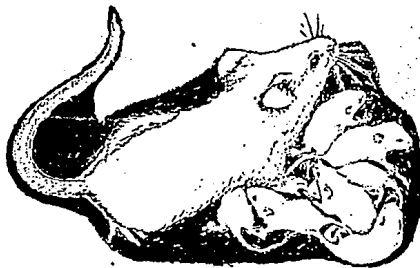


Fig. 1 .. Camadas de 7 a 16 animales fueron utilizadas para el presente trabajo.

## MARCO TEORICO Y ANTECEDENTES

Nuestros movimientos corporales al igual que en otros animales resultan de una compleja interacción de diversos sistemas neuronales de control que a nivel del encéfalo, transforman en movimientos las misteriosas señales de nuestros pensamientos y nuestras emociones. En numerosos estudios y con diversas técnicas, en varias preparaciones biológicas y modelos teóricos, el propósito ha sido orientado a definir como se organizan los complejos mandatos que controlan los movimientos voluntarios.

Históricamente, en 1691, Robert Boyle en Francia describió los efectos de una fractura de craneo con hundimiento en un hombre, que fué seguida de "parálisis muerta" del brazo y de la pierna del mismo lado del cuerpo. Al reducir la lesión y el hundimiento, desapareció dicha parálisis. Fué hasta 173 años después que, en Inglaterra, Hughlings Jackson en 1864 observó el desarrollo de crisis motoras focales en pacientes epilépticos. Desde su foco original, Jackson siguió el orden en el cual empezaban a moverse las distintas partes del organismo en crisis y eso le hizo pensar que algún tipo de alteración se estaba extendiendo sobre una región determinada específica del encéfalo, en la cual estaban representados ordenadamente los movimientos de las distintas partes del cuerpo.

Esta deducción clínica de Jackson fué confirmada en 1870 por Fristsch y Hitzig, en Alemania, quienes al estimular con breves choques eléctricos de intensidad moderada a la corteza frontal del gato y del perro provocaron movimientos de las patas del lado opuesto. Cuatro años más tarde Hitzig definió con gran exactitud los límites de esta "área motora", a partir de la cual se producían dichos movimientos en el perro y en el mono.

En el nivel más alto del sistema nervioso, se encuentran varias zonas corticales parcial o totalmente consagradas a funciones motoras. Incluyen la región situada inmediatamente por delante de la fisura de Rolando, generalmente llamada "corteza motora", así como la zona inmediata posterior a dicha fisura, que es una zona "receptora" del sistema sensitivo somático. En conjunto, estas regiones suelen denominarse corteza sensitivomotora, término que destaca satisfactoriamente el importante papel, de los sistemas sensitivos en la regulación motora cuya coordinación es consecuencia de complejos procesos de la actividad cerebelosa. Esta interesante estructura recibe señales precisas procedentes no sólo de la corteza y ganglios de la base, sino de sensores musculares, tendinosos, articulares y cutaneos, y también de órganos receptores visuales, auditivos y vestibulares: múltiple información aferente que se ofrece totalmente al servicio de las funciones motoras de tipo regulador. Esta información riquísima es analizada e integrada por una red

cortical sumamente compleja. Parten del cerebelo fibras eferentes hacia el tálamo, el núcleo rojo, los núcleos vestibulares, y la formación reticular, y mediante estas conexiones, el cerebelo influye sobre los centros motores, desde la corteza cerebral hasta las motoneuronas espinales inclusive, y coordinan la actividad de los circuitos motores a todos los niveles del sistema nervioso central (4,18,40, 42).

Las superficies corticales que corresponden a diversas partes del cuerpo son radicalmente desiguales. Las partes del cuerpo que pueden llevar a cabo movimientos finos o delicados, corresponden a una superficie cortical más extensa; aquellas otras partes cuyos movimientos son relativamente burdos, como los músculos del tronco, poseen en la corteza una representación más reducida. El área cortical que corresponde a una región determinada, se relaciona con la densidad de la inervación de esta región en la periferia. Así a partir de los resultados obtenidos en sujetos voluntarios, Penfield y Boldrey construyeron una pequeña imagen de un hombre a la que llamaron homúnculo. A esta imagen la dibujaron en forma tal que el tamaño de cada región fué proporcional a la superficie de la corteza que le correspondía. El resultado muestra a la figura humana deformada con un pulgar enorme, una cara bastante grande, y una lengua gigantesca (4,18,36).

Woolsey en 1958 (44), fué el primero en estudiar la corteza motora del animal utilizado para el presente estudio. Esa preparación ofrece la ventaja de ser lisa y sin fisuras. El fundamento de su estudio consistió en demostrar que los músculos del lado opuesto del cuerpo quedan representados en la corteza.

Los estudios de Woolsey (44), también muestran que las representaciones motoras y sensitivas somáticas forman, prácticamente, imágenes en espejo. Al igual que las funciones de control motor que fueron inicialmente conocidas en el hombre, después se conocieron en los animales de experimentación. Otras funciones complejas o hipercomplejas de los hemisferios cerebrales han sido también conocidas primeramente en el campo de la neurología clínica, en pacientes con diferentes padecimientos cerebrales. Entre ellos podemos citar a los que les había practicado la sección transversal de las comisuras interhemisféricas (pacientes con epilepsia refractaria al tratamiento farmacológico). Se ha podido constatar que cada hemisferio cerebral continúa con sus funciones de alto nivel sin el acceso a la interacción bilateral de los procesos cognitivos del hemisferio contralateral.

Del mismo modo el hemisferio izquierdo retiene por ejemplo su habilidad para controlar el habla como lo hacía antes de su separación contralateral y el derecho sólo muestra su inhabilidad para expresarse por si mismo mediante el habla o la escritura.

Por persistir intacto el quiasma óptico, en el sistema visual se ha podido observar que el hemisferio izquierdo ve objetos en el campo visual derecho utilizando uno o los dos ojos, mientras que objetos del lado izquierdo son percibidos por el hemisferio derecho.

Las interconexiones de las representaciones cerebrales para las extremidades superiores e inferiores, están también desconectadas. Así objetos percibidos por la mano derecha son identificados principalmente en el hemisferio izquierdo que también gobierna sus ajustes motores relacionados en el hemisferio de su mismo lado.

Inversamente la coordinación motora y la percepción de la mano izquierda son mediados predominantemente por el hemisferio derecho que resulta ser el hemisferio de la construcción espacial, de la comprensión del lenguaje simple, de la ideación no verbal. La cirugía suprime las funciones del hemisferio derecho sobre el lenguaje que se encuentra controlado en el hemisferio izquierdo que resulta ser el hemisferio calculador. La interacción compleja de ambos hemisferios cerebrales normalmente resulta complementaria, no antagónica sino armoniosa en la que las comisuras interhemisféricas resultan de fundamental importancia según lo demuestra la extensa literatura que para este punto se ha reportado (3,35,40).



Fleter y Jones en 1985 establecieron por ejemplo que las fibras del cuerpo calloso crecen hacia la línea media desde su origen de las neuronas piramidales de la rata hacia el día 18 de gestación atraídos por misteriosas señales moleculares pero que finalmente al nacimiento se nos muestran con una gran estructuración en la que la identificación y reconocimiento del mundo exterior tienen un papel fundamental. En este sentido las potentes señales de operación corticosubcortical, de reciprocidad sensitivo-motora, deben determinar la discriminación que se requiere en la ejecución de la actividad volitiva de estos roedores.

#### *Dominancia Cerebral*

Ciertos patrones de comportamiento parecen estar asociados con uno u otro hemisferio. Entre tales patrones se incluyen el uso preferencial de una de las manos, la interpretación del lenguaje, la comprensión de la palabra hablada y escrita, la apreciación espacial. Aproximadamente el 90% de los adultos son diestros (controlados por el hemisferio cerebral izquierdo) y más del 96% tiene sus centros del lenguaje ubicado en el hemisferio izquierdo (área motora del lenguaje; de Broca). Esto se demuestra por el hecho de que casi todos los pacientes afásicos con problemas del lenguaje presentan lesiones en el área de Broca del hemisferio izquierdo. Investigaciones adicionales en seres humanos han establecido claramente que el hemisferio izquierdo se encuentra mejor adaptado para la

expresión escrita y el lenguaje oral, así como para el cálculo analítico, tanto que el hemisferio derecho lo está sobre todo para la apreciación de las relaciones espaciales y la expresión estética y no verbal. Por consiguiente, el hemisferio izquierdo con frecuencia es llamado hemisferio principal o dominante, mientras que el derecho es el hemisferio menor. Cabe observar que en los individuos zurdos no existe un cambio de posición similar en el control de las otras formas de comportamiento mencionadas anteriormente, del hemisferio izquierdo al derecho. En la rata algunos datos de lateralidad han sido caracterizados al cuantificar la preferencia en la utilización manual.

Hernández Meza y Bures, han incluso, probado los efectos de la estimulación eléctrica cerebral sobre la conducta de lateralidad preferencial.

#### **Investigaciones sobre "cerebros separados"**

Las fibras comisurales (cuerpo calloso, comisuras anterior, posterior e hipocámpica) conectan los dos hemisferios a través de millones de axones y los efectos de su función se han conocido en individuos a quienes se les ha practicado una sección longitudinal completa del cuerpo calloso con el fin de impedir la propagación de las crisis epilépticas de un hemisferio al otro. Estos sujetos con "cerebros separados"

retienen patrones de comportamiento normales y pueden llevar a cabo sus actividades y aprenden como cualquier persona normal; sin embargo, la dominancia cerebral se puede mostrar mediante experimentos planeados cuidadosamente.

Desde 1957 el Dr. R. W. Sperry ha realizado la mayor parte de esta investigación. Si se coloca un objeto desconocido en la mano izquierda de un individuo a quién se le práctico la división cerebral y que se encuentra con los ojos vendados, este podrá determinar completamente la forma y textura del objeto por medio de la palpación, pero no podrá describirlo verbalmente o elaborar con exactitud un dibujo de este objeto con su mano derecha. No puede describirlo en forma oral debido a que el hemisferio derecho, que recibe la información sensorial que proviene del objeto, no puede comunicarse con el área del lenguaje del hemisferio izquierdo dominante.

De la misma manera, el sujeto tampoco podrá dibujar correctamente el objeto con la mano derecha debido a que la importante información espacial que recibe el hemisferio derecho no puede transmitirse al hemisferio dominante. Por lo tanto, la aparente función de las comisuras cerebrales es la integración hemisférica bilateral de la expresión escrita y oral.

Asimismo, si se llevan a cabo pruebas diseñadas cuidadosamente es posible demostrar, por medio de la información visual, la dominancia cerebral en un individuo a quien se le practicó la operación citada. Como el lector recordará, los objetos que se observan en los campos visuales izquierdos de ambos ojos, se transmiten al lóbulo occipital derecho. Una de estas pruebas consiste en que el individuo mire directamente de frente una mesa en la cual se encuentran una variedad de objetos comunes, tales como un broche para sujetar papeles, un desarmador, una botella, una llave, etc. Si durante un período de 0.1 segundos se muestra en el campo visual izquierdo una tarjeta en la cual se encuentra escrito el nombre de uno de esos objetos, el individuo responde favorablemente cuando se le solicita que retire el brazo y tome con la mano izquierda el objeto indicado en la tarjeta. Esto ocurre debido a que el hemisferio derecho recibe la señal visual, y este mismo hemisferio derecho coordina los movimientos de la mano izquierda para que tome el objeto apropiado. Incluso el individuo podría escribir en forma tosca el nombre del objeto recuperado utilizando la mano izquierda, ya que el hemisferio derecho que recibe la señal, controla la actividad de la mano izquierda.

Sin embargo, dada la imposibilidad de que el hemisferio derecho (menor) pueda comunicar su información al hemisferio izquierdo (dominante) como consecuencia de la sección de la comisura, el individuo no puede indicar verbalmente cual fué el

nombre que apareció en la tarjeta o cual fué el objeto que la mano izquierda recuperó. El hemisferio izquierdo "comunicador" no recibió la información de los actos llevados a cabo por el hemisferio derecho. De hecho, el individuo niega verbalmente haber visto en un momento dado dicha tarjeta. Asimismo, si se le pide que utilice la mano derecha para escribir el nombre del objeto recuperado con la mano izquierda, no podrá hacerlo debido a que el hemisferio izquierdo "escritor" no recibió información alguna respecto al objeto.

En años recientes se han observado resultados idénticos en individuos a los que se les ha "dividido" quirúrgicamente el cerebro por medio de una inyección de anestésicos de acción corta aplicada en la arteria carótida izquierda, la cual irriga el hemisferio izquierdo.

#### *Evaluación de las Areas Corticales Mediante Estudios de Lesiones.*

Gran parte de la información que se tiene sobre la importancia funcional de las distintas áreas corticales ha sido obtenida a partir de lesiones producidas en forma accidental o por enfermedad en la corteza cerebral humana. Por ejemplo, las lesiones en las áreas 18 y 19 no producen ceguera, ya que las señales visuales todavía llegan al área 17 y los objetos pueden ser vistos claramente, pero no se les reconoce, se les

identifica, o se les entiende. Esta situación que se conoce como agnosia visual, significa que el objeto observado "no es reconocido". Sin embargo, las lesiones que se limitan al área 17 producen ceguera fulminante.

La porción caudal de la circunvolución temporal superior, que se conoce como área de Wernicke (área 22), es importante para la comprensión de la palabra hablada. Las lesiones en esta área, principalmente en el hemisferio dominante, dejan al individuo en condiciones de escuchar normalmente, pero las palabras habladas parecen no tener ningún sentido. Estos individuos pueden hablar pero cometen errores gramaticales debido a que no comprenden sus propias palabras. Esta región recibe muchas fibras de otras áreas asociadas, incluyendo las áreas visuales (18 y 19), auditivas (41 y 52), somestésicas (5 y 7). La condición de afasia auditiva es mucho más grave si la lesión afecta ambos hemisferios, ya que el individuo queda incapacitado para comunicarse verbalmente de manera inteligible.

La circunvolución angular está ubicada en la terminación caudal de la cisura lateral que se localiza entre la circunvolución supramarginal y el área de Wernicke. Al igual que en el área de Wernicke, la circunvolución angular tiene una red de conexiones muy extensa con las áreas asociadas visuales, auditivas y somestésicas. Una lesión del área 39 en el hemisferio dominante deja al sujeto incapacitado para

comprender el lenguaje escrito. El sujeto puede ver las palabras, pero no las entiende. La imposibilidad para leer (alexia) no incapacita al individuo para que se exprese verbalmente en forma normal, pero en general también implica la imposibilidad para escribir (agrafia). La actividad de los hemisferios cerebrales en dicha conducta sugiere que las comisuras internhemisféricas tienen un papel que resultaría de interés conocer.

#### **Definiciones relativas al concepto de lateralidad**

Con el propósito de definir el concepto central de este trabajo se consultaron las definiciones que aluden a la actividad preferencial (10).

Lateral: Dícese de lo que está situado a lado de una cosa.

Dominancia: Predominio de la función de un hemisferio cerebral.

Dominancia lateral: En los actos motores uso preferente de los miembros homolaterales de órganos pares principales del cuerpo como el oído, el brazo, el ojo, la pierna, dominio de un ojo con el otro.

Dominancia cerebral: Predominio de un hemisferio cerebral sobre el otro en las funciones cerebrales demostrada por lateralidad de los actos motores voluntarios.

Lateralidad: En los actos motores voluntarios, tendencia a emplear con preferencia los miembros u órganos, como son mano, pié, oído, ojo del mismo lado.

Lateralidad cruzada: En los actos motores voluntarios uso preferencial de los miembros heterolaterales de los distintos pares de órganos como el ojo derecho y la mano izquierda.

Lateralidad dominante: En los actos motores voluntarios empleo preferencial de los miembros homolaterales de los distintos pares de órganos como el oído, la mano, pierna y ojo derecho dextralidad ó el oído, el ojo la mano y la pierna izquierda, sinistralidad.



## JUSTIFICACION DEL ESTUDIO

Estudios recientes en roedores demuestran un papel de gran precisión en el control ejercido desde los núcleos hipotalámicos (MacDonnell, 1966) supraquiasmáticos sobre su actividad locomotora a lo largo del nictámero. La actividad espontánea y precisa de esos cúmulos neuronales hipotalámicos que determina el inicio y terminación de la fase o período de actividad sugiere varias preguntas. Una de fácil exploración sería la de sus simetría funcional.

Aquí se propone como problema a resolver el análisis de los efectos de la desconexión quirúrgica interhemisférica. El objetivo fundamental del presente trabajo puede afirmarse que es doble.

Por un lado se desarrolla una técnica para obtener la preparación "Split-brain" permanente; y por otro, se plantea conocer el papel de las conexiones interhemisférica sobre una conducta de lateralidad preferencial.

## **HIPOTESIS**

Los mecanismos cerebrales de control volitivo muestran un arreglo simétrico y al parecer pueden poseer potentes tendencias a manifestar una dominancia unilateral. Y a diferencia de los primates, en los animales cerebralmente menos evolucionados, como los roedores, puede existir un control menos cortical. Esta dominancia también vista en diferentes especies en efecto ha manifestado una persistente lateralidad a lo largo de los procesos evolutivos. Tomando como parámetros fundamentales y confiables la preferencia derecha o izquierda de la rata, en este trabajo se propone que dicha preferencia depende de la organización cerebral y que la supresión de las conexiones interhemisféricas no debe modificar esa actividad.

Hipótesis concreta: La desconexión interhemisférica medial total en la rata no modifica la lateralidad preferencial en su conducta ingestiva por la elección de un bebedero.

## **MATERIAL Y METODOS**

Fueron utilizadas 209 ratas de ambos sexos en el presente trabajo. Todas se numeraron y cada una se colocó en una jaula de plástico de 32 cm de largo, 22.5 de ancho y 16 cm de alto. Se utilizaron dos bebederos por jaula. Los bebederos hechos de vidrio del núm. 7 con bordes romos con diámetro interno de 6 mm y una separación entre cada bebedero de 1 a 20 cm El volumen de cada bebedero era de 275 ml de agua potable. Se alimentaron con alimento purina Chow ad libitum. El volumen de agua ingerida en cada bebedero derecho e izquierdo se midió cada 24 horas entre 9 y 10 de la mañana. Para ese propósito se utilizó una probeta graduada (0 a 100 ml). El agua se cambiaba cada 24 horas. Todos los animales permanecieron bajo influencia del fotoperíodo natural. De 1 a 5 días después de iniciadas las observaciones los animales se definieron en su elección para beber del lado izquierdo, derecho ó de ambos.

El criterio que se tomó para llamar rata derecha ó izquierda fué que después de 5 días de iniciada la medición el volumen ingerido de cada lado no fuera nunca el mismo, como puede verse en la figura número 12.

En este caso, de 3 ratas medidas en 21 días, el mayor volumen ingerido del lado derecho (----) les dá ese carácter.

En la figura 13, puede verse el registro típico de 3 ratas con preferencia por el bebedero izquierdo, nótese que en este caso la tercera rata (C) tardó 5 días para definir su preferencia y una vez que ésta se definió jamás presentó cambios en esa conducta. Al conocer su preferencia se procedió a: 1) reducir el orificio de uno de los bebederos (n=6); 2) agregar un tercer bebedero con solución salina (n=7); 3) la separación parcial (n=7) o total (n=10) de los hemisferios cerebrales.

I.- En 197 ratas de 80 días de edad con 190 a 210 gramos de peso, de los cuales 99 eran machos y 98 hembras, se clasificó durante 20 días la preferencia en su elección por uno de los bebederos. Este fué el punto de partida sin el cual el presente trabajo no hubiera sido realizado.

Después del período control de 20 días se subdividieron en diferentes grupos en función de la intromisión de una variable.

- a) En 7 animales pertenecientes a la misma camada se probó el efecto de la adición de un bebedero con solución salina en medio de los bebederos de agua.
- b) En 6 ratas se disminuyó el diámetro externo del bebedero del lado preferencial.

- c) En un tercer grupo se probó el efecto del agrupamiento de 5 animales derechos.
- d) En el cuarto grupo (n= 6) se disminuyó la distancia entre la posición de los bebederos de 20 a 1 cm.

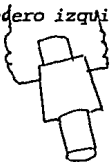
II.\_ En los 2 lotes de 10 ratas cada uno se probó el efecto de la separación quirúrgica interhemisférica parcial y total sobre su lateralidad preferencial antes citada.

Sólo en este último grupo (n=10) se utilizaron ratas jóvenes de 65.75 gramos. El resto de los lotes se tomaron de las 197 iniciales.

A estos animales se les colocó en una condición de medir sus actividades preferenciales. Para ese propósito se cuantificó una tarea de elección de un bebedero dispuesto simétricamente en su jaula a su lado derecho y otro a su izquierda. Conociendo sus hábitos preferentes, de acuerdo con el volumen ingerido en el bebedero de la izquierda y de la derecha ó de ambos, se procedió a suprimir las conexiones interhemisféricas.

Figura 2

Bebedero izquierdo



Bebedero derecho

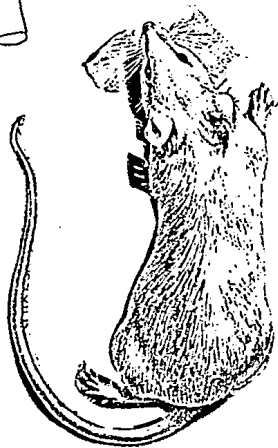


Figura 2 Rata en posición de elección

Sección sagital

Para realizar este procedimiento, primeramente se anestesió a los animales. Se utilizó una inyección intraperitoneal de pentotal sódico (Anestosal) Smith Kline, a una dosis de 15 miligramos (Fig. 3) por cada kilogramo de peso corporal del animal. En estas condiciones de sedación, los animales quedaron listos para recibir un complemento anestésico a base de una solución de eter y alcohol de 80/20 por inhalación directa. Pronto (30-60 seg.) se completó y se mantuvo el estado anestésico iniciado con el pentobarbital (Fig. 4).



Figura 3 Inyección de pentotal e inducción anestésica



*Figura 4      Mantenimiento del animal anestesiado por efectos de una inhalación de una solución alcohol-eter.*

*Inmediatamente después se rasuró el pelo de la cabeza y se limpió la piel con solución de mertiolate. Se le practicó un corte de la piel de manera anteroposterior en la línea media (Figura 5) del cráneo. Después de eso se removía el periostio y el hueso de la sutura interparietal hasta llegar a la dura madre que se cortaba cuidadosamente. A ese nivel suavemente, se rechazaba lateralmente el seno venoso longitudinal superior.*





Figura 5 Dispositivo para la implantación estereotáxica de la laminilla metálica

Maniobra realizada con la misma lámina que se separó físicamente los dos hemisferios cerebrales. Esta lámina tenía  $24 \text{ ó } 60.0 \text{ mm}^2$  ( $3 \times 8 \text{ ó } 8 \times 7.5 \text{ mm}$ ) con un grosor de 90 a 100 micras de aluminio (100%), un peso de 2.5 y 18 mg. Esta lámina era colocada entre los hemisferios con la ayuda de un estereotáxico KRIEG Mod. 51200.

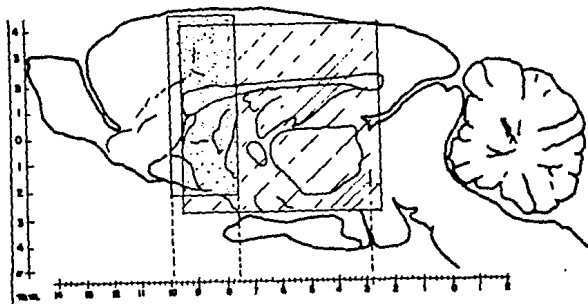


Figura 6 Esquema que ilustra la posición final y permanente de las laminillas metálicas implantadas en los dos tipos de preparaciones con sección sagital parcial y total de los hemisferios cerebrales

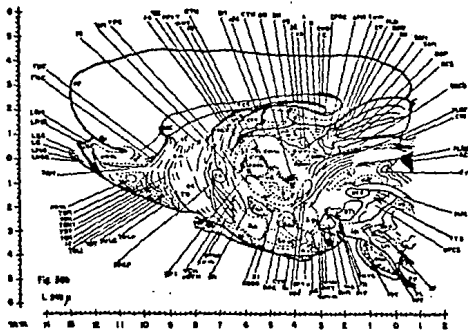


Figura 7 Esquema del corte lateral a 240 micras de un cerebro de la rata y sus 140 estructuras nucleares del atlas de Koning y Klieppel (1967). Esta ilustración muestra el daño potencial a esas zonas nucleares cuando la laminilla de aluminio implantada no se colocara en la línea media.

Una vez que se colocó (Fig. 6; Fig. 7) la laminilla vista en una radiografía (Fig. 8, todos estos animales se retiraron del estereotáxico y se les suturo la piel (Fig. 9). Se les inyectaron 7000 unidades de penicilina benzatínica (Benzetacil).



A



B

Figura 8 Vistas radiográficas lateral (A) e inferosuperior (B) de un animal implantada con su laminilla de aluminio.



Figura 9 Al final de la operación a todos los animales se les suturó la piel con hilo de plástico y en poco tiempo (15 a 45 minutos) se recuperaron.

Estos animales operados eran colocados en seguida en sus jaulas y se observó que 15 a 45 minutos después se recuperaron totalmente de la intervención. El tiempo de operación fué de 10 a 12 minutos. En los días sucesivos se medía el volumen de agua ingerido como en las etapas previas. Con el propósito de cononocer o valorar los efectos de la laminilla implantada a permanencia las mediciones se continuaban por 18 a 21 días, tiempo en el



Figura 10 Lote de 8 animales con separación parcial anterior de los hemisferios cerebrales la marca de la implantación sólo se observa en 6 de ellos.

que se daba por terminada la observación. En ese momento todos los animales eran inyectados con una sobredosis de Pentobarbital Sódico de 90 mg. por kg. de peso corporal. Eran perfundidos con una solución salina isotónica (0.9%). Una vez que se completaba ésta perfusión y se removía todo el líquido hemático del animal se le perfundía con una solución de 300 ml. de formadehido (J. T. Baker) al 10%. El cerebro fué extraído del cráneo y almacenado también en formaldehido al 10% durante al menos 15 días; para obtener los mismos cortes de 100  $\mu$ m con un microtomo de

congelación (Américan Optical Co), previa remoción de la laminilla implantada. Los efectos de la separación hemisférica por el implante de la laminilla fueron visualizados en los cortes histológicos (Fig. 6, 8 y 10).

Este trabajo se llevó a cabo del 25 de agosto de 1991 al 30 de noviembre de 1993.

## RESULTADOS

### Sexo y lateralidad

De una población de 197 ratas adultas (Fig. 11) que se les dió la opción de escoger uno de los dos bebederos lateralmente dispuestos, 41 machos y 34 hembras fueron izquierdas, 33 machos y 38 hembras fueron alternantes y 25 machos y 26 hembras prefirieron el bebedero derecho.

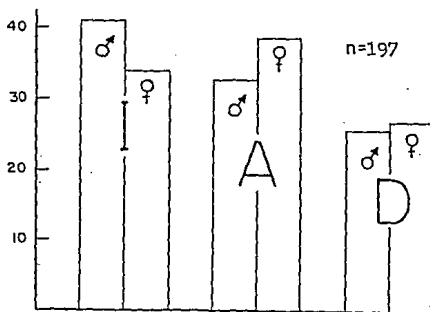


Figura 11 Número de animales que mostraron lateralidad izquierda (I), alternante (A) y derecha (D), de 197 ratas obtenidas para su medición directamente del bioterio.

a) Animales con preferencia por el bebedero derecho.

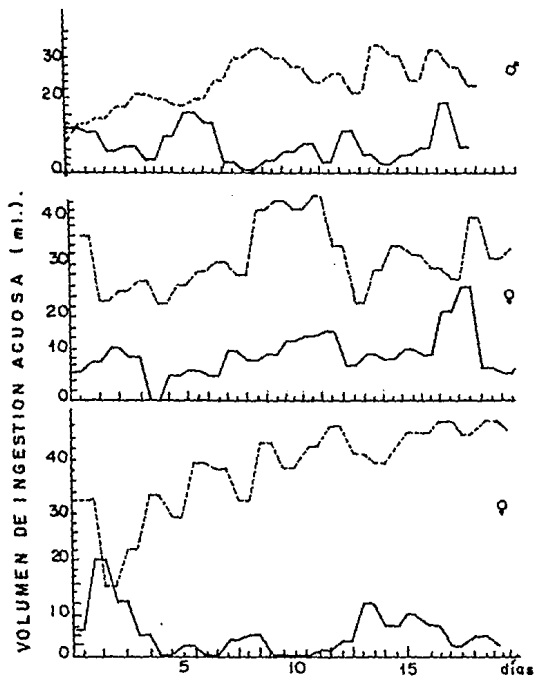


Figura 12 Ejemplo de tres animales con preferencia lateral derecha. Los casos de línea punteada indica el volumen de agua ingerida en el bebedero derecho y la línea continua el del bebedero izquierdo.



b) Animales con preferencia por el bebedero izquierdo.

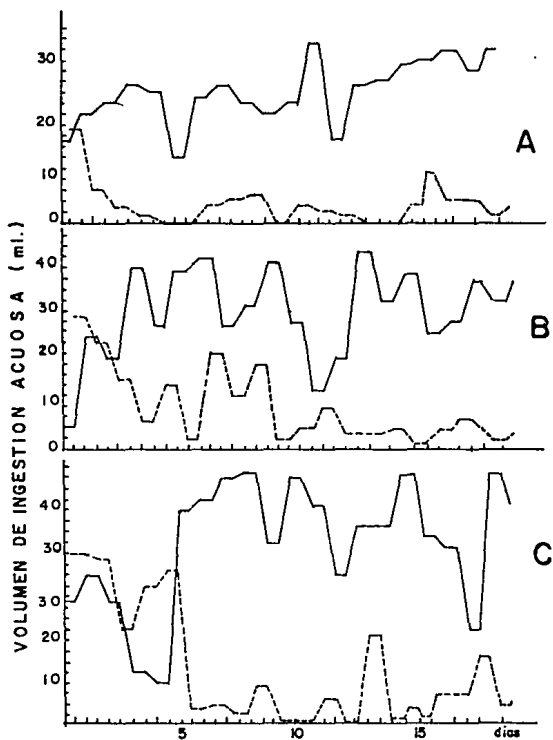


Figura 13 Ejemplo de tres animales con preferencia izquierda. Los casos de línea punteada indica el volumen de agua ingerida en el bebedero derecho y la línea continua el del bebedero izquierdo.

c) Animales con igual preferencial por los bebederos izquierdo y derecho.

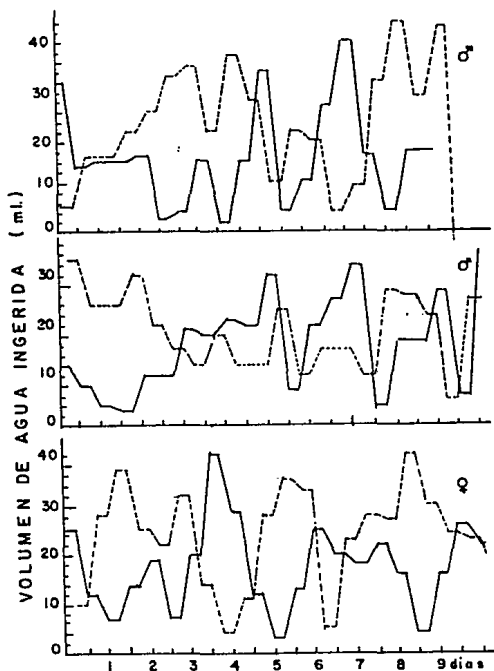


Figura 14 Ejemplo de tres animales alternantes. Los casos de línea punteada indica el volumen de agua ingerida en el bebedero derecho y la línea continua el del bebedero izquierdo.

- I. a) Carácter permanente de la conducta preferencial explorada por la adición de un tercer bebedero con una solución de cloruro de sodio.

Con el propósito de conocer la naturaleza definitiva de la preferencia, se ofreció un tercer bebedero con cloruro de sodio isotónico a todos los 7 productos de una camada de ratas. Ya que el cloruro de sodio es una sustancia que resulta muy apetecible en la mayoría de estos roedores, se utilizó a esa sustancia como un factor que podría romper el patrón preferencial previamente establecido en estos animales. Dicho bebedero se colocó entre los dos bebederos laterales de agua simple. La actividad preferencial persistió (Fig. 15).

De este lote 3 animales (izquierdo), continuaron sin ningún cambio en su preferencia a pesar del volumen elevado (Fig. 15) de la solución isotónica de cloruro de sodio ingerido.

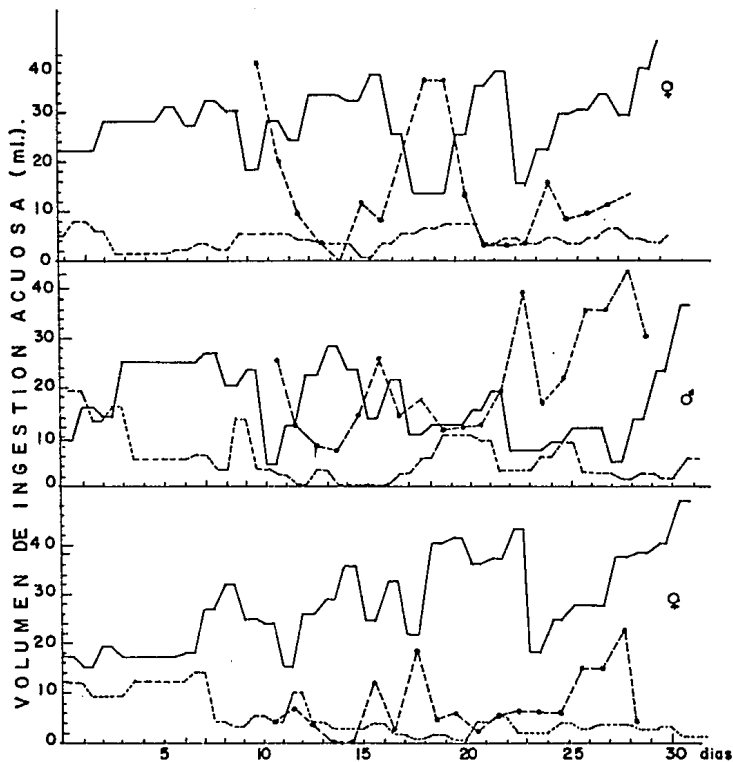


Figura 15 Efectos de un tercer bebedero (---) sobre el patrón de ingestión acuosa en 3 de un lote de 6 ratas izquierdas, notese que en estos 3 animales no se modificó el patrón de ingestión. Los casos de línea punteada indica el volumen de agua ingerida en el bebedero derecho y la línea continua el del bebedero izquierdo.

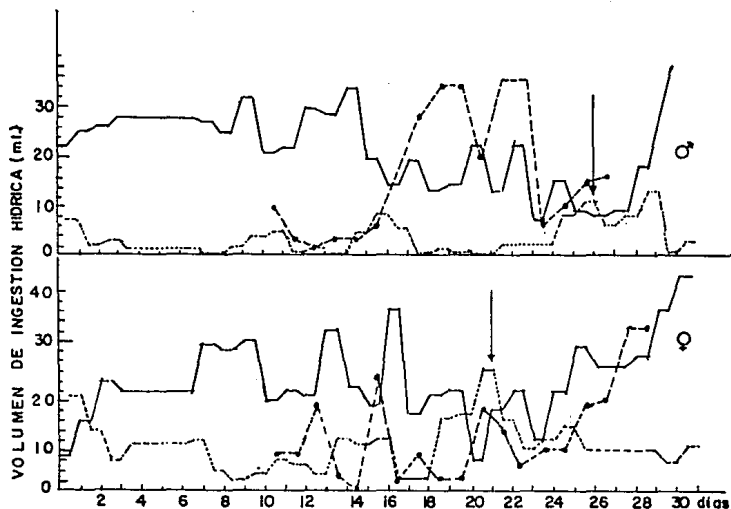


Figura 16 En estos 2 animales izquierdos del lote de 7 el tercer bebedero (●) indujo una mayor ingestión derecha en una ocasión. La flecha indica el día en que se incluye el tercer bebedero. Los casos de línea punteada indica el volumen de agua ingerida en el bebedero derecho y la línea continua el del bebedero izquierdo.

En otros dos casos; figura 16, ocurrió una inversión en la preferencia en una sólo ocasión durante todo el registro (Fig. 16) después de esa breve inversión y sobre todo al suspender el tercer bebedero con la solución de cloruro de sodio la preferencia continuó como puede verse igual que en sus valores control.

De las otras dos ratas restantes una izquierda y una alternante la inversión se hizo en más de una ocasión pero sus patrones respectivos de los 2 casos no sufrió ninguna transformación (Fig. 17).

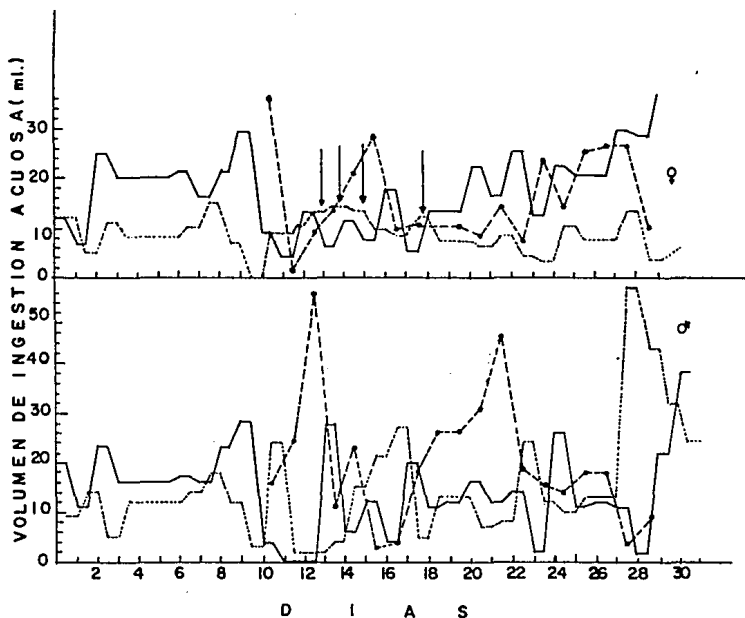


Figura 17 En esta gráfica un animal izquierdo fué rebasado por la ingestión de lado derecho en 4 ocasiones, ((↓↓↓↓)) y la alternancia del 7o. animal no se modificó. Los casos de línea punteada indica el volumen de agua ingerida en el bebedero derecho y la línea continua el del bebedero izquierdo.

I. b) Carácter permanente de la conducta preferencial explorada por la reducción del diámetro de uno de los bebederos.

La naturaleza definitiva del fenómeno preferencial se probó o valoró, al reducir al 20% el diámetro del bebedero a un lote de 12 casos (6 ♂ y 6 ♀). En estos animales

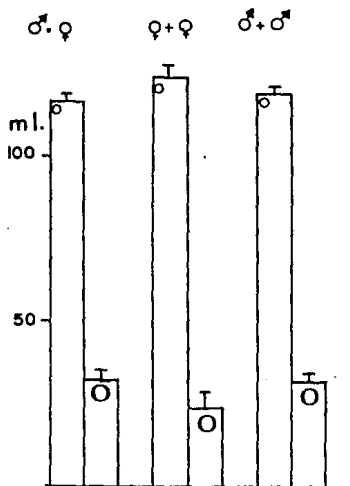


Figura 18 Preferencia izquierda de 6 animales colocados individualmente (o.o) durante 6 días y después en 2 grupos (de 3) por un número igual de días. En ambas condiciones la preferencia por el bebedero izquierdo se mantiene (○) a pesar de que el bebedero de lado derecho (○) es de mayor diámetro. Los valores y desviación estandar representan el volumen ingerido durante seis días para cada condición. Las barras (○) indican el volumen de agua ingerida en el bebedero izquierdo con el diámetro reducido, las barras pequeñas (○) el volumen del bebedero derecho con el diámetro normal.

después de observar la definitividad de su preferencia se redujo el diámetro del bebedero a todos ellos del mismo lado donde ingería mayor volumen. Este patrón establecido para la ingestión de agua no se modificó.

I. c) Lateralidad preferencial y su permanencia medida en los animales en agrupamiento.

Como puede apreciarse en la figura 19 los experimentos se realizaron, manteniendo a los animales en jaulas de manera individual, para conocer si la preferencia se modificaba por su interacción con otros animales que presentaban el mismo comportamiento de lateralidad.



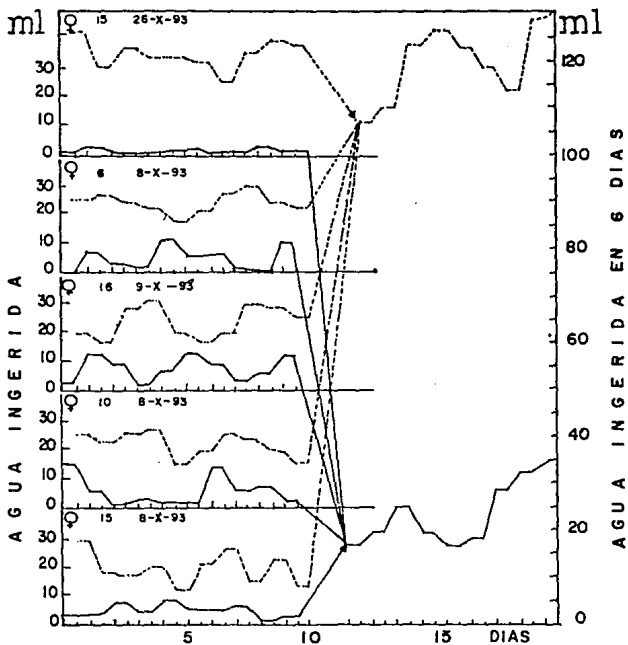


Figura 19 Al colocar los 5 animales en una jaula común su lateralidad preferencial derecha se mantuvo. La medición control fué de 10 días y la prueba donde se juntaron fué de 9. Del día 11 al día 19. Los casos de línea punteada indica el volumen de agua ingerida en el bebedero derecho y la línea continua el del bebedero izquierdo.

Es decir esta lateralidad ¿se modifica o se suprime por su convivencia social comunitaria? o se mantiene a pesar de una intensa interacción que se manifiesta por una incesante actividad locomotora. En un grupo de 5 ratas hembras derechas no hubo ningún cambio por su conducta ingestiva previa al agrupamiento (Fig. 19).

I. d) Efectos de la variación de la distancia entre los bebederos derecho e izquierdo.

Otra tarea discriminativa útil para poner a prueba la capacidad de reconocer el bebedero del lado derecho y del izquierdo se obtuvo al reducir la distancia entre ellos.

La figura 20 muestra que estos roedores mantienen su lateralidad independientemente de la separación entre los bebederos.

En este caso un grupo de ratas con preferencia hacia la derecha fué sometido a la valoración mencionada. Los datos que se presentan muestran que aunque la separación entre los bebederos es de 0.5 cm. sóloamente, los animales mantenían su identidad lateral correspondiente.

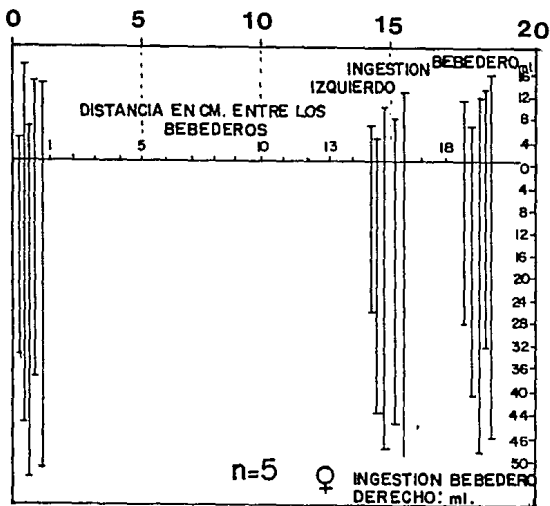


Figura 20 Efecto de la reducción de la distancia entre los dos bebederos (en cm. de 1-20). Los datos se obtuvieron en 5 ratas hembras con preferencia derecha. Los valores en el volumen de agua ingerida representan a un promedio de 6 mediciones. Notese que la lateralidad es independiente de la distancia de colocación de los bebederos.

II. Efecto de la separación del tercio anterior del cuerpo calloso.

II a)

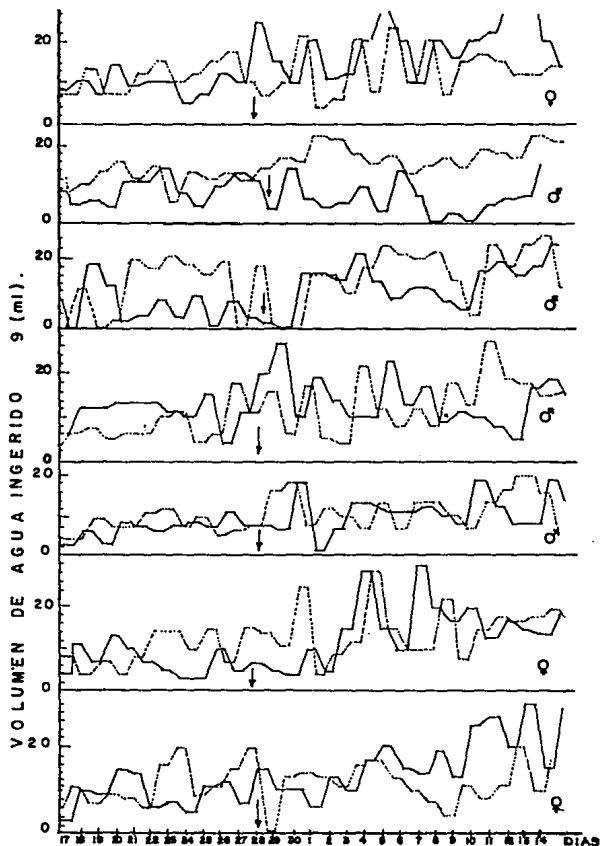


Figura 21 Efectos de la implantación de la laminilla pequeña en el tercio anterior del cuerpo calloso (↓) en 7 de 10 ratas alternantes. Note-se que excepto en un caso (segundo caso) la alternancia fué igual que en el estado control. Los casos de línea punteada indica el volumen de agua ingerida en el bebedero derecho y la línea continua el del bebedero izquierdo.

En la figura anterior (Fig. 21), se muestra el efecto de la separación del tercio anterior del cuerpo calloso sobre los animales de una camada probada. En éstos animales, alternantes todos ellos, pudo demostrarse que la sección quirúrgica practicada no tuvo ningún efecto en la conducta previamente valorada. Los animales control (n= 3) de este lote de 10 animales de la figura 21 se muestran en la figura inferior (Fig. 22).

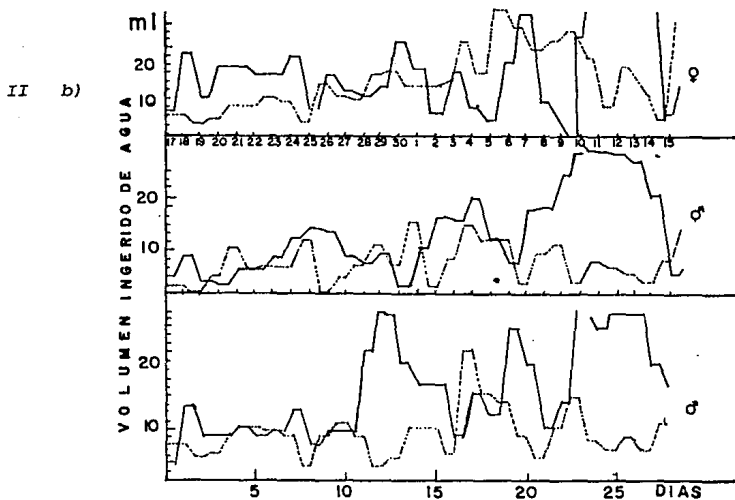


Figura 22 Animales alternantes control de la camada de 10 de ellos, en los que se practicó una sección de la porción anterior del cuerpo calloso. Los casos de línea punteada indica el volumen de agua ingerida en el bebedero derecho y la línea continua el del bebedero izquierdo.

II. Efectos de la separación interhemisférica provocada por el corte total de las comisuras anterior, hipocámpica, posterior y del cuerpo calloso.

Habiendo tolerado la implantación a permanencia de la pequeña laminilla de aluminio en la parte cerebral anterior (Fig. 22) se planteó la posibilidad de valorar los efectos de una laminilla que abarcara la sección total de todas las conexiones interhemisféricas. Es posible que esta preparación biológica así obtenida pudiera tener alguna utilidad en los estudios experimentales del sistema nervioso (dominancia cerebral, estudios del EEG, control de la locomoción y efecto de una material extraño metálico en el sistema nervioso central).

No se encontró ninguna modificación en la ingestión cuando la laminilla se colocó justamente en la línea media y seccionó todo el cuerpo cerebral (Fig. 23).

Para dicha práctica se utilizaron 20 animales de 65 -75 gramos. Todos ellos toleraron la laminilla que fué implantada en un menor tiempo quirúrgico (8 a 10 minutos). Todos se recuperaron rápidamente y sin efectos neurológicos aparentes. Se notó una conducta ingestiva de líquidos muy rápida. Al día siguiente se midió un consumo mayor de agua, debido probablemente por la pérdida sanguínea.

Es conveniente citar que al implantar la laminilla esta tuvo además de la línea media (n=3) otros dos trayectos que accidentalmente se apartaron de ese objetivo. Es decir tuvo una ligera (n=5) y una pronunciada (n=2) desviación como lo muestra las figuras 23 B y C.

Estos dos tipos de preparaciones modificaron su conducta ingestiva lateralizada tal como se muestra en la figura 23.

Nótese que cuando la implantación tuvo su mayor inclinación todos los animales cambiaron súbitamente su preferencia. Esta se mantuvo de manera persistente sin ninguna tendencia para volver a su estado preferencial previo. El mismo cambio irreversible se observó cuando la inclinación de la laminilla implantada fué menor.

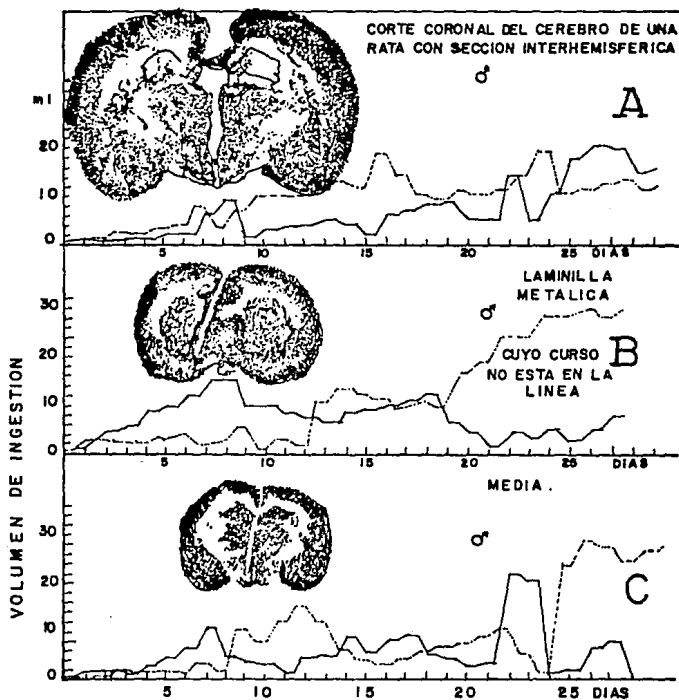


Figura 23 Efecto de la sección total de las comisuras interhemisféricas en ratas jóvenes. El corte en la línea media (A) contrasta con los cortes inclinados en los que ocurre una división asimétrica de los hemisferios. En estos últimos casos (B y C) ocurrió una lateralidad inducida hacia el mismo lado de la sección. Los casos de línea punteada indica el volumen de agua ingerida en el bebedero derecho y la línea continua el del bebedero izquierdo.



## DISCUSION

Los roedores (13,34,35) y el resto de los organismos del reino animal (7) así como los vegetales (17) y algunos compuestos de la química orgánica (23) poseen un carácter asimétrico en su morfología y en su comportamiento. Para este caso los seres vivos muestran una lateralidad que se encuentra impresa en la simetría orgánica que los constituye. Esta se manifiesta en la mayoría de fenómenos funcionales que han sido explorados recientemente (8,17,21,31,34,35).

En el presente trabajo se ofrecen pruebas acerca de la preferencia que la rata Wistar manifiesta cuando se le coloca ante la alternativa de ingerir de dos bebederos experimentales colocados a su derecha y a su izquierda. Esto puede apreciarse en la figura 11. Los 197 animales recién obtenidos del bioterio, presentan una lateralidad preferencial sin exclusividad para la elección derecho, izquierdo ó ambos.

Es decir su distribución fué proporcional en ese conjunto, en el que de acuerdo con su sexo no se manifestó ninguna correlación.

Para cada caso los animales manifestaron su preferencia de manera clara y definitiva como lo ilustran las figuras 12 y 13, cuyos datos del volumen de agua ingerida cada 24 horas, así lo demuestran al término del tiempo de observación cuando se dió por terminada esa sesión experimental. De gran importancia resultó conocer que la lateralidad no fué modificada al reducir intencionalmente uno de los orificios de los bebederos ni tampoco cuando se le trató de distraer con un tercer bebedero con solución salina isotónica.

En estos siete experimentos excepto dos ligeras modificaciones transitorias, la definitividad de los animales izquierdos y alternantes fué mantenida de manera ordenada. Es decir uno esperaba que con esa substancia sávida la rata mostraría un desorden en su patrón de elección ya que el tercer bebedero se colocó en medio de los previamente colocados en los extremos derechos e izquierdos. Ello indica que a pesar del carácter altamente exploratorio de la rata por su entorno, se mantuvo la actividad lateralizada. Un dato de mayor significancia que prueba la tendencia lateral en la ingestión fué desde luego cuando se colocaron en grupo ( $N = 5$ ); aquí el mantenimiento de la lateralidad fué de manera definitiva. Sin embargo a pesar de que la disminución de la distancia entre los dos bebederos pudo sugerir que la rata sería incapaz de continuar

discriminando la posición espacial de dichos bebederos, fué sorprendente que aún con una distancia sumamente reducida los animales persistían con la actitud preferencial que les caracteriza.

Hasta ahora todas las evidencias ofrecidas demuestran la persistente actitud del fenómeno preferente. Este, posiblemente dependiente de la disposición anatómica cerebral no se modificó al suprimir las conexiones interhemisféricas en el tercio anterior del cuerpo calloso.

Los animales alternantes se definieron hacia la derecha o izquierda cuando tenían una masa cerebral mayor del lado contralateral (Figura 23).

En el presente trabajo se utilizaron animales sin actividad preferencial para ver si modificaba la conducta preferencial estudiada. En las primeras experiencias en todas las operaciones (n=10), sólo se obtuvo una sobrevivencia de dos de esos animales. Estos cuyo peso corporal era de 210 a 245 gramos, mostraban una conducta de giro una vez que se recuperaban de la anestesia. Esta operación se practicó con mayor éxito en animales más jóvenes debido a que esa intolerancia pudo haber resultado de la edad de los animales en la que su osificación craneal dificultaba la introducción de la laminilla.

El tiempo de la intervención por lo tanto producía un mayor sangrado y con ello además los animales se recuperaban difícilmente. ¿Fue por el sangrado o la menor plasticidad del sistema nervioso de esos animales?. Es de suponerse que el cráneo menos osificado y el sistema nervioso más plástico hacían más existosa la misma intervención en los animales más jóvenes.

La sección total en la línea media y sus comisuras en estos animales no modificó el patrón de lateralidad hasta aquí descrita. En contraste con animales probados con cortes que se realizaron con inclinación separando con asimetría las estructuras hemisféricas indujeron un cambio de la lateralidad.

Así los izquierdos y derechos que drásticamente cambiaron su preferencia siguiendo ese patrón sugiere que la conducta, reportada en este trabajo, es controlada por ciertas áreas cerebrales como recientemente lo han propuesto varios autores (3, 8, 12, 14, 41).

## CONCLUSIONES

Al explorar el comportamiento conductual de la rata Wistar, pudo determinarse que esos roedores poseen una fuerte lateralidad en sus tendencias de elección.

Al ofrecerles la oportunidad de elegir cualquiera de los bebederos derecho o izquierdo la rata se clasificó por su preferencia en su ingestión como derecha, izquierda o alternante.

Estos tres tipos de preferencia no parece tener ninguna relación con su edad ni con su sexo.

El carácter permanente de la conducta lateralizada persistió, aún cuando se les ofreció un bebedero, adicional con una sustancia sávida; o con la disminución de la distancia entre ellos o del diámetro del lado preferido.

En condiciones de aislamiento y de convivencia grupal la lateralidad también se conservó.

La separación permanente de los hemisferios cerebrales no modificó la conducta preferencial.

## APORTACIONES DEL TRABAJO

*Se encontró un modelo de análisis de una conducta preferencial.*

*Se reporta la naturaleza definitiva de una conducta lateralizada para ingestión acuosa.*

*Se desarrollo una novedosa maniobra quirúrgica para separar los hemisferios ("split brain") de manera permanente en estos animales.*

*Se probó la inocuidad del aluminio implantado a permanencia sobre el tejido cerebral de la rata.*

## REFERENCIAS

- 1.- Bogen, J.E.: *The other side of de Brain: an appositional mind.* Bull. Los Angeles Neurol soc. 34:135-162, 1969.
- 2.- Bogen, J.E.: *Split-brain Sindromes.* In Frederiks JAM ed. "Handbook of Clinical Neurology". 45:110-114, 1969.
- 3.- Berlucchi, G.: *Cerebral dominance and interhemispheric communication in normal man.* The Neurosciences Third Study Program: Editado por F.O. Schmit and W. G. Worden. Cambridge, Ma. The MIT Press, pág. 64-69, 1974.
- 4.- Best, CH. Taylor N.L.: *Funciones nerviosas superiores: Editorial Médica Panaméricana, S.A.T. de Alvear 2143, Buenos Aires, pág. 1489-1514, 1986.*
- 5.- Bracha, V. Zhuravin I.A., Bures J.: *The reaching in the rat: a part of diggin pattern?.* Behav. Brain Res. 36:53-64, 1990.

- 6.- Broca, P.: *Remarques sur le siege de la Faculté de langage articulé suivé d' une observation d' aphemie.* Bull. Soc. Anatomie 6:330-357, 1861.
- 7.- Carpenter, R.H.S.: *Neurophysiology.* Ed. E. Arnold Publischer. pág. 350-357, 1984.
- 8.- Castro, A.J.: *The effects of cortical ablation on digital usage in the rat.* Brain research, 37:173-185, 1972.
- 9.- Cole, J.: *Paw preference in cats:* J. Comp. Physiol. and Psychol. 48:137-145, 1955.
- 10.- Dorland. *Diccionario enciclopédico ilustrado de medicina.* Ed. Interamericana MacGrawhill, pág. 464-486, 1988.
- 11.- Eccles, J.C.: *Facing reality; philosophical adventures by a brain scientist.* New York Springer Verlag. 1970.
- 12.- Geschwind, N. and Levitsky W.: *Human Brain. Left right asymmetries in temporal speech region.* Science 161:186-187, 1968.



- 13.- Glick, S.D. Weaver L.M. and Meiback R.C.:  
Lateralization of reward in rats: differences in  
reinforcing thresholds. *Science* 207:1093-1095,  
1980.
- 14.- Gordon, H.W. and Sperry R.W.: Lateralization of  
olfactory perception in the surgically separated  
hemispheres in man. *Neuropsychology*, 7:11-120,  
1969.
- 15.- Hecaen, H. Ajuriaguerra J. and Angelervas R.:  
Apraxia and its various aspects. In Halpern, L.  
Ed. *Problems of dynamic neurology* Jerusalem:  
Hebrew Univ. Hasassah. Med. School, 1953.
- 16.- Hegstrom, R.A. and Kondepudi D.K.: The handedness  
of the universe *Sci. American*, 249:98-105, 1990.
- 17.- Henneman, E.: *Funciones motoras de la corteza  
cerebral*. Editado por Vernon R., Mountcastle;  
The C.V. Mosby Company Saint Louis MO. V.S.A. pág.  
705-712, 1977.
- 18.- Henneman, E.: *Organizacion de los sistemas  
motores: Esquema general*. Editado por Vernon R.,  
Mountcastle; The C.V. Mosby Company Saint Louis  
Mo. V.S.A. pág. 565-569, 1977.

- 19.- Hernandez-Meza, N. and Bures J.: Impairment of lateralized reaching by movement. Synchronized stimulation of motor centers in rats. *Exp. Neurol.* 57:69-80, 1977.
- 20.- Hernandez-Meza, N. and Bures J.: Lateralized rewarding brain stimulation affects forepaw preference in rats. *Physiol. Behav.*, 34:495-499, 1985.
- 21.- Huber, F.: Untersuchungen über die Funktion des Zentralnervensystems und insbesondere des Gehirns der Grillen. *Z. Vergl. Physiol.* 44:60-132, 1960.
- 22.- Humphrey, M.E. and Zangwill O.L.: Cessation of swimming after brain injury. *J. Neurol Psychiat.* 14:322-325, 1951.
- 23.- Kondepudy, D.K. and Nelson G.W. Weak: Neural currents and the origin of biomolecular chirality, *Nature*, 314:438-481, 1985.
- 24.- Koning, J.F.R. and Klieppel R.A.: Rat Brain. A Stereotaxic atlas of the forebrain and lower parts of brain stem R.E. Krieger Publishg. Co. Inc. New York, 1967.

- 25.- Ljunberg, T. and Ungerstedt U.: Sensory in attention produced by 6 hydroxopamine-Induced degeneration of ascending dopamine neurons. *Acta Physiol. Scand.*, 53:585-600, 1976.
- 26.- Mac Donell, M.F. and Flynn J.P.: Control of sensory by field stimulation of hypothalamus. *Science* 152:1406-1408, 1966.
- 27.- Macphail, E.M.: Brain and intelligence in vertebrates. Clarendon Press Oxford, pág. 314-316, 1982.
- 28.- Milner, B.: Hemispheric specialization: Scope and limits. In: the Neuroscience third study program. Edited by F.O. Schmitt and F.G. Worden. Cambridge MA. the MIT Press, pág. 75-89, 1974.
- 29.- Milner, B.: Intellectual function of temporal lobes. *Psychol. Bull.*, 51:42-62, 1954.
- 30.- Neveu, P.J.: Asymmetrical brain modulation of immune reactivity in mice: A model for studying interindividual differences and physiological population heterogeneity? *Life Sci.*, 50:1-6, 1992.

- 31.- Nottenbohm, F.: *Symmetries in neural control of vocalization in the canary. En lateralization in the nervous systems.* Edited by S. Harnard R.W. Doty, L. Goldstein, Academic Press N.Y. and London, pág. 23-44, 1977.
- 32.- Petterson, J.R., Beecher M.D., Zoloth S.R., Moody D.B. and Stebbins W.C.: *Neural lateralization of specific vocalization by japanese macaques (Macaca Fuscata).* Science 202:1324-1326, 1978.
- 33.- Pickard, G.E. and turek F.W.: *Suprachiasmatic nuclei. Two circadian cloks?.* Ed. Elenier Science Publishers, pág. 201-229, 1983.
- 34.- Pickard, G.E. and Turek F.W.: *Splitting of the circadian rhythm of activity is abolished by unilateral lesion of the suprachiasmatic nuclei.* Science, 215:1119-1121, 1982.
- 35.- Preilowski, V. and Sperry R.W.: *Minor hemisphere dominance in a bilateral comparative tactual word recognition task.* Biol. Ann. Rep. (California Institute of Technology), 205:83, 1972.

- 36.- Pribram, H.K.: The role of cortico-cortical connections. Editado por Franco L. Maurice P., Herbert H., Alan R. Liss, Inc. New York, USA. pág. 523-540, 1986.
- 37.- Robinson, R.G.: Differential behavioral and biochemical effects of right and left hemispheric cerebral infarction in the rat. *Science*, 205:707-710, 1979.
- 38.- Rudiger, W. and Seyer G.: The lateralization of corticohipothalamic relations as revealed by thermosensitive behaviour in the rats. *Physiol. Bohemoslv.* 14:515-522, 1965.
- 39.- Sherm, G.F., Garbanti J.A., rosen G.A., Yutzy D.A. and Denenberg V.H.: Brain and behavioral asymmetries for spatial preference in rats. *Brain Res.*, 192:61-67, 1980.
- 40.- Sperry, R.W.: Consciousness. Personal identity and the divided brain. Editado por Franco L., Maurice P., Tilterbert H., Alan R. Liss. Inc. New York, USA, pág. 1-10, 1986.
- 41.- Sperry, R.W.: Cerebral organization and behavior. *Science*, 133:1749-1757, 1961.

- 42.- Springer S.P. y Deutsch G., *Left Brain, Right Brain* W.H.: Freeman and Company New York. pág. 1-283, 1984.
- 43.- Teitelbum, P.: *Levels of integration of the operant learnig.* en *Handbook of Operant Behavior.* Ed. por W. Hanig and J.E.R. Staddon. Englewood Cliffs Prentice-Hall, pág. 7-27, 1972.
- 44.- Woosley, C.N.: *Organization of somatic, sensory and motor areas of the cerebral cortex.* En Harlow H.F. y Woosley C.N. *Biological and biochemical basis of behaviour.* Editado por Univesity of Winsconsin Press. Madison, 1958.
- 45.- Zimmerber, B. and Glick S.D.: *In side preference during unilateral electrical stimulation af the caudate nucleus in rats.* *Brain Res.*, 86:335-338, 1975.