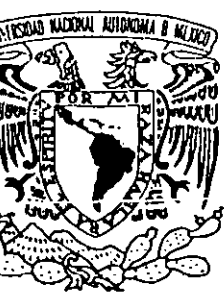


103



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

2934

"ESTUDIO MORFOMETRICO DE LAS PRINCIPALES  
ESTRUCTURAS DEL CEREBRO EN PERROS (*Canis  
familiaris*) MESOCEFALICOS".

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

P R E S E N T A :  
MARCO ANTONIO ROSALES GONZALEZ

DIRECTOR DE TESIS: M.C. CARLOS IGNACIO SOTO ZARATE.

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO. 2001



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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 esta 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES**

**ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS**

**DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
P R E S E N T E**

**ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán**

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Estudio morfométrico de las principales estructuras del cerebro en perros (Canis familiaris) mesocefálicos".

que presenta el pasante: Marco Antonio Rosales González  
con número de cuenta: 7938601-0 para obtener el título de :  
Médico Veterinario Zootecnista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

**A T E N T A M E N T E  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 2 de abril de 2001

**PRESIDENTE** M.C. Carlos Ignacio Soto Zárate

**VOCAL** MVZ. Carlos Ayila Arriola

**SECRETARIO** MVZ. Martha Pérez Arias

**PRIMER SUPLENTE** M.C. Juan Ocampo López

**SEGUNDO SUPLENTE** MVZ. Germán Garrido Fariña

## RECONOCIMIENTOS

*Primeramente quiero agradecer a Dios y a Jesucristo su Hijo por haberme permitido concluir este trabajo y mis estudios profesionales, reconozco que sin su motivación, fuerza, y amor nunca hubiera concluido mis estudios.*

*Agradezco con mucho amor a mi esposa Raquel Patricia y mis hijos David Isaías y Ana Raquel por su amor, y comprensión, el tiempo que no estuve con ustedes, está invertido en éste trabajo, gracias por el apoyo espiritual y moral que sin condiciones me brindaron, los amo, y son mi tesoro.*

*Agradezco a mis padres Armando Rosales y María del Carmen González por todos los años de cuidados, alegrías, desvelos, y angustias que con tanto amor me brindaron en su momento para que fuera un hombre de provecho, gracias, los amo, son los mejores padres del mundo.*

*Agradezco a mis hermanas Rosario, Claudia y Rebeca Rosales González por su apoyo y aliento en todos estos años, gracias, las amo.*

*Agradezco a mi asesor de tesis M.C. Ignacio Soto Zárate por todo su apoyo, su tiempo, su esfuerzo, dedicación y amistad, gracias "Nacho" eres súper. nuestra Universidad necesita más hombres y mujeres que como tú. amen su trabajo, que Dios te bendiga.*

*Agradezco a la familia Soto. Maestra Irma Elva Herrera gracia por cooperar en este trabajo recibíendome en su hogar y prestándome a su Esposo. Carla, Omar y Elsa Soto Herrera gracias por prestarme a su papá.*

*Agradezco a mi amigo y pastor el Sr. Daniel León Chavira por su apoyo espiritual, moral y económico Gracias "brother".*

*Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México y en especial a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán en donde cursé mis estudios y donde aprendí todo lo necesario para ejercer mi carrera con eficacia y amor. Quiero ser un digno representante de mi escuela y poner en alto su nombre, gracias.*

*Agradezco a todos y cada uno de los profesores que sembraron en mi con su trabajo, dedicación y esfuerzo, en el periodo 83-1 al 91-1, a todos ellos, muchas gracias.*

*Agradezco a los señores Rafael Sánchez Chávez y Juan Martínez Camacho por las facilidades que nos brindaron en la obtención de los especímenes (perros) para este estudio. Gracias.*

*Agradezco al MVZ. Ernesto Fausto Ríos por el apoyo recibido en la obtención de las fotografías de los cerebros, gracias, "quedaron excelentes".*

*Agradezco al señor Jesús Serafín Ruiz por su colaboración en la extracción de los cerebros, gracias.*

*Agradezco a los miembros del jurado: Presidente, M.C. Carlos Ignacio Soto Zárate; Vocal, MVZ. Carlos Ávila Arriola; Secretaria, MVZ. Martha E. Pérez Arias; Primer suplente, M.C. Juan Ocampo López; Segundo suplente, MVZ. Germán Garrido Fariña, por su colaboración y aportaciones para el mejoramiento y enriquecimiento de este trabajo.*

**ÍNDICE**

RESUMEN .....	6
INTRODUCCIÓN .....	8
OBJETIVOS .....	12
MATERIAL Y MÉTODOS .....	13
RESULTADOS .....	21
DISCUSIÓN .....	33
CONCLUSIONES .....	37
LITERATURA CONSULTADA .....	38

## RESUMEN

Para realizar este estudio utilizamos 11 encéfalos provenientes de perros mestizos mesocefálicos que tenían un peso promedio de 15 Kg. Dichos encéfalos fueron fijados en formol al 10% durante tres meses, luego de los cuales procedimos a determinar las dimensiones de peso, largo, ancho y alto. Posteriormente realizamos varios cortes que fueron teñidos mediante la técnica de Mulligan con el fin de obtener diversas vistas del encéfalo (mediana, transversas y coronal) las cuales fueron fotografiadas y digitalizadas por medio de un escáner. El estudio morfométrico fue realizado mediante la aplicación de un programa de análisis de imágenes (SigmaScan Pro<sup>®</sup>, Jandel versión 3.0). Con el fin de evitar errores de distorsión, antes de realizar el estudio morfométrico, SigmaScan Pro debe ser calibrado para cada una de las imágenes. Todas las estructuras analizadas fueron medidas y los valores obtenidos fueron considerados para obtener el valor promedio final y la desviación estándar. Estos valores son presentados en una tabla y tres cuadros para facilitar su comprensión y comparación. El peso de los encéfalos y sus dimensiones generales se muestran en la tabla 1, mientras que el resto de los valores fueron agrupados en relación con la vista de la cual provenían, de tal manera que los cuadros 1, 2 y 3 corresponden a los valores obtenidos en las vistas mediana, transversas y coronal respectivamente. Podemos señalar que el método utilizado para realizar este estudio es sumamente confiable ya que los valores obtenidos fueron corroborados con mediciones *in situ*. Actualmente los estudios morfométricos se utilizan frecuentemente en medicina para estudio y diagnóstico de los diferentes aparatos y sistemas (Bacus et al., 1998), así como a distintos niveles estructurales (Jack et al., 1990) por lo que podemos prever que pronto será una técnica rutinaria en medicina veterinaria (Vullo et al., 1997).



Pretendemos que este trabajo sea la base que permita la realización de nuevos estudios morfométricos en medicina veterinaria.

## INTRODUCCIÓN

### a. Sistema nervioso

Los órganos y estructuras encargados de generar las reacciones adecuadas a los cambios presentes en el medio ambiente, así como de la regulación de dichas reacciones son los que van a conformar al sistema nervioso. De acuerdo con su localización anatómica el sistema nervioso se divide en sistema nervioso central (SNC) y sistema nervioso periférico (SNP). El SNC es el conjunto de estructuras que se localizan protegidas por el esqueleto axial, dichas estructuras forman parte de uno de los sistemas más complejos que a través de múltiples conexiones y con ayuda de mediadores químicos van a controlar el funcionamiento de los órganos, aparatos y sistemas del organismo (Dyce et al., 1987).

El SNP es una red de comunicación distribuida a lo largo y ancho del cuerpo. Se encarga de conducir al SNC los estímulos provenientes del medio ambiente y de llevar las respuestas a los órganos efectores. El fin último de este doble tránsito de señales es mantener al individuo en homeostasis a pesar de las condiciones cambiantes del medio ambiente.

Es a partir del SNC que los individuos desarrollan sus comportamientos, los cuales se disparan con señales provenientes del medio externo, como lo es la época de apareamiento, los instintos maternales, el instinto de supervivencia, el temor y la agresión, entre otros (Dyce et al., 1987).

Sin el buen funcionamiento del sistema nervioso, central y periférico, la vida de los individuos se volvería difícil por no decir imposible. En relación con este sistema, cada especie presenta características propias que corresponden con su grado de desarrollo evolutivo, su función zootécnica y el medio ambiente donde se ha desarrollado (Dyce et al., 1987).

## **b. La computación y la morfología**

La neuromorfometría y en general la mayoría de las disciplinas científicas han echado mano de los sistemas y programas computacionales. Desde 1970 la computadora y el análisis de imágenes digitalizadas han dado una nueva dimensión a la investigación en morfología (Haug, 1986). Este persistente cambio para la biología, de descriptiva a cuantitativa, está llevándose a cabo por la disponibilidad de nuevos métodos experimentales y la aplicación de herramientas computacionales (Bolender, 1991). La morfología cuantitativa ha sufrido cambios dramáticos en los años recientes y hoy virtualmente todas las estructuras biológicas pueden ser cuantificadas y mensuradas con mayor facilidad y exactitud incluso en forma tridimensional (Jeringan et al., 1990; Nagale et al., 1991).

## **c. Historia de la neuromorfometría**

La neuromorfometría estudia o analiza la forma y el tamaño de las diferentes estructuras que conforman al sistema nervioso de manera ordenada y sistemática por medio de la obtención de valores cuantitativos y busca la relación entre estos valores y el estado fisiológico y/o patológico del individuo (Haug, 1986; Bolender et al., 1991; Uylings et al., 1986).

La neuromorfometría es una ciencia que inicia a mediados del siglo XIX aunque, debido a las grandes variaciones reportadas en las diversas investigaciones, a finales del mismo siglo dichas investigaciones ya habían disminuido drásticamente (Haug, 1986). A fines del siglo XIX fueron introducidos nuevos e importantes procedimientos por Ramón y Cajal, Golgi y otros, los cuales tuvieron gran impacto sobre el análisis de los procesos neuronales. Aún en los primeros 30 años del siglo XIX muchos científicos consideraban que las cuantificaciones realizadas hasta entonces no tenían aplicación en las neurociencias (Haug, 1986).

Actualmente los estudios morfométricos son una herramienta útil para abordar el estudio del SNC en gran variedad de especies, pues a partir de mediciones y del uso de programas de cómputo se pueden obtener datos morfométricos con gran exactitud, mayor facilidad y rapidez, además de facilitar la labor de la interpretación de los datos obtenidos, reduciendo tiempo y esfuerzo (Bolender, 1991; Bolender et al., 1991).

#### **d. Los estudios morfométricos y su aplicación en la medicina**

Un estudio morfométrico es un análisis exhaustivo de los datos cuantitativos, morfofuncionales y de las unidades estructurales (número, peso, tamaño, densidad y volumen) de las diferentes partes que conforman a los órganos y sistemas de cualquier organismo y su relación con el estado fisiológico (crecimiento, sexo, raza, etc.) (Bolender et al., 1991; Tang et al., 1997) o patológico del individuo (neoplasia, inflamación, atrofia, etc.) (Subia et al., 1996; Andersen et al., 1997).

Los valores obtenidos mediante métodos morfométricos están ayudando a detectar cambios estructurales y su relación con diversos eventos biológicos, así por ejemplo el volumen cerebral puede suministrar información importante en estudios sobre procesos de desarrollo (Gottlieb et al., 1985), dimorfismo sexual (Hofman et al., 1988), dominancia cerebral (Weis et al., 1989) y patologías específicas (Lieberman et al., 1992).

Los estudios morfométricos tienen la particularidad de ser sumamente versátiles de tal forma que se pueden aplicar en los diferentes niveles biológicos (organelo celular, células, tejidos u órganos) (Bolender et al., 1991).

Por su naturaleza pueden permitir el descubrimiento de cambios insignificantes o inaparentes (Bonin, 1962; Weis et al., 1989; Reihlen et al., 1994) como en el estudio de la enfermedad de Alzheimer (Everall et al., 1997) o en lesiones específicas como neoplasias, necrosis o inflamación, degeneración y/o

aberraciones en el desarrollo o medir el efecto de algunos fármacos sobre algún órgano (Sousa et al., 1998). Una aplicación común se da al estudiar muestras obtenidas de lesiones neoplásicas con el fin de determinar su grado de malignidad y su posible origen histológico (Uylings et al., 1986).

Los estudios morfométricos ya se están aplicando con fines de diagnóstico en medicina (Bolender et al., 1991; Ma et al., 1997) acortando tiempos de espera y facilitando el tratamiento, que como en las neoplasias, un diagnóstico temprano o la emisión de pronósticos confiables son vitales para el paciente. Estamos seguros de que en un futuro próximo los estudios morfométricos también serán usados de manera rutinaria en medicina veterinaria (Vullo et al., 1997).

#### **e. Justificación**

Reconociendo la utilidad inherente de los estudios morfométricos decidimos realizar el presente estudio con el fin de obtener datos cuantitativos sobre las diferentes estructuras del SNC. Estos datos serán la base que permitirá la realización de nuevos estudios morfométricos del SNC en otros individuos (perros braquicefálicos y/o dolicocefálicos) o en otras especies domésticas, asimismo se podrán utilizar para realizar evaluaciones del SNC en diferentes estados del desarrollo o en procesos patológicos específicos.

También buscamos expandir la metodología con la cual estudiar el sistema nervioso con el fin de abordar aspectos poco conocidos como es el caso de la dominancia cerebral o de los cambios atribuibles a la edad, raza o sexo (Weis et al., 1989; Reihlen et al., 1994).

Finalmente consideramos que la realización de estudios morfométricos enfocados al cerebro y de manera específica al perro son importantes ya que esta especie es muy utilizada en el trabajo experimental de las neurociencias.

## **OBJETIVOS**

1. Obtener imágenes digitales de cortes de encéfalo procesados mediante la técnica de Mulligan.
2. Determinar mediante un programa de análisis de imágenes el valor de la longitud, del perímetro y del área de las principales estructuras del encéfalo.
3. Procesar los datos obtenidos y determinar los valores respectivos para cada una de las estructuras analizadas, estos valores corresponderían a encéfalos de canideos mestizos mesocefálicos.
4. Producir material didáctico que pueda auxiliar en el estudio y la enseñanza del sistema nervioso central en el área de la anatomía veterinaria.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### I. Extracción de encéfalos y mediciones iniciales

Utilizamos once encéfalos provenientes de perros mestizos mesocefálicos que al momento del sacrificio tenían un peso promedio de 15 Kg. los cuales fueron sacrificados mediante una sobredosis de pentobarbital sódico (Sedalphorte<sup>®</sup>, Salud y Bienestar Animal), inmediatamente después del sacrificio extrajimos los encéfalos según el método descrito por Aluja (1980) y modificado por Trejo-Maya (1994):

1. Cortar la piel del cráneo sobre la línea mediana desde la nariz y hasta la parte caudal de la nuca (la incisión debe terminar sobre el atlas).
2. Retraer la piel dejando al descubierto el cráneo, se deben reconocer el arco cigomático y el hueso occipital.
3. Retirar los músculos propios de la región (frontal, escutular, occipital, interparietoauricular y temporal) para dejar al descubierto los huesos del cráneo (frontal, temporal, parietal, cigomático y el occipital hasta el agujero magno).
4. Con un cuchillo plano de 25 cm y un martillo se procede a cortar el cráneo; se sigue una línea imaginaria que pasa dorsalmente al arco cigomático en ambos lados del cráneo, estas líneas se entrecruzan cranealmente sobre el hueso frontal y caudalmente terminan en el foramen magno.
5. Levantar la bóveda craneal y exponer el encéfalo.
6. Cortar la duramadre con tijeras de disección de punta roma para lograr la extracción del encéfalo de la cavidad craneal.
7. Colocar el cadáver en posición decúbito dorsal para que por gravedad el encéfalo salga de la cavidad craneal. La extracción final del encéfalo se logra cortando los nervios craneales en la base del encéfalo.

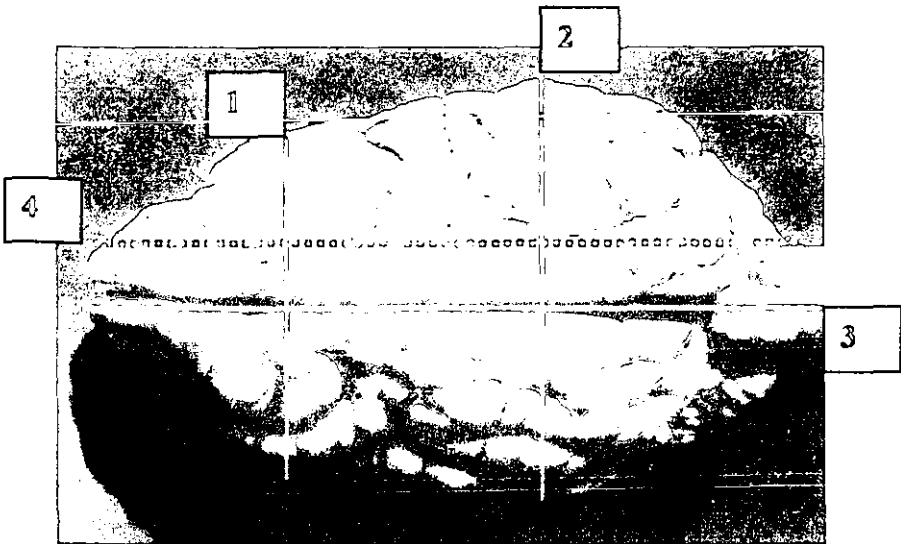
## II. Fijación de encéfalos

Los encéfalos fueron fijados en una solución de formol al 10% por 3 meses según observaciones de otros investigadores (Haug, 1984; Reihlen et al., 1994), ya que de esta manera el encogimiento del tejido por la fijación se ha detenido. Durante este periodo se mantuvieron suspendidos dentro de la solución fijadora con un pedazo de madera atravesado en la boca del recipiente que usamos y mediante un hilo amarrado de los rastros de las meninges, venas y arterias que se ubican a la altura del quiasma óptico para evitar deformaciones por compresión. Previo a su tinción, los encéfalos fueron lavados en agua corriente durante 24 horas y finalmente una hora más en agua destilada.

Después del periodo de fijación, los encéfalos fueron pesados en una balanza Ohaus (Cole-Parmer, 01012-00) y, con un calibrador (vernier, MAUSER-STAINLESS), determinamos cuatro de sus dimensiones generales (Tabla 1).

- 1) Longitud. Consideramos la longitud total del encéfalo desde el borde rostral del cerebro hasta la parte caudal del cerebelo (Fig. I-3).
- 2) Altura. Medimos la distancia existente desde la superficie de la mesa sobre la cual se apoyaba la cara ventral del encéfalo (sin hipófisis) hasta el punto máximo del cerebro.
- 3) Ancho 1. Es una parte angosta del cerebro que coincide con el surco cruzado (Fig. I-1).
- 4) Ancho 2. Es la parte más ancha del cerebro y fue tomada sobre el borde saliente del giro ectosilviano caudal (Fig. I-2).





**Figura I.** Imagen digitalizada de una vista dorsal de encéfalo de canino mestizo mesocefálico. 1) Parte angosta del cerebro. 2) Parte ancha del cerebro. 3) Longitud total del encéfalo. 4) La línea punteada ilustra el corte sagital realizado sobre el surco marginal.

### III. Realización de los cortes

Realizamos los cortes respectivos con un cuchillo bien afilado, lubricado con glicerina y de longitud adecuada. Todo esto con la finalidad de evitar la formación de marcas, ya que durante la tinción se deposita en ellas el colorante y se vuelven muy evidentes.

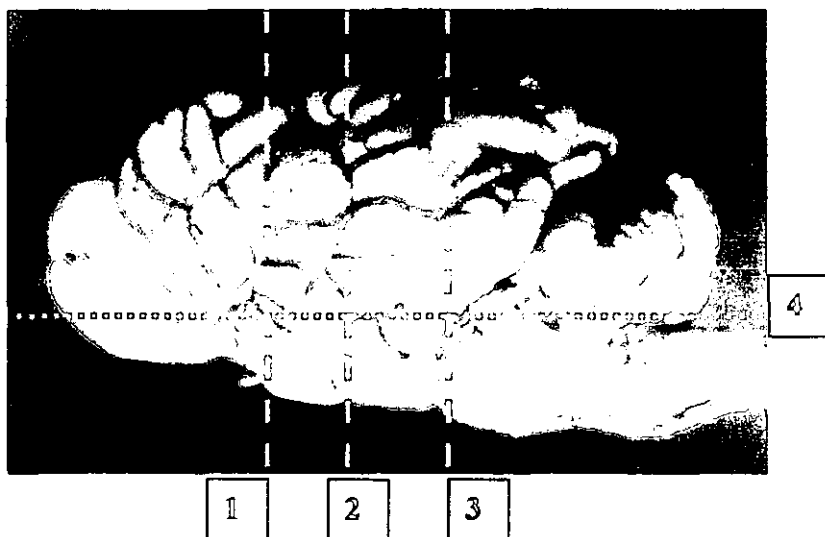
#### a. Vista mediana

La mayoría de las mediciones reportadas en este estudio se hicieron en una vista mediana del encéfalo. Para poder realizar la tinción de Mulligan (Aja, 1987), obtuvimos una rebanada de encéfalo mediante dos cortes longitudinales. El corte inicial se realizó justo sobre la línea mediana (fisura longitudinal del cerebro) y

posteriormente se realizó un corte sagital sobre el surco marginal (Fig. I-4). Fotografiamos y obtuvimos la imagen digitalizada de la superficie orientada hacia la línea mediana.

#### b. Vistas transversales

Para este trabajo utilizamos dos vistas transversales; una a la altura del quiasma óptico (Fig. II-1) y la otra, la obtuvimos con el corte realizado a la altura de la fisura seudossilviana (Fig. II-2). Para obtener estas rebanadas de cerebro realizamos tres cortes transversales; el primer corte se realizó justo sobre el quiasma óptico, el siguiente sobre la fisura seudossilviana y el último corte se realizó rostralmente al puente (Fig. II-3). En todos los casos la imagen digitalizada y empleada para realizar las mediciones corresponde a la vista rostral.



**Figura II. Imagen digitalizada de una vista lateral de encéfalo de canino. 1)** Corte transversal realizado sobre el quiasma óptico. **2)** Corte transversal realizado sobre la fisura seudossilviana. **3)** Corte transversal realizado rostralmente al puente. **4)** Corte coronal realizado sobre el surco rinal lateral.

### **c. Vista coronal**

Las estructuras que evaluamos en este trabajo las obtuvimos de la vista que dejó un corte coronal que realizamos sobre el surco rinal lateral (Fig. II-4).

## **IV. Tinción de Mulligan (método de Barnard y Brow)**

Los cortes de encéfalo fueron teñidos por el método de Barnard y Brow según lo describe Trejo-Maya (1994). En esta técnica la substancia gris del encéfalo adquiere un color azul.

### **Técnica:**

1. Colocar las rebanadas de cerebro en la solución de fenol de Mulligan a 60°C durante dos minutos. Asegurarse de que queden completamente sumergidas.
2. Lavar con agua a una temperatura de  $\cong 30^{\circ}\text{C}$  durante un minuto.
3. Sumergirlas durante dos minutos en una solución de cloruro férrico al 1% hasta que se pueda diferenciar la substancia gris.
4. Lavar con agua corriente durante un minuto.
5. Sumergir cada rebanada en una solución de ferrocianuro de potasio al 1% hasta que la substancia gris tome un color azul brillante.
6. Lavar una vez más con agua corriente durante un minuto. Si la coloración azul no es intensa sumergir nuevamente la pieza en la solución de cloruro férrico durante otro minuto y lavarla nuevamente.
7. Finalmente, las piezas se conservan en una solución de formol al 10%. Los cortes deben ser uniformes para evitar depósitos de colorante en los surcos cerebrales o en las marcas producidas ya que no son bien eliminados durante el lavado.

Como medida de seguridad se recomienda usar guantes y cubreboca durante la realización de esta técnica (el ácido clorhídrico es altamente corrosivo y el ferrocianuro de potasio es muy tóxico), además de que se debe realizar en un lugar bien ventilado (Arroyo, 1962).

#### **Solución de fenol de Mulligan (Aja, 1987)**

Cristales de fenol	20 g
Ácido clorhídrico concentrado	0.6 ml
Sulfato de cobre	2.5 g
Agua destilada, cbp	500 ml

#### **Cloruro férrico al 1%**

Cloruro férrico	5 g
Agua destilada, cbp	500 ml

#### **Ferrocianuro de potasio al 1%**

Ferrocianuro de potasio	5 g
Agua destilada, cbp	500 ml

### **V. Obtención y digitalización de imágenes**

Las fotografías de los cortes ya teñidos fueron obtenidas en condiciones de luz natural mediante una cámara Minolta X-300 utilizando películas Fuji ASA 100. Del material obtenido seleccionamos las fotografías más representativas y se organizaron para su procesamiento.

Las fotografías seleccionadas fueron digitalizadas en un scanner Hewlett-Packard y archivadas en un formato adecuado para su manejo (JPG).

## **VI. Estudio morfométrico**

Para realizar el estudio morfométrico requerimos de un programa de cómputo que permita realizar mediciones sobre una imagen digital. En este trabajo utilizamos el programa SigmaScan Pro<sup>®</sup>, Jandel (versión 3.0) con el cual realizamos la medición de las estructuras más importantes del encéfalo.

### **a. Calibración de las imágenes digitalizadas**

Antes de poder realizar alguna medición se debe calibrar cada una de las imágenes digitalizadas, esta calibración reduce al mínimo los posibles errores provocados por distorsiones y/o aumentos producidos al tomar las fotografías y/o manipular las imágenes.

Para calibrar las imágenes obtuvimos la medida de alguna porción del encéfalo, en general elegimos la estructura más evidente en la fotografía. Esta dimensión fue tomada directamente de los diferentes cortes de encéfalo con un calibrador (vernier), con el fin de lograr la máxima exactitud posible. Esta determinación sirvió como referencia para calibrar el programa de análisis de imagen, el cual lo requiere como paso indispensable para realizar mediciones correctas. Después obtuvimos el perímetro, el área y la longitud de las diferentes estructuras del encéfalo en las imágenes digitalizadas. Cada una de las mediciones realizada con el programa SigmaScan Pro la hicimos por triplicado con el fin de disminuir los errores de apreciación, obtuvimos el valor promedio y se consideró junto con los promedios obtenidos en el resto de las imágenes, finalmente presentamos los valores promedio y la desviación estándar de cada una de las estructuras estudiadas (Cuadros 1, 2 y 3).

## **b. Factores que influyen al realizar las mediciones**

Los programas de cómputo diseñados para el análisis de imágenes tienen limitaciones en precisión, exactitud y resolución. Consideramos que es necesario familiarizarse con estos conceptos para obtener información más exacta al usarlos, evitar errores o agregar variantes no controladas.

- i. La precisión de las medidas, interpretada como la repetibilidad de las mismas, consiste en medir varias veces y obtener en todos los casos el mismo valor o con una variante muy pequeña.
- ii. La resolución, se refiere al nivel de detalle y fineza con el cual se puede realizar la medición y depende de la calidad con la que se haya digitalizado la imagen.
- iii. La exactitud de la medida, o sea la cercanía del valor obtenido al valor real, está determinada por la resolución de la imagen y la calidad de la calibración realizada.

Una buena medida es respetable y se logra solamente en imágenes con una adecuada resolución (detalle y fineza). Para determinar si el programa de análisis de imágenes utilizado puede medir con suficiente precisión para la aplicación deseada, se debe considerar la escala de la medida y un margen de error aceptable.

## RESULTADOS

### I. MEDICIONES INICIALES

Los valores presentados en este apartado son promedios obtenidos de 11 perros mestizos de aproximadamente 15 kg de peso vivo.

Así podemos señalar que el encéfalo de un perro mestizo de las características previamente señaladas tiene un peso de  $72.2 \pm 6.3$  g, una longitud de  $7.11 \pm 0.23$  cm y una altura de  $4.01 \pm 0.29$  cm (Tabla 1). El encéfalo de los carnívoros se distingue por ser más largo y un tanto estrecho que en el resto de los animales domésticos. Si seguimos su contorno podemos distinguir, en sentido transversal, dos sitios particulares (Fig. 1); una parte menos ancha (Ancho 1) que medimos a la altura del surco cruzado y en la cual obtuvimos un valor de  $4.14 \pm 0.19$  cm y otra más ancha (Ancho 2) medida en la parte más saliente del giro ectosilviano caudal y en donde obtuvimos un valor de  $5.13 \pm 0.18$  cm.

Como podemos apreciar en la Tabla 1, existe una variación importante entre los valores correspondientes a los pesos de los encéfalos (de 64.9 a 85.1 g) por lo que el valor de la desviación estándar también es alto ( $\pm 6.3$  g), mientras que en el resto de los valores (Largo, Alto, Ancho 1 y Ancho 2) los rangos son estrechos y, por consiguiente, su desviación estándar es pequeña.

**Tabla 1. Medidas generales obtenidas en encéfalos de caninos mesocefálicos**

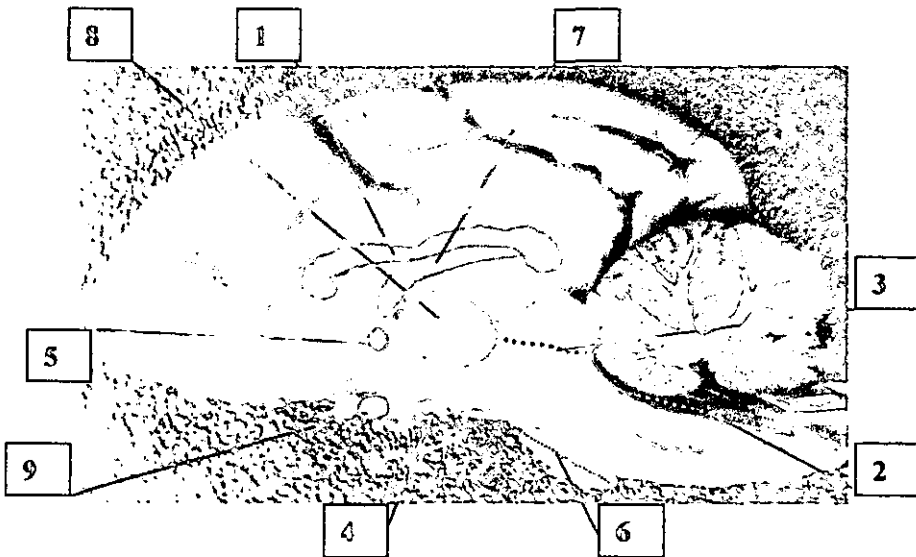
Animal	Peso (g)	Largo (cm)	Alto (cm)	Ancho 1 (cm)	Ancho 2 (cm)
1	64.9	6.90	3.98	4.16	4.96
2	64.9	6.84	4.19	4.03	4.95
3	69.8	7.20	3.89	4.05	5.50
4	67.2	7.10	4.09	3.84	4.90
5	70.3	6.83	4.10	4.35	5.20
6	73.7	6.90	4.17	4.39	5.24
7	70.0	7.32	3.85	4.01	5.00
8	70.9	7.16	3.22	4.11	5.10
9	78.3	7.20	4.14	4.35	5.13
10	79.6	7.62	4.13	3.95	5.11
11	85.1	7.18	4.36	4.39	5.34
<b>Promedio <math>\pm</math> DE</b>	<b><math>72.2 \pm 6.3</math></b>	<b><math>7.11 \pm 0.23</math></b>	<b><math>4.01 \pm 0.29</math></b>	<b><math>4.14 \pm 0.19</math></b>	<b><math>5.13 \pm 0.18</math></b>

DE: desviación estándar.

## II. VISTA MEDIANA DEL ENCÉFALO

En la vista mediana fue posible apreciar y medir la mayor cantidad de estructuras del encéfalo. Es importante señalar que más que en ninguna otra vista la perfecta realización del corte tiene influencia sobre los resultados. En esta vista medimos al cuerpo caloso, fosa romboidea, acueducto mesencefálico, cuerpo mamilar, comisura rostral, puente, fornix, adhesión intertalámica y quiasma óptico (Fig. III).

En una misma imagen realizamos la medición de cada estructura por triplicado, para obtener los promedios finales consideramos el valor promedio de estas tres determinaciones. En el cuadro 1 mostramos los promedios obtenidos después de medir en seis imágenes distintas las estructuras enlistadas previamente.



**Figura III.** Imagen digitalizada de una vista mediana derecha del encéfalo de un canino mestizo mesocefálico. Se muestran las estructuras que se evaluaron en esta vista. 1. Cuerpo Caloso. 2. Fosa Romboidea. 3. Acueducto Mesencefálico. 4. Cuerpo Mamilar. 5. Comisura Rostral. 6. Puente. 7. Fornix. 8. Adhesión Intertalámica. 9. Quiasma Óptico.



## **1. Cuerpo Calloso**

Con la tinción de Mulligan aparece de color blanco y su perímetro fue de  $85.5 \pm 11.6$  mm. La desviación estándar obtenida puede ser atribuida a que en la mayoría de las imágenes el contorno de esta estructura tiende a ser diferente, indicando diferencias naturales presentes entre individuos. De acuerdo con los datos obtenidos podemos señalar que el cuerpo calloso tiende a decrecer a medida que se extiende lateralmente.

El valor de su área fue de  $69.8 \pm 6.4$  mm. El hecho de que el valor del perímetro sea superior que el del área puede explicarse porque el cuerpo calloso tiene, en esta vista, una forma rectangular alargada (Fig. III-1). La misma consideración señalada previamente se puede aplicar a la desviación estándar obtenida en esta dimensión.

## **2. Fosa Romboidea**

Conforma el piso del cuarto ventrículo y se extiende desde los colículos caudales hasta el inicio de la médula espinal, aparece de color blanco con la tinción de Mulligan. En esta imagen sólo determinamos la longitud de esta estructura, que corresponde a los límites que se aprecian en la imagen digitalizada. La fosa romboidea tuvo una longitud de  $17 \pm 3$  mm. Como puede apreciarse es una estructura que no muestra gran variabilidad en sus dimensiones (Fig. III-2).

## **3. Acueducto Mesencefálico**

Es el espacio tubular que comunica al tercer ventrículo con el cuarto, se localiza entre los cuerpos cuadrigéminos, por debajo de los colículos rostrales (Fig. III-3). Sólo determinamos su longitud ya que no es posible, en una vista mediana de encéfalo, realizar ninguna otra determinación de esta estructura. El valor obtenido fue de  $7.4 \pm 2$  mm.

#### **4. Cuerpo Mamilar**

El contorno del cuerpo mamilar en una vista mediana del encéfalo es de forma oval alargada y con la tinción de Mulligan adquiere una coloración blanca (Fig. III-4). En las imágenes digitalizadas de esta estructura pudimos determinar el perímetro y el área. El valor del perímetro fue de  $9 \pm 1.1$  mm y el del área fue de  $5.8 \pm 1.7$  mm. De manera general podemos señalar que ambos valores varían en relación con el nivel al cual se realiza el corte, y así tienden a ser superiores cuanto más cerca se localicen del plano mediano.

#### **5. Comisura Rostral**

Es una estructura formada por fibras de asociación que toma un color blanco con la tinción de Mulligan así es que la distinguimos fácilmente por su forma oval, color y localización (Fig. III-5). Pudimos determinar su perímetro y su área, y los resultados obtenidos fueron  $6.4 \pm 0.5$  mm y  $2.9 \pm 0.2$  mm respectivamente.

Estos valores resultaron sumamente constantes en las diferentes imágenes evaluadas, de tal manera que podemos señalar que esta estructura se ve poco afectada por las variaciones tenidas al realizar los cortes longitudinales y que, por lo tanto, no tiene una gran variabilidad de tamaño o de forma.

#### **6. Puente**

Es una estructura anular formada por fibras de asociación que se disponen transversalmente entre los pilares cerebrales y la médula oblonga (Fig. III-6). Se tiñe de color blanco con la tinción de Mulligan y en una vista mediana de encéfalo, el contorno del puente sólo permite la determinación de su longitud, el resultado fue  $13 \pm 2$  mm.

## 7. Fornix

Está formado por un conjunto de fibras que abandonan al hipocampo con dirección rostral. Se localiza justo por debajo del cuerpo calloso, pero pronto se desvía ventralmente conforme progresa en su trayecto, se curva sobre el borde rostral del tálamo para entrar al hipotálamo y terminar en el cuerpo mamilar. Como está formado por fibras se tiñe de color blanco con la tinción de Mulligan (Fig. III-7). En una vista mediana es de forma rectangular, alargada y con bordes redondeados y un tanto irregulares, sobre todo en su parte ventral. Sólo obtuvimos el valor de su perímetro y de su área cuyos valores promedio fueron  $52 \pm 6.7$  mm y  $41.8 \pm 15$  mm respectivamente.

A causa de la estructura fibrilar del fornix fue difícil distinguir sus límites en las imágenes digitalizadas, sobre todo el ventral. Esta puede ser la razón por la cual encontramos una dispersión importante de nuestros valores tanto en perímetro como en área.

## 8. Adhesión Intertalámica

El tálamo forma la pared lateral del tercer ventrículo y en todas las especies domésticas tiene una protuberancia que une las masas laterales del tálamo, dicha protuberancia conforma lo que conocemos como adhesión intertalámica. En una vista mediana de encéfalo aparece como una estructura de forma circular más o menos uniforme y de color azul por la tinción de Mulligan (Fig. III-8). Obtuvimos un valor promedio de  $35.7 \pm 6$  mm para el perímetro y de  $51.4 \pm 6.5$  mm para el área. La variación encontrada puede ser atribuida a la dificultad que tuvimos para determinar sus límites.

### 9. Quiasma óptico

En nuestras imágenes digitalizadas, el quiasma óptico es de forma circular, con bordes bien definidos y de color blanco (Fig. III-9). Los valores promedio fueron de  $8.3 \pm 0.6$  mm y de  $5.5 \pm 0.6$  mm para el perímetro y el área respectivamente. Como se puede notar es una estructura que no tiene variaciones importantes en sus dimensiones.

**Cuadro 1. Valores promedio y desviación estándar de las estructuras evaluadas en imágenes digitalizadas de una vista mediana de encéfalo.**

Estructura	Longitud	Perímetro	Área
<b>Cuerno Calloso</b>	ND	$85.5 \pm 11.6$	$69.8 \pm 6.4$
<b>Fosa romboidea</b>	$17 \pm 3$	ND	ND
<b>Acueducto</b>	$7.4 \pm 2$	ND	ND
<b>Cuerno mamilar</b>	ND	$9 \pm 1.1$	$5.8 \pm 1.7$
<b>Comisura rostral.</b>	ND	$6.4 \pm 0.5$	$2.9 \pm 0.2$
<b>Puente</b>	$13 \pm 2$	ND	ND
<b>Fornix</b>	ND	$52 \pm 6.7$	$41.8 \pm 15$
<b>Adhesión</b>	ND	$35.7 \pm 6$	$51.4 \pm 6.5$
<b>Quiasma óptico</b>	ND	$8.3 \pm 0.6$	$5.5 \pm 0.6$

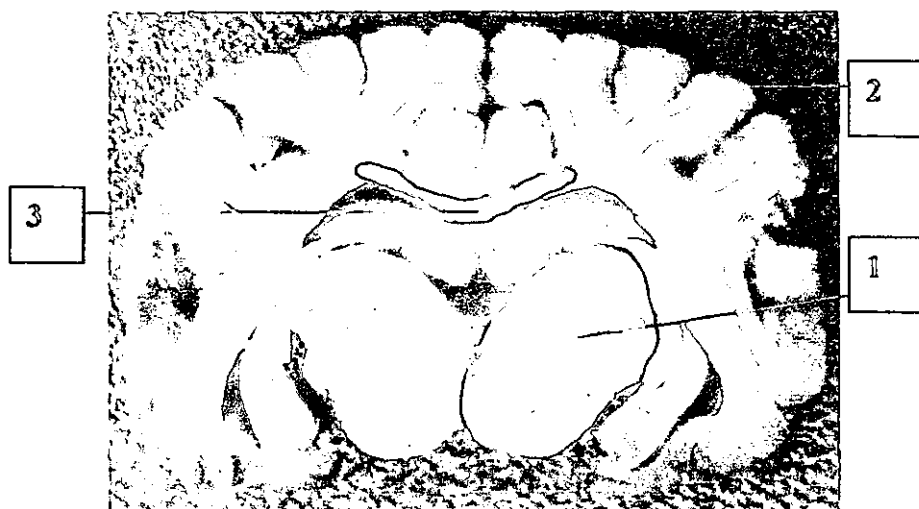
ND: No determinado.

### III. VISTAS TRANSVERSALES DEL ENCÉFALO

Utilizamos dos imágenes transversales diferentes del encéfalo del perro para realizar las mediciones que a continuación se describen. La imagen más rostral fue obtenida mediante un corte transversal realizado sobre el quiasma óptico (Fig. IV), en esta imagen obtuvimos las medidas del núcleo caudado. La segunda imagen fue obtenida mediante un corte transversal realizado a nivel de la fisura seudosilviana (Fig. V) y en esta imagen obtuvimos las medidas del tálamo. En ambas imágenes medimos la longitud de la corteza cerebral y la del cuerpo calloso.



**Figura IV.** Imagen digitalizada de la vista transversal obtenida mediante un corte a la altura del quiasma óptico. Se muestran las estructuras que se evaluaron en esta vista. 1. Núcleo Caudado. 2. Corteza Cerebral. 3. Cuerpo Caloso.



**Figura V.** Imagen digitalizada de la vista transversal obtenida mediante un corte a la altura de la fisura seudossilviana. Se muestran las estructuras que se evaluaron en esta vista. 1. Tálamo. 2. Corteza Cerebral. 3. Cuerpo Caloso.

### **1. Núcleo Caudado**

Forma parte del núcleo basal y tiene forma de coma con una gran cabeza protruyendo dentro del piso del ventrículo lateral (Fig. IV-1). Las seis imágenes utilizadas muestran justamente una vista transversal de su cabeza. Así podemos apreciar que es de forma oval, que toma un color azul con la tinción de Mulligan y el valor promedio de su perímetro fue de  $20 \pm 9$  mm y el de su área fue de  $37.8 \pm 4.8$  mm. Posiblemente la variación encontrada se debió a diferencias en el nivel del corte entre las imágenes.

### **2. Tálamo**

Lo apreciamos sólo en la segunda imagen transversal. Aunque no fue fácil definir su contorno podemos señalar que es de forma redondeada, amplia y se tiñe de color azul con la tinción de Mulligan (Fig. V-1). En ocho imágenes distintas determinamos su perímetro y el valor promedio obtenido fue de  $30 \pm 4$  mm. La variación encontrada puede atribuirse a la dificultad que tuvimos para definir adecuadamente sus límites.

### **3. Corteza Cerebral**

Para determinar el grosor de la corteza cerebral utilizamos las dos imágenes transversales, obtuvimos la distancia que existe entre el borde de la corteza cerebral y el límite más próximo de la sustancia blanca (Fig. V-2). El resultado fue  $1.6 \pm 0.2$  mm.

Este resultado es un valor promedio obtenido de realizar seis mediciones en cinco imágenes digitalizadas, estas mediciones se hicieron en diferentes zonas de la corteza cerebral. Como se puede notar es un valor muy constante y con una desviación estándar baja. Estos valores nos indican que la corteza cerebral en el perro tiene una disposición uniforme a través de todo el cerebro y no importa o no

es de relevancia la zona de corte o el ángulo de corte para la determinación de su longitud.

#### 4. Cuerpo Calloso

Esta estructura fue aparente en las dos imágenes transversales que obtuvimos para realizar este trabajo. En ambas imágenes, el cuerpo calloso tiene la forma de una “V” alargada y aparece de color blanco (Fig. IV-3). A pesar de su forma pudimos determinar su longitud total en dos pasos continuos, uno para cada extremo de la “V”, que el programa de análisis de imágenes puede realizar. Su longitud tuvo un valor promedio de  $14 \pm 1.6$  mm.

Un detalle importante es que no encontramos mucha variación en el valor promedio de su longitud, a pesar de que sus límites laterales no se definen claramente y de que fue medido en dos imágenes transversales realizadas a diferentes niveles del encéfalo.

**Cuadro 2. Valores promedio y desviación estándar de las estructuras evaluadas en imágenes digitalizadas de vistas transversales de encéfalo.**

Estructura	Longitud (mm)	Perímetro (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )
Núcleo caudado	ND	$20 \pm 9$	$37.8 \pm 4.8$
Tálamo	ND	$30 \pm 4$	ND
Corteza cerebral	$1.6 \pm 0.2$	ND	ND
Cuerpo calloso	$14 \pm 1.6$	ND	ND

ND. No determinado.

#### IV. VISTA CORONAL DEL ENCÉFALO

Sólo utilizamos la vista que resulta al cortar horizontalmente al encéfalo a la altura del surco rinal lateral, los cortes realizados para obtener esta vista se describen con mayor detalle en material y métodos. En la vista coronal pudimos apreciar y medir

al núcleo caudado, tálamo, colículos rostrales y acueducto mesencefálico, en siete imágenes diferentes.



**Figura VI. Imagen digitalizada de una vista coronal de encéfalo de un canino mestizo mesocefálico. Se muestran las estructuras que se evaluaron en esta vista. 1. Núcleo Caudado. 2. Tálamo. 3. Colículos Rostrales. 4. Acueducto Mesencefálico.**

### **1. Núcleo Caudado**

Como ya se había señalado, el núcleo caudado tiene forma de coma con una gran cabeza. En la imagen coronal utilizada, ésta cabeza resulta cortada en un plano horizontal, de tal forma que en esta imagen aparece como una estructura oval alargada de color azul (Fig. VI-1). Obtuvimos el valor promedio de su perímetro y de su área los cuales fueron de  $30.7 \pm 10$  mm y  $44 \pm 17.6$  mm respectivamente. Las grandes desviaciones obtenidas pueden ser atribuidas a las variaciones observadas en el nivel al cual fue realizado el corte y que en este caso es muy relevante por la forma particular de esta estructura.



## 2. Tálamo

En esta imagen aparece como una estructura formada por dos porciones laterales. Cada una de las cuales es de forma oval, alargada y de color azul. Están dispuestas oblicuamente, de tal manera que se tocan en la línea mediana (Fig. VI-2). Medimos cada una de estas porciones laterales y posteriormente obtuvimos el promedio de los valores obtenidos. Los valores promedio para perímetro y área de las porciones laterales del tálamo fueron de  $42 \pm 0.6\text{mm}$  y de  $88.5 \pm 12 \text{ mm}$  respectivamente.

Encontramos que la desviación estándar para el perímetro fue mínima, sin embargo para el área aumenta de manera importante, este resultado lo podemos atribuir a la diferencia entre individuos, donde probablemente la edad y el sexo sean factores determinantes para provocar estas diferencias.

## 3. Colículos Rostrales

Los colículos rostrales son dos estructuras redondeadas que están unidas en la línea mediana, se localizan sobre el tallo encefálico y por debajo de ellas transita el acueducto mesencefálico. En la imagen coronal que obtuvimos, los colículos rostrales (derecho e izquierdo) son casi circulares, ya que el lado que ve hacia la línea mediana es recto, y de color azul (Fig. VI-3). En este caso medimos ambos colículos rostrales y obtuvimos el valor promedio, en el caso del perímetro fue de  $19.2 \pm 2.4 \text{ mm}$  y el del área fue de  $26.7 \pm 9 \text{ mm}$ . Apreciamos que su contorno y por ende los valores obtenidos se ven modificados por el nivel del corte así como las variantes antes expuestas.

## 4. Acueducto mesencefálico

En esta imagen no es posible apreciar de manera directa al acueducto mesencefálico. así que decidimos medirlo por su relación con los colículos rostrales (Fig. VI-4). Lo medimos en seis imágenes coronales y el valor promedio obtenido

para su longitud fue de  $8.4 \pm 1.6$  mm. Consideramos que esta determinación como fue hecha en base a la estructura anterior tiene las mismas consideraciones en cuanto a la variabilidad o diferencia entre una y otra estructura.

**Cuadro 3. Valores promedio y desviación estándar de las estructuras evaluadas en imágenes digitalizadas de una vista coronal de encéfalo.**

<b>Estructura</b>	<b>Longitud</b>	<b>Perímetro</b>	<b>Área (mm<sup>2</sup>)</b>
<b>Núcleo caudado</b>	ND	30.7 + 10	44 + 17.6
<b>Tálamo</b>	ND	42 + 0.6	88.5 + 12
<b>Colículos rostrales</b>	ND	19.2 + 2.4	26.7 + 9
<b>Acueducto</b>	8.4 + 1.6	ND	ND

ND: No determinado.

## DISCUSIÓN

Al realizar estudios morfométricos del encéfalo es importante considerar estado de salud, edad, sexo y raza de los individuos en estudio (Boyd, 1861; Crichton-Browne, 1878) ya que estas variables se relacionan directamente con ciertas características morfológicas (Weis et al., 1989; Reihlen et al., 1994). Para realizar este estudio tomamos en cuenta la raza y el tipo de cráneo (perros mestizos mesocefálicos), sin embargo como eran perros callejeros provenientes del antirrábico no pudimos determinar fehacientemente la edad y en este estudio no consideramos el sexo de los individuos, ya que esto será objeto de un estudio morfométrico comparativo que podrá realizarse posteriormente (Weis et al., 1989; Reihlen et al., 1994), por lo que no podemos señalar el grado de influencia que estos factores pudieran tener sobre los valores reportados para las diferentes estructuras evaluadas en este estudio.

En la mayoría de las mediciones que realizamos inicialmente (ancho 1, ancho 2, altura y longitud) obtuvimos valores que no mostraron una gran variación, lo cual nos permitió considerar que la recolección de encéfalos (selección, extracción y fijación) era adecuada, en cuanto a homogeneidad, para la realización del presente trabajo. Sin embargo, el peso de los encéfalos mostró una variación importante, que podemos atribuir al hecho de que no estandarizamos la longitud de la médula oblonga, detalle en el cual reparamos al revisar los valores obtenidos, sin embargo para entonces ya no era posible retomar el peso pues los encéfalos ya habían sido cortados y procesados con el fin de obtener las imágenes digitales.

Durante el proceso de fijación, el encéfalo sufre un encogimiento que depende tanto del procedimiento como de la solución usada. También en este proceso la edad del individuo es un factor importante ya que dicho encogimiento es

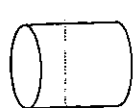
más evidente en cerebros de individuos jóvenes que en los de los viejos (Haug, 1980; Sass, 1982; Uylings et al., 1986).

Algunos autores recomiendan considerar la diferencia entre el peso de los cerebros antes y después de fijados (Eggers et al., 1983; Haug, 1984; Haug, 1985; Kretschmann et al., 1986; Sass, 1982). Sin embargo, Reihlen (1994) menciona que esta diferencia no es estadísticamente significativa. Por otra parte también se señala que el procedimiento de fijación siempre se conduce de la misma manera en todos los tejidos, por lo cual se pueden despreciar o minimizar sus efectos (Haug, 1986). Por todo lo anterior decidimos no considerar el proceso de encogimiento y sólo nos preocupamos porque el proceso de fijación fuera homogéneo para todas las muestras estudiadas (formol 10% durante tres meses).

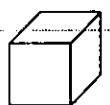
Las dimensiones de algunas estructuras del encéfalo tienden a variar dependiendo de su forma y, sobre todo, por la dirección y orientación del corte. Por ejemplo, si se trata de una estructura de forma triangular y se realiza un corte inicial cercano a una de sus aristas, la dimensión obtenida será mayor conforme se vaya avanzando hacia la base.



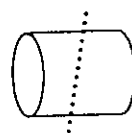
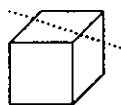
Como se ilustra en las siguientes figuras la orientación del corte influye sobre la forma y las dimensiones que vamos a encontrar en las diferentes estructuras evaluadas.



Cortes Correctos



Corte transversal girado



Corte transversal inclinado

En base a lo anterior es claro que se introduce un factor de variación importante cuando no conseguimos realizar cortes idénticos en todos los encéfalos evaluados. Con el fin de disminuir esta variación es importante no provocar cambios en la forma natural del encéfalo por un mal manejo o una fijación inadecuada, recomendamos que para la fijación, los encéfalos se mantengan suspendidos dentro de la solución fijadora durante el tiempo necesario, con esto evitamos distorsiones provocadas por el propio peso de los encéfalos (Trejo-Maya 1994).

Otra medida adicional es la aplicación de métodos más precisos de corte, para lo cual lo primero es otorgar un soporte definido a los encéfalos ya sea por medio de la congelación o con el uso de parafina o grenetina, en cualquier caso se recomienda el uso de una máquina rebanadora la cual permite hacer cortes homogéneos con el grosor, ubicación y la dirección requeridos (Arroyo, 1962).

Los valores reportados son bastante confiables ya que la calibración es un paso indispensable en todos los estudios morfométricos realizados con un programa de análisis de imágenes, permite relacionar a las dimensiones reales con la imagen digital. Al momento de realizar las primeras determinaciones surgieron dudas sobre la exactitud de dichos valores, así es que volvimos a los encéfalos y corroboramos los valores obtenidos para varias estructuras y en diferentes imágenes. Asimismo, buscamos disminuir los errores por apreciación midiendo por triplicado cada estructura.

Los estudios morfométricos permiten una evaluación más específica y detallada de las estructuras biológicas (organelos, células y tejidos) que componen a los diferentes órganos y sistemas de un organismo y sus resultados pueden ser la base para distinguir lo sano de lo patológico (Nielsen et al., 1986; Strassburger et al., 1997). Actualmente una de sus aplicaciones más importantes se da en el diagnóstico, valoración e identificación temprana de enfermedades tales como las

neoplasias (Bolender et al., 1991a; Vick et al., 1977) y en el diagnóstico de deficiencias nerviosas (Vullo et al., 1997; Lieberman et al., 1992). Creemos que en un futuro cercano los estudios morfométricos serán utilizados con frecuencia en la práctica de la medicina veterinaria por lo que este tipo de estudios van a constituir una herramienta valiosa para el diagnóstico de diferentes patologías y aún consideramos que tendrán aplicación importante en la producción animal por ejemplo en la identificación de animales con un mayor número de células productoras de lana para la disminución de costos al identificar a los animales que tiene mayor número de folículos piloso y hacer cruza entre ellos, y/o identificar a los animales que crecerán más rápido, etc.

Consideramos que el presente estudio será la base para realizar nuevos estudios morfométricos del SNC en razas de caninos que poseen un tipo de cráneo diferente al evaluado en este trabajo y así poder señalar las posibles variaciones existentes. También será importante realizar este tipo de estudios en el SNC de otras especies domésticas, como el gato, que es un animal ampliamente usado en neurociencias.

## CONCLUSIONES

1. En la mayoría de las mediciones que realizamos inicialmente (ancho 1, ancho 2, altura y longitud) obtuvimos valores que no mostraron una gran variación, lo cual nos permitió considerar que los encéfalos recolectados eran lo suficiente homogéneos para la realización del presente estudio.
2. Los valores reportados son bastante confiables ya que para realizar el estudio morfométrico, primeramente se tuvieron que calibrar las imágenes digitalizadas, lo cual nos permitió relacionar las dimensiones reales con la imagen respectiva, además de que los valores obtenidos fueron corroborados mediante medición *in situ*.
3. El programa de análisis de imágenes utilizado para realizar el presente estudio es adecuado para medir con suficiente precisión el perímetro, la longitud, y el área de las principales estructuras del sistema nervioso central, además de ser un método práctico y confiable.
4. Como producto final de este trabajo reportamos una serie de valores ordenados en una tabla y tres cuadros. Estos valores representan dimensiones confiables de las principales estructuras del encéfalo de caninos criollos mesocefálicos de aproximadamente 15 Kg de peso vivo.
5. Obtuvimos varias imágenes digitales de encéfalos procesados con la técnica de Mulligan, las cuales serán utilizadas como material didáctico por los estudiantes de anatomía comparada y/o anatomía topográfica.

## LITERATURA CONSULTADA

1. Aja GS (1987) Tinción General del Cerebro (Mulligan). Curso taller sobre técnicas anatómicas e histológicas. FMVZ, UNAM.
2. Aluja A de (1980) Necropsia en animales domésticos. 1ª edición, CECSA, México.
3. Andersen H, Gadeber PC, Brock B, Jacobsen J (1997) Muscular atrophy in diabetic neuropathy: a stereological magnetic resonance imaging study. *Diabetologia* 40:1062-1069.
4. Arroyo M (1962) Manual de Técnicas Anatómicas. Facultad de Medicina y Veterinaria de Maracay. Aragua, Venezuela.
5. Bacus S, Flowers JL, Press MF, Bacus JW, and McCarty KS (1998) The evaluation of estrogen receptor in primary breast carcinoma by computer-assisted image analysis. *Am J Clin Pathol* 90:233-239.
6. Bolender RP (1991) Quantitative morphology for biologists and computer scientists: I. Computer-aided tutorial for biological stereology. *J Electron Microscop Tech* (in press).
7. Bolender RP, Charleston J, Mottet K, and McCabe JT (1991) Quantitative morphology of the nervous system: Expandig Horizons. *Anat Rec* 231:407-415.
8. Bonin G von (1962) Anatomical asymmetries of the cerebral hemispheres. In Mountcastle V. B., (Ed.) *Interhemispheric relations and cerebral dominance*. Johns Hopkins Press.



9. Boyd, R. (1861) Tables of the weights of the human body and internal organs in the sane and insane of both sexes at various ages, arranged from 2614 postmortem examinations. *Philos Trans R Soc Lond* 151:241-262.
10. Braendgaard H, and Gundersen HJG (1986) The impact of recent stereological advances on quantitative studies of the nervous system. *J Neurosci Method* 18:39-78.
11. Crichton-Browne J (1878) On the weight of the brain and its components parts in the insane. *Brain* 1:504-518.
12. Dyce, Sack, Wensing (1987) Textbook of veterinary anatomy. WB Saunders, Philadelphia, USA.
13. Eggers R, Haug H, and Fischer D (1983) Preliminary report on macroscopic age changes in the human prosencephalon. A stereologic investigation. *J Hirnforsch* 25:129-139.
14. Everall IP, DeTeresa R, Terry R, Masliah E (1997) Comparison of two quantitative methods for the evaluation of neuronal number in the frontal cortex in Alzheimer disease. *J Neuropathol Exp Neurol* 56:1202-1206.
15. Gottlieb MD, Pasik P, and Pasik T (1985) Early postnatal development of the monkey visual system. I. Growth of the lateral geniculate nucleus and striate cortex. *Dev Brain Res* 17:53-62.
16. Haug H (1980) Die abhängigkeit der einbettungsschrumpfung des gehirngewebes vom lebensalter. *Verh Anat Ges* 74:699-700.
17. Haug H (1984) Der einfluss der säkularen akzeleration auf das hirngewicht des menschen und dessen änderung während der alterung, gegenbaurs. *Morph Jahrb* 130:481-500.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

18. Haug H (1985) Gibt es nervenzellverluste während der biologischen alterung in der menschlichen hirnrinde ? Ein morphometrischer beitrag zu dieser frage *Nervenheilkunde* 4:103-109.
19. Haug H (1986) History of neuromorphometry. *J Neurosci Methods* 18:1-17.
20. Hofman M, Fliers E, Goudsmit E, Swaab D (1988) Morphometric analysis of the suprachiasmatic and paraventricular nuclei in the human brain: Sex differences and age-dependent changes. *J Anat* 160:127-143.
21. Jack EM, Bentley P, Bieri F, Muakkassah-Kelly SF, Staublin W, Suter J, Waechter F and Cruz-Orive LM (1990) Increase in hepatocyte and nuclear volume and decrease in the population of binucleated cells in preneoplastic foci of rat liver: A stereological study using the nucleator method. *Hepatology* 11:286-297.
22. Jernigan TL, Belugi U (1990) Anomalous brain morphology on magnetic resonance images in Williams syndrome and Down syndrome. *Arch Neurol* 47:529-533.
23. Kretschmann HJ, Kammradt G, Krathausen I, Sauer B and Wingert F (1986) Brain growth in man . *Bibl Anat* 28:1-26.
24. Lieberman J, Bogerts B, Degreef G, Ashtari M, Lantos G, Alvir J (1992) Qualitative assessment of brain morphology in acute and chronic schizophrenia. *Am J Psychiatry* 149:784-794.
25. Ma SY, Røyttä M, Rinne JO, Collan Y, Rinne UK (1997) Correlation between neuromorphometry in the substantia nigra and clinical features in Parkinson's diseases using dissector counts. *J Neurol Sci* 151:83-87.

26. Nagale RG, Bush KT, Lynch FJ, Lee HY (1991) A morphometric and computer-assisted three-dimensional reconstruction study of neural tube formation in chick embryos. *Anat Rec* 231:425-436.
27. Nielsen KH, Colstrup H, Nilsson T, Gundersen HJG (1986) Stereological estimates of nuclear volume correlated with histopathological grading and prognosis of bladder tumor. *Virchows Arch (Cell Pathol)* 52:41-54.
28. Reihlen A, Weis S, Obermaier G, Dahme E (1994) A morphometric study: Age-dependent changes in the glial cell nests of the canine rhinencephalic allocortex. *Anat Rec* 238: 415-423.
29. Sass NL (1982) The age-dependent variation of the embedding-shrinkage of neurohistological sections. *Mikroskopie* 39:278-281.
30. Scherle W (1970) A simple method for volumetry of organs in quantitative stereology. *Mikroskopie* 26:57-60.
31. Sousa N, Madeira MD, Paula-Barbosa MM (1998) Effects of corticosterone treatment and rehabilitation on the hippocampal formation of neonatal and adult rats. An unbiased stereological study. *794*:199-210.
32. Strassburger TL, Lee HC, Daly EM, Szczepanik J, Krasuski JS, Mentis MJ, Salerno JA, Decaril C, Schapiro MB, Alexander GE (1997) Interactive effects of age and hypertension on volumes of brain structures. *Stroke* 28:1410-1417.
33. Subia P, Mouton P, Fedor H, McArthur JC, Glass JD (1996) Stereological analysis of cerebral atrophy in human immunodeficiency virus-associated dementia. *J Neuropathol Exp Neurol* 55:1032-1037.

34. Tang Y, Nyengaard JR, Pakkenberg B, Gundersen HJ (1997) Age-induced white matter changes in the human brain: a stereological investigation. *Neurobiol Aging* 18:609-615.
35. Trejo-Maya BM (1994) Técnicas de preparación y conservación de piezas anatómicas para docencia e investigación (Recopilación bibliográfica). Tesis de Licenciatura. FES-Cuautitlán, UNAM.
36. Uylings HB, van Eden C, Hofman M (1986) Morphometry of size/volume variables and comparison of their bivariate relations in the nervous system under different conditions. *J Neurol Methods* 18:19-27.
37. Vick NA, Lin MJ, Bigner DD (1977) The role of the subependymal plate in glial tumorigenesis. *Acta Neuropathol.* 40:63-71.
38. Vullo T, Koreman E, Manzano RP, Gomez DG (1997) Diagnosis of cerebral ventriculomegaly in the normal adult's bloodhounds that quantitative MRI uses. *Vet Rad Ultra* 38:277-281.
39. Weis S, Haug H, Holoubek B, Örün B (1989) The cerebral dominances: quantitative morphology of the human cerebral cortex. *Intern J Neuroscience* 47:165-168.