

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN**

“Influencia del peso corporal, edad y sexo en el peso y volumen del encéfalo
en perros (*Canis familiaris*) mestizos mesocefálicos”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

P R E S E N T A:

MANUEL VAZQUEZ ARREDONDO

ASESOR: Dr. Carlos Ignacio Soto Zárate



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.

Dedicatorias

Primeramente a Dios por darme la oportunidad de terminar este proyecto.

A mis padres por haberme dado la oportunidad de estudiar una carrera.

A mis hermanas por su apoyo incondicional en todo momento.

A mis hermanos de Renovación por todas las cosas positivas que he aprendido con ellos.

Reconocimientos.

*A la Universidad Nacional Autónoma De México
por el conocimiento obtenido en sus aulas.*

*Al Dr. Carlos Ignacio Soto Zárate por su apoyo,
confianza y sus conocimientos aportados para
la elaboración de este Proyecto.*

*A los miembros del jurado asignados para la
revisión de este trabajo.*

INDICE

Índice.....	1
Resumen.....	2
Introducción.....	3
Objetivos.....	6
Material y métodos.....	7
Resultados.....	9
I Características de los animales.....	9
II Relación entre el volumen y peso del encéfalo con el peso corporal.....	10
III Relación entre la edad del animal con el volumen y peso del encéfalo.....	12
IV Relación entre el sexo del animal con el volumen y peso del encéfalo.....	12
V Volumen y peso del encéfalo en proporción al peso corporal de machos y hembras en las distintas etapas de la vida	13
VI Efecto del periodo de fijación sobre el volumen y peso del encéfalo.....	14
Discusión.....	20
Conclusiones.....	23
Bibliografía.....	24

RESUMEN

Para realizar el presente trabajo se utilizaron 29 encéfalos que extrajimos de perros mestizos mesocefálicos, medidos con un vernier, provenientes del antirrábico de Cuautitlán, Méx.; los cuales provenían de 14 machos y 15 hembras con un rango de peso que abarcó de los 3 a los 27 Kg., cada uno de ellos fue identificado y se formaron seis grupos de acuerdo con la edad y el sexo. En los encéfalos recién obtenidos se midió su peso y volumen, datos que fueron utilizados para determinar la posible correlación entre el sexo, edad y peso corporal del animal con el tamaño del encéfalo. De acuerdo con los resultados obtenidos podemos señalar que el peso corporal tiene una fuerte correlación con el tamaño del encéfalo. Al obtener el valor proporcional del encéfalo con respecto al peso corporal pudimos comprobar que el volumen y peso del encéfalo disminuye con la edad y que las hembras siempre tienen un encéfalo más grande que los machos en cualquiera de las edades evaluadas. Posteriormente, los encéfalos fueron fijados en formol al 10% durante un periodo de 6 meses, tiempo durante el cual se fue midiendo el peso y el volumen del encéfalo cada 15 días, con los datos obtenidos fuimos capaces de determinar que el encéfalo absorbe una gran cantidad de líquido fijador en los primeros 15 días de fijación aumentando considerablemente su peso y volumen, tiempo en el cual comienzan a descender ambos valores que se evaluaron hasta los 180 días, sin que lograra regresar a sus dimensiones iniciales. Adicionalmente, podemos señalar que la duración del periodo de fijación si afecta el tamaño del encéfalo, de tal forma que se debe tomar en cuenta al momento de realizar estudios morfométricos. Los resultados se representan en cuadros y figuras con el fin de facilitar su comprensión. Podemos comentar que los métodos utilizados para hacer las mediciones de peso y volumen del encéfalo son confiables, ya que se siguieron las técnicas señaladas en la bibliografía. En la actualidad los estudios morfométricos ya son utilizados en medicina humana con fines de diagnóstico y se espera que en poco tiempo también sean utilizados en medicina veterinaria y es entonces que los datos obtenidos en este trabajo serán útiles para identificar casos patológicos específicos.

INTRODUCCIÓN

El sistema nervioso central (SNC) es un sistema que anatómicamente se encuentra protegido por el cráneo y la columna vertebral. Está formado por el encéfalo y la médula espinal. Dentro del encéfalo podemos distinguir tres partes principales; cerebro, cerebelo y tallo encefálico. Por su parte la médula espinal se divide en cinco porciones; cervical, torácica, lumbar, sacra y caudal (Getty 1982, Dyce et al. 1987).

Los órganos que conforman al encéfalo reciben las señales provenientes del medio externo e interno y son ellos los que originan los cambios que hacen posible la adaptación del individuo. A través de múltiples conexiones y mediadores químicos van a regular el funcionamiento del resto de los órganos (Dyce et al. 1987, Getty 1982, Shively 1992).

La red de comunicación que mantiene conectado a cada uno de los sistemas del cuerpo con el SNC, se denomina sistema nervioso periférico (SNP). Este sistema se encarga de captar los cambios sucedidos en el medio externo e interno, los conduce al SNC donde, después de ser procesados, provocan la generación de una respuesta. Dentro de los estímulos ambientales se encuentran; los cambios climáticos, el día y la noche, la luz y las señales de peligro, entre otros (Dyce et al. 1987, Shively 1992, Habel 1981).

Los nervios son los componentes más numerosos y representativos del SNP y los podemos dividir en dos grandes grupos; nervios somáticos (craneales y espinales) y nervios autónomos (simpáticos y parasimpáticos) (Getty 1982, Dyce et al. 1987).

Sin el buen funcionamiento del sistema nervioso en su conjunto, la vida de cualquier individuo sería muy difícil o prácticamente imposible. En relación con este sistema, cabe señalar que cada especie presenta características propias que corresponden con su grado de desarrollo evolutivo (Dyce et al. 1987, Shively 1992).

Los estudios morfométricos permiten obtener datos cuantitativos ayudados por diversas herramientas y técnicas de medición, así se pueden determinar características como peso, tamaño, densidad, volumen, de las diferentes estructuras que conforman a un organismo. Estas mediciones se pueden realizar en cualquier etapa del crecimiento, estado fisiológico y/o patológico del individuo (Haug 1986, Bolender et al. 1991, Bolender 1992).

Los estudios morfométricos tienen la particularidad de ser versátiles de tal manera que se pueden aplicar a diferentes niveles biológicos; organelos, células, tejidos u órganos,

con el fin de emitir el diagnóstico de lesiones específicas como; tumores (Haug 1986), fracturas de la columna vertebral (Pak et al. 1996), glaucoma (Stroux et al. 2003), entre otras.

En la actualidad, los estudios morfométricos ya están siendo aplicados en medicina humana con fines diagnósticos (True 1996) y se espera que en un futuro también sean aplicados con mayor frecuencia en medicina veterinaria (Vullo et al. 1997, De Vico et al. 2002).

Si consideramos que el SNC es un aparato de difícil exploración y que la aplicación de los métodos usuales de diagnóstico por imagen (rayos X y ultrasonido) suelen ser poco útiles, el diagnóstico de patologías propias del SNC se torna particularmente difícil, sino es que imposible (Feeney et al. 1991, Keally y McAllister 2000, Oliver y Green 1983). Así, las técnicas de elección son la Tomografía Computarizada (TC) y la Imagen por Resonancia Magnética (IRM), estas técnicas de neurodiagnóstico son frecuentemente usadas en medicina humana y permiten diagnósticos finos y certeros (Gaser et al. 2001, Ashburner et al. 1998, Buchsbaum et al. 1997). Actualmente, sin embargo, esta tecnología es de disposición limitada en medicina veterinaria, pero es con estas técnicas (TC e IRM) con las que los datos morfométricos del SNC tendrán un valor aplicado importante (Assheuer y Sager 1997, Fike et al. 1986).

Por otro lado, en el SNC del perro se han reportado varios cambios que se llegan a presentar en relación con la edad del animal como son placas seniles, cambios vasculares cerebrales y alteraciones neuronales (Cummings et al. 1996), y se ha llegado a comentar la probable utilidad de esta especie como un modelo animal adecuado para estudiar la enfermedad de Alzheimer (Cummings et al. 1996, Uchida et al. 1991). Lo cual hace interesante evaluar desde el punto de vista de la morfometría los posibles cambios que puede inducir la edad en el tamaño del encéfalo.

También se sabe que durante el periodo de fijación ocurren cambios en el volumen del encéfalo. Al inicio, hay un notable incremento en el volumen del encéfalo el cual entonces disminuye como una función exponencial inversa hasta casi alcanzar el valor inicial (Scherle 1970; Weibel 1979). Se ha señalado que los encéfalos fijados sufren considerables distorsiones, las cuales son influenciadas no sólo por el modo y duración de la fijación y el tipo de fijador sino también por la edad del sujeto (Mayhew et al. 1990). Sin

embargo, a la fecha no se ha determinado la magnitud de los cambios inducidos por el periodo de fijación en el tamaño del encéfalo de los caninos y si la duración de este periodo disminuye o no los cambios iniciales.

OBJETIVOS

- A). Determinar la relación del peso corporal con el peso y volumen del encéfalo de un perro mestizo mesocefálico.

- B). Determinar la influencia que tiene el sexo y la edad del animal sobre el peso y volumen del encéfalo de un perro mestizo mesocefálico.

- C). Evaluar el efecto de la duración del periodo de fijación con formol al 10% sobre el peso y volumen del encéfalo de un perro mestizo mesocefálico.

- D). Proporcionar los valores de peso y volumen en cerebros frescos normales que permitan realizar estudios comparativos con casos clínicos específicos.

MATERIAL Y MÉTODOS

a) Sujetos de estudio

Los animales empleados en este estudio fueron obtenidos del antirrábico de Cuautitlán, Méx., y sacrificados mediante la aplicación de una sobredosis de pentobarbital sódico (Sedalvet) por vía endovenosa. Los encéfalos fueron extraídos inmediatamente después del sacrificio según el método descrito por Aluja (1980) y modificado por Trejo-Maya (1994). Con el fin de seleccionar homogéneamente a los sujetos que serían incluidos, se determinó elegir sólo animales mesocefálicos, los cuales son aquellos que presentan un cráneo de longitud y anchura intermedia. Anatómicamente, esta característica se puede definir mediante el índice cefálico, el cual representa la relación que existe entre la anchura y la longitud de la calavera expresada en base a 100, en los perros mesocefálicos este valor debe estar alrededor de 70 (Getty, 1982). En promedio los animales considerados para este estudio tuvieron un índice cefálico igual a 73.

Para realizar este estudio utilizamos 29 cadáveres de perros mesocefálicos distribuidos en seis grupos de acuerdo con la siguiente tabla.

Edad	Machos	Hembras
Hasta 6 meses	5	6
Entre 1 y 3 años	4	5
Entre 12 y 16 años	5	4

b) Obtención de los encéfalos

Una vez sacrificado, el cadáver fue pesado en una báscula romana y el valor obtenido fue registrado en una libreta. La edad fue calculada en base al desgaste mostrado en los dientes de acuerdo con Habel (1981), además se anotó el sexo y la fecha, para llevar un control estricto de las mediciones. Posteriormente se realizó la extracción del encéfalo de acuerdo con el método descrito por Aluja (1980) y modificado por Trejo-Maya (1994).

c) Determinación del volumen encefálico

La determinación del volumen se realizó inmediatamente después de extraer y enjuagar el cerebro y se hizo por medio de la técnica de desplazamiento de líquidos (Scherle 1970, Mayhew et al. 1990). Para ello se coloca, sobre una base metálica, un vaso largo lleno de agua hasta el borde; posteriormente se deposita con cuidado el encéfalo dentro del vaso, lo cual ocasiona que se derrame una cierta cantidad de agua, la cual cae dentro de una charola colocada previamente debajo de la base metálica. Posteriormente, se retira esta charola y el agua derramada es medida en una probeta. El valor registrado en la probeta es el volumen de agua desplazada por el encéfalo, por lo que de manera indirecta ese valor se puede considerar como el volumen del encéfalo.

d) Determinación del peso encefálico

La determinación inicial se realizó en fresco, inmediatamente después de la extracción. Antes de realizar el pesaje, se permitió que escurriera el exceso de agua, cada uno de los encéfalos se pesó en una balanza de precisión (O'hauss).

e) Evaluación del periodo de fijación.

Se anotaron el peso y volumen junto con los datos de identificación. Posteriormente, los encéfalos fueron colocados en una cubeta con formol al 10% en el cual quedaron suspendidos y sujetos de la arteria basilar, aquí permanecieron durante 15 días, después de los cuales, se volvió a determinar su peso y volumen. Después de estos 15 días fueron colocados en un recipiente individual rotulado. Las mediciones fueron realizadas cada 15 días hasta llegar a los 60 días y posteriormente se realizaron cada 30 días hasta alcanzar los 180 días.

f) Análisis de datos

Con el fin de analizar los datos registrados, estos se ordenaron de acuerdo con el parámetro que se deseaba explorar, esto es, edad, sexo, peso corporal o periodo de fijación y, en cada caso, se obtuvieron el promedio y la desviación estándar y los valores obtenidos sirvieron para elaborar tablas y figuras.

Para determinar la influencia de los parámetros estudiados se determinó el coeficiente de correlación entre la edad y el peso corporal con el peso y volumen del encéfalo.

RESULTADOS

I. Características de los animales.

Los animales de este trabajo fueron agrupados de acuerdo con su edad y sexo. Esto es, se formaron tres grupos; en el primero de ellos se eligieron animales cachorros de un máximo de 6 meses de edad, en otro grupo se colocaron animales jóvenes de 1 a 3 años y, finalmente, un grupo de animales mayores con más de 12 años de edad. En todos los casos, los machos y las hembras, fueron agrupados por separado, con lo cual tuvimos un total de seis grupos.

Debido a que en los caninos encontramos una gran variedad de tamaños, se tuvo un rango muy amplio en el peso corporal entre los animales independientemente de su edad, de tal forma que, el peso vivo animal fue el factor determinante para la conformación de los grupos y eliminación de aquellos animales que aún cuando cumplían con el requisito de la edad se salían de los límites de peso corporal marcados por el resto de los animales del grupo.

En general podemos señalar la conformación de seis grupos. En el primer grupo se colocaron a seis hembras de 2 a 4 meses de edad y un peso corporal de 3 a 6 Kg. En el segundo grupo se tienen cinco machos de 4 a 6 meses de edad y con un peso corporal de 4.250 a 10 Kg. El grupo número 3 se formó con cinco hembras jóvenes de 1.5 a 3 años y un peso corporal de 5 a 9 Kg. En el grupo 4 se colocaron cuatro machos jóvenes de 1 a 1.5 años de edad y su peso corporal estuvo comprendido entre 9 y 16 Kg. En el grupo 5 se tienen cuatro hembras de 12 a 16 años de edad y un peso corporal de 14 a 18 Kg. Finalmente, el grupo número 6 se formó con cinco machos de 13 a 15 años de edad y un peso corporal de 23 a 27 Kg. (Tabla 1).

Grupo	Número	Peso Corporal (Kg.)	Edad	Sexo
1	4	3.000	2.5 meses	Hembra
	8	4.500	3.0 meses	Hembra
	11	4.200	2 meses	Hembra
	12	6.000	4 meses	Hembra
	13	4.000	2.5 meses	Hembra
	15	3.000	2.5 meses	Hembra
2	5	5.000	4 meses	Macho
	6	10.000	5 meses	Macho
	14	4.250	4 meses	Macho
	16	6.000	6 meses	Macho
	20	8.500	6 meses	Macho
3	2	7.800	1.5 años	Hembra
	3	9.000	1.5 años	Hembra
	7	7.000	2.0 años	Hembra
	9	5.500	1.5 años	Hembra
	10	5.000	3.0 años	Hembra
4	1	10.000	1.0 años	Macho
	17	9.000	1.0 años	Macho
	21	16.000	1.5 años	Macho
	22	13.000	1.5 años	Macho
5	26	18.000	12 años	Hembra
	27	14.000	16 años	Hembra
	28	16.000	14 años	Hembra
	29	17.500	16 años	Hembra
6	18	23.000	13 años	Macho
	19	27.000	14 años	Macho
	23	26.000	13 años	Macho
	24	26.000	15 años	Macho
	25	25.000	15 años	Macho

Tabla 1. Características de los animales incluidos en este trabajo (n = 29).

II. Relación entre el volumen y peso del encéfalo con el peso corporal.

Con el fin de determinar la correlación que existe entre el peso corporal de los animales con el volumen y peso del encéfalo, se tomaron todos los datos obtenidos, independientemente de las características de sexo y edad y se realizó una gráfica en la cual se consideró el peso corporal y el volumen del encéfalo y, otra donde, se graficó el peso corporal y el peso encefálico.

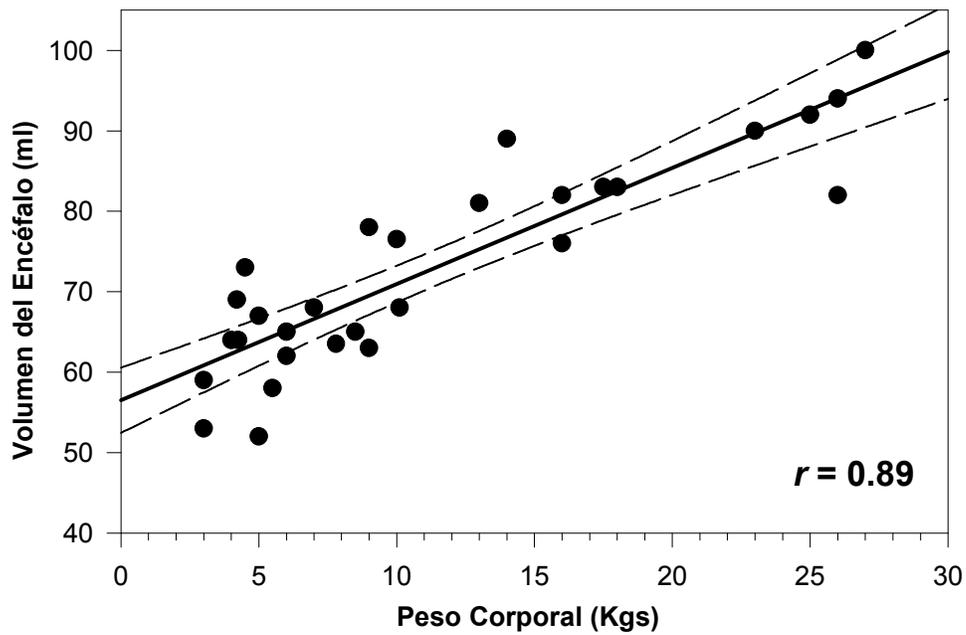


Figura 1. Relación entre el volumen del encéfalo y el peso corporal. Las líneas punteadas señalan el intervalo de confianza para el conjunto de datos considerando un 95% de confiabilidad.

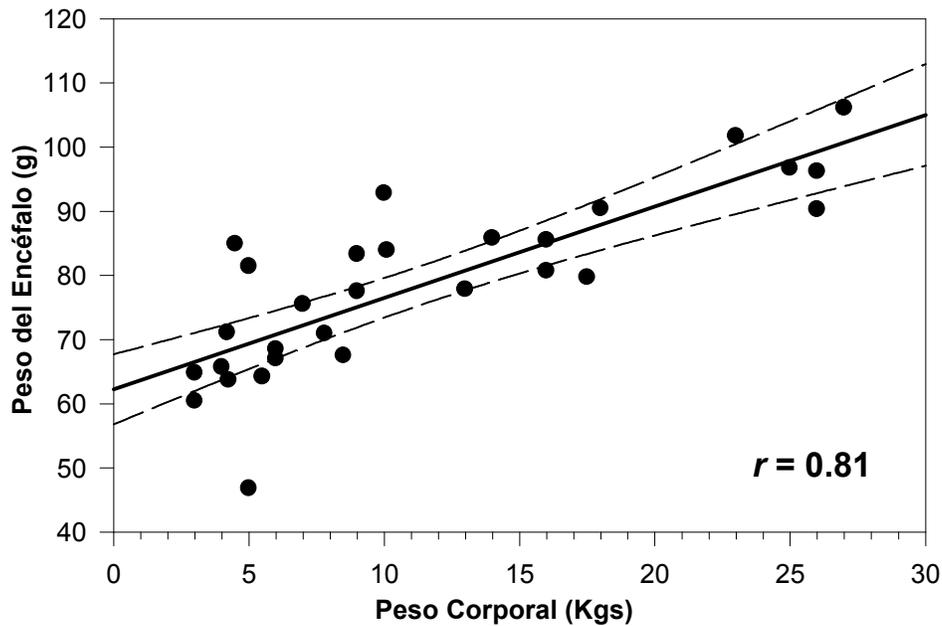


Figura 2. Relación entre el peso del encéfalo y el peso corporal. Las líneas punteadas señalan el intervalo de confianza para el conjunto de datos considerando un 95% de confiabilidad.

En la figura 1 se muestra la correlación entre el peso corporal y el volumen del encéfalo y en ella determinamos un valor de $r = 0.89$. En la figura 2 se muestra la correlación entre el peso corporal y el peso del encéfalo, y en ella se obtuvo un valor de $r = 0.81$. Por lo cual podemos señalar que existe una fuerte correlación entre el peso corporal y el tamaño del encéfalo.

III. Relación entre la edad del animal con el volumen y peso del encéfalo.

Con el fin de determinar la relación que existe entre la edad del animal con el volumen y peso del encéfalo, se elaboró la tabla 2 en la que se agrupa a los animales de acuerdo con la edad determinada mediante la observación del desgaste de los dientes (Habel RE, 1981) y el volumen y peso que los encéfalos registraron en fresco.

Como podemos apreciar, conforme aumenta la edad aumenta el volumen y el peso del encéfalo (Tabla 2). Sin embargo, al realizar una análisis de correlación entre los valores registrados, encontramos que el coeficiente de correlación (r) tiene un valor de 0.01 por lo que podemos señalar que no existe ningún tipo de correlación entre estas características.

Etapa	Edad	Volumen (ml)	Peso (g)	Peso corporal (Kg.)
Cachorros	2 – 6 meses	65.2 ± 6.4	71.6 ± 10.2	5.3 ± 2.2
Jóvenes	1 – 3 años	67.5 ± 9.6	73.4 ± 11.7	9.2 ± 3.5
Mayores	12 – 16 años	88.3 ± 6.3	92.5 ± 8.4	21.4 ± 5.0

Tabla 2. Volumen y peso de encéfalos frescos en relación con la edad y el peso corporal.

IV. Relación entre el sexo del animal con el volumen y peso del encéfalo.

Para determinar la posible relación entre el sexo y las características de volumen y peso del encéfalo en fresco, se agruparon los datos tomando en consideración el sexo del animal y, con el fin de apreciar mejor esta relación, los datos fueron subdivididos de acuerdo con la edad.

La tabla 3 nos muestra que el peso y volumen del cerebro aumenta en una proporción mucho mayor que el peso corporal conforme aumenta el peso corporal también aumenta el peso y volumen del cerebro.

Etapas	Volumen (ml)	Peso (g)	Peso corporal (Kg)
Cachorros	67.5 ± 5.1	74.8 ± 12.1	6.8 ± 2.4
Cachorras	63.3 ± 7.1	69.0 ± 8.5	4.1 ± 1.2
Machos Jóvenes	75.8 ± 5.6	81.4 ± 2.8	12.0 ± 3.1
Hembras Jóvenes	60.9 ± 6.1	67.0 ± 12.4	6.9 ± 1.6
Machos Mayores	91.6 ± 6.5	98.2 ± 6.0	25.4 ± 1.5
Hembras Mayores	84.3 ± 3.2	85.4 ± 4.4	16.4 ± 1.8

Tabla 3. Volumen y peso de encéfalos frescos en relación con la edad, el sexo y el peso corporal de los animales.

V. Volumen y peso del encéfalo en proporción al peso corporal de machos y hembras en las distintas etapas de la vida.

Con el fin de ofrecer una idea más clara del volumen y peso del encéfalo y de como son afectadas estas características por el sexo y la edad de los animales, calculamos el valor proporcional del volumen y peso del encéfalo en relación con el peso corporal y los valores obtenidos se agruparon por edades (Figuras 3 y 4).

El volumen del encéfalo representa entre 0.36 - 1.52% del peso corporal, teniendo un porcentaje mayor en los cachorros (1.16-1.52%) que en los animales jóvenes (0.63-0.89%) y mayores (0.36-0.51%). Mientras que el peso del encéfalo representa entre 0.39 - 1.63% del peso corporal, teniendo un porcentaje mayor en los cachorros (1.31-1.63%) que en los animales jóvenes (0.68-0.98%) y mayores (0.39-0.52%).

De acuerdo con los datos obtenidos se puede señalar que en todas las etapas de la vida, esto es cachorros, jóvenes y mayores, las hembras tuvieron, proporcionalmente al peso corporal, un mayor volumen y peso del encéfalo que los machos. También es importante señalar que el tamaño proporcional del encéfalo disminuye con la edad (Figuras 3 y 4).

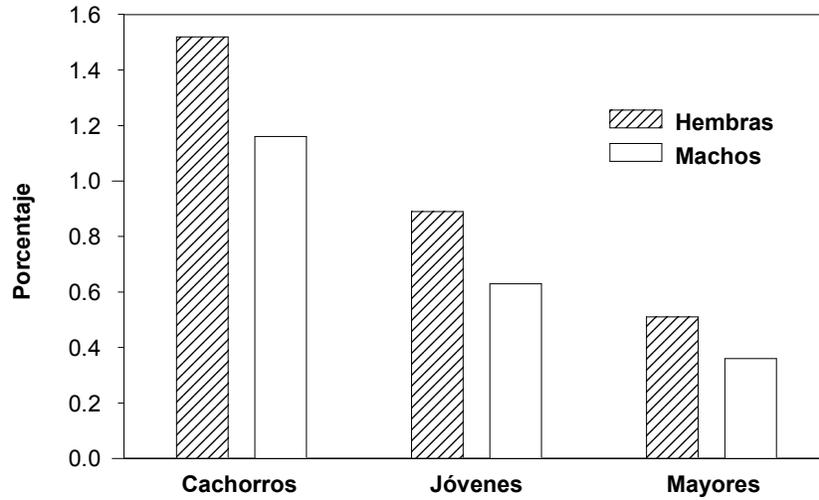


Figura 3. Valor proporcional del volumen del encéfalo con respecto al peso corporal de los animales.

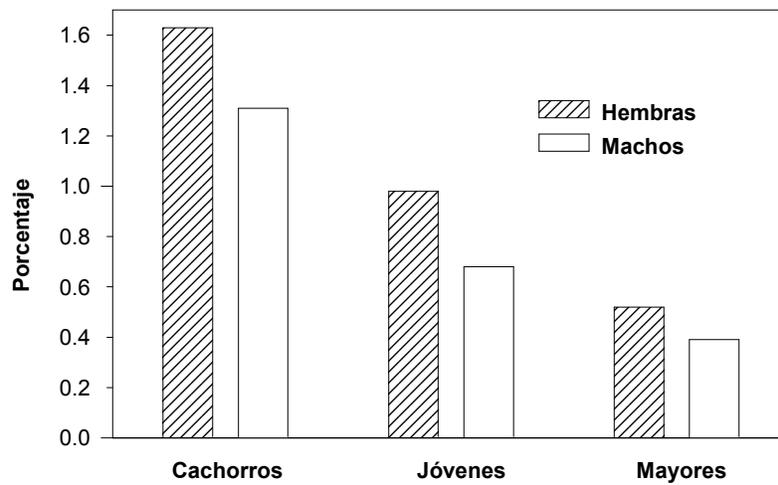


Figura 4. Valor proporcional del peso del encéfalo con respecto al peso corporal de los animales.

VI. Efecto del periodo de fijación sobre el volumen y peso del encéfalo.

Se sabe que el proceso de fijación en una solución de formol altera las características de volumen y peso del encéfalo (Scherle 1970; Weibel 1979), también que esto depende de la edad del animal y del tiempo que dure dicho periodo (Mayhew et al. 1990). Sin embargo, hasta la fecha no se han determinado valores específicos para los encéfalos de canino.

Con el fin de determinar la manera como el periodo de fijación afecta el tamaño del encéfalo de canino, los encéfalos obtenidos fueron sometidos a un periodo de fijación en formol al 10% de seis meses. Durante este periodo se determinó el volumen y peso de los encéfalos cada quince días durante los primeros dos meses y, posteriormente, cada 30 días hasta completar el periodo total de 180 días. Los datos obtenidos se agruparon de acuerdo con la edad del animal y con el fin de que el peso del animal no influyera sobre los valores mostrados se hicieron gráficas donde además de la edad, también se utilizó el sexo como criterio para agrupar los datos (Figuras 5, 6, 7 y 8).

Volumen del Encéfalo Fijado.

Se puede señalar que en los tres grupos de edades, el encéfalo mostró un drástico aumento de volumen en los primeros 15 días de fijación. Posterior a esta primera etapa se aprecia que el volumen empieza a disminuir, aún y cuando encontramos algunos altibajos en los diferentes grupos en estudio, resulta evidente que las gráficas muestran una tendencia a disminuir conforme transcurre el tiempo (Figuras 5 y 6).

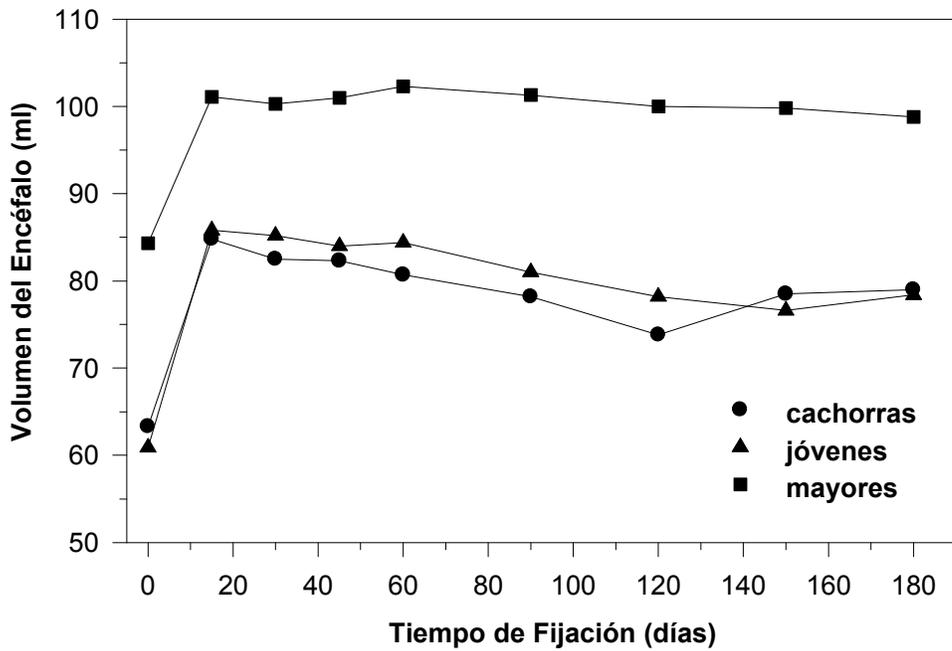


Figura 5. Variación del volumen en encéfalos provenientes de animales hembras en relación con el periodo de fijación.

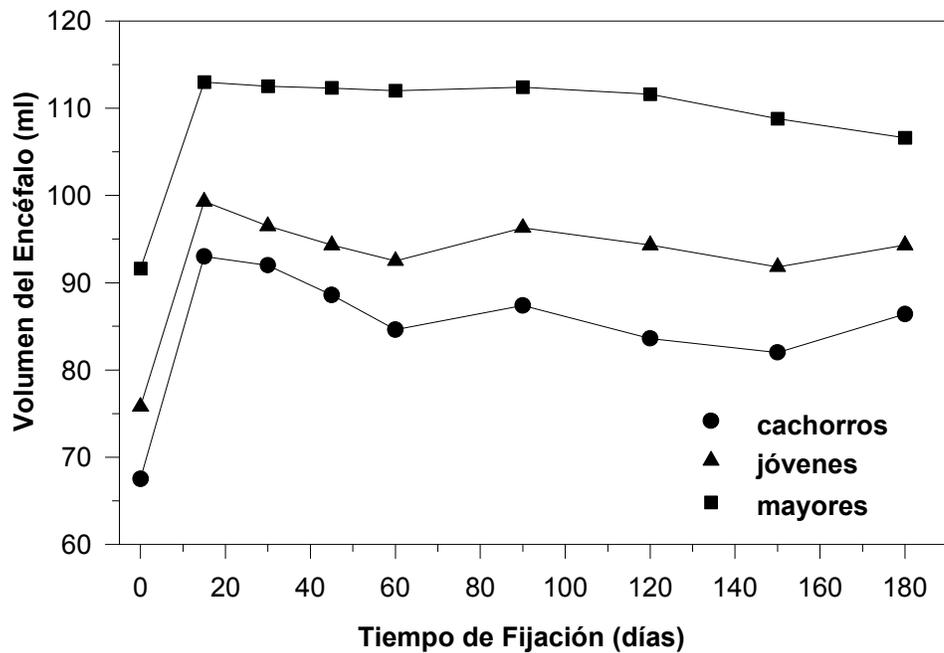


Figura 6. Variación del volumen en encéfalos provenientes de animales machos en relación con el periodo de fijación.

De acuerdo con el comportamiento de la curva mostrada en las figuras 5 y 6 se decidió elaborar una tabla que mostrara de manera más clara los tres momentos más importantes del proceso de fijación, que son; el volumen del encéfalo en fresco (volumen inicial), el volumen máximo alcanzado (volumen a los 15 días) y el volumen al final del periodo de fijación (volumen a los 180 días).

En la tabla 4 se aprecia que el volumen de los encéfalos provenientes de animales cachorros y jóvenes mostró un aumento inicial más grande que los de los animales mayores. Igualmente, al final del periodo de evaluación, vemos que los encéfalos de los cachorros y los jóvenes mantuvieron un aumento de volumen mayor que los encéfalos provenientes de animales mayores. Esto es, podemos señalar que los animales cachorros y jóvenes mostraron un aumento inicial superior y al final mantuvieron un mayor volumen que los animales mayores.

Etapa	Volumen del Encéfalo		
	Inicial ml.	15 días ml. (%)	180 días ml. (%)
Cachorras	63.3	84.8 (34.0)	79.0 (24.8)
Cachorros	67.5	93.0 (37.7)	86.4 (28.0)
Hembras jóvenes	60.9	85.8 (40.9)	78.4 (28.7)
Machos Jóvenes	75.8	99.3 (31.0)	94.3 (24.4)
Hembras mayores	84.3	101.1 (19.9)	98.8 (17.2)
Machos mayores	91.6	113.0 (23.4)	106.6 (16.4)

Tabla 4. Volumen del encéfalo en relación con el tiempo de fijación.

Peso del encéfalo Fijado.

Se puede apreciar que en todos los grupos de edades el encéfalo mostró un drástico aumento de peso en los primeros 15 días de fijación. Posteriormente se aprecia que el peso del encéfalo empieza a disminuir paulatinamente pero de manera continua con cada una de las determinaciones. Después de los 6 meses el peso del encéfalo prácticamente no mostró variación y esta fue la razón por la cual decidimos no alargar más el periodo de evaluación (Figuras 7 y 8).

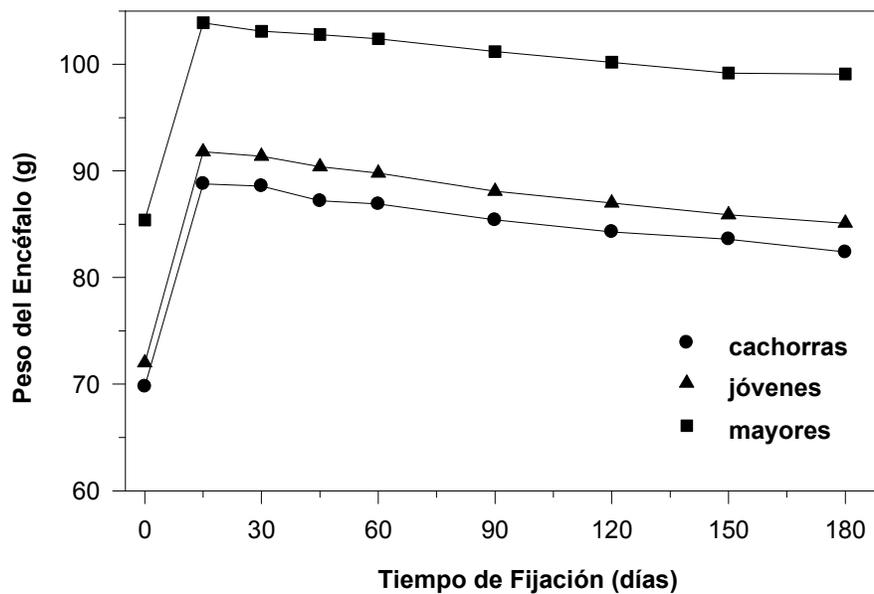


Figura 7. Variación del peso en encéfalos provenientes de animales hembras en relación con el periodo de fijación.

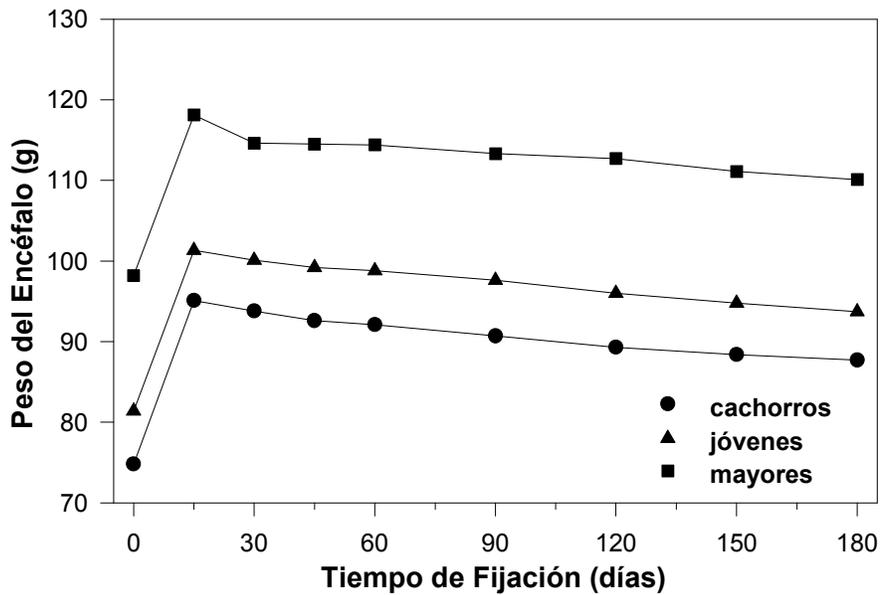


Figura 8. Variación del peso en encéfalos provenientes de animales machos en relación con el periodo de fijación.

Se puede apreciar que el volumen disminuye en menor proporción que el peso, de tal manera que al término de los 180 días, se acerca menos al volumen inicial que la característica de peso (figuras 7 y 8). Con el fin de comprobar esta afirmación se elaboró una tabla con los datos de; peso inicial, peso a los 15 días y peso a los 180 días.

En la tabla 5 se muestra que los cachorros y los jóvenes mostraron un aumento inicial ligeramente superior que los mayores. Por otra parte, al revisar la relación entre el peso determinado a los 15 días (peso máximo alcanzado) con el peso obtenido al final del periodo de fijación se puede notar que los cachorros y los jóvenes quedan con un sobrepeso del encéfalo, un poco más alto que los animales mayores.

Etapa	Peso del Encéfalo		
	Inicial	Máximo (%)	180 días (%)
Cachorras	69.8	88.8 (27.2)	82.4 (18.0)
Cachorros	74.8	95.1 (27.1)	87.7 (17.2)
Hembras jóvenes	72.0	91.8 (27.5)	85.1 (18.2)
Machos jóvenes	81.4	101.3 (24.4)	93.6 (15.0)
Hembras mayores	85.4	103.9 (21.7)	99.1 (16.0)
Machos mayores	98.2	118.3 (20.5)	109.3 (11.3)

Tabla 5. Peso del encéfalo en relación con el tiempo de fijación.

Así se puede señalar que la edad ejerce una influencia importante sobre la manera como el periodo de fijación afecta el tamaño del encéfalo. También es importante notar que la característica de volumen regresa en menor proporción que el peso a los valores iniciales mostrados.

DISCUSIÓN

Al realizar estudios morfométricos del encéfalo es importante considerar el estado de salud, edad, sexo y raza de los individuos en estudio (Haug 1986, Bolender et al. 1991, Bolender 1992) ya que estas variables se relacionan directamente con algunas características morfológicas. Por este motivo se tuvo particular cuidado al momento de seleccionar los sujetos de estudio y se determinó que cumplieran con ciertas características de edad, sexo y peso corporal. También se hizo énfasis en el tipo de cráneo de los animales utilizados en este estudio, ya que las características morfológicas del encéfalo de un animal mesocefálico, no son las mismas que en un braquicefálico.

La edad de los animales fue determinada con base al desgaste de los dientes (Habel R.E. 1981), este método, como cualquier otro, tiene un cierto margen de error. Dentro de las variables que pudiéramos considerar está el hecho de que al ser animales provenientes del antirrábico no se tienen datos sobre su procedencia y por lo tanto no se sabe que tipo de alimento recibían, lo cual suele ser un factor importante sobre el desgaste que sufren los dientes, además de que no sabíamos si estaban desparasitados, vacunados o sufrieron algún traumatismo en el transcurso de su vida, es importante señalar que decidimos estudiar animales que pertenecen a edades bien caracterizadas (cachorros, jóvenes y mayores), de tal manera que no hubiera posibilidad de confusión. De igual manera, consideramos de manera sobresaliente la característica de sexo ya que se menciona que es un factor importante a estudiar para determinar su influencia en las características morfológicas del encéfalo (Rosales-González 2001, Mayhew et al. 1990).

Otra de las características y, posiblemente la más importante, fue el peso corporal, para esto determinamos un rango estrecho de peso, de tal forma que aunque los perros cumplieran con las características de edad y sexo, si su peso corporal no correspondía con el rango marcado, eran descartados. Se puso mucha atención en esto, con el fin de que no hubiera grandes diferencias entre los sujetos de estudio y que dicha diferencia pudiera influir sobre las conclusiones finales. De manera general se puede apreciar que a edad equivalente el volumen y el peso del encéfalo de las hembras fue menor que en los machos.

Con el fin de disminuir al mínimo el margen de error, previo a la determinación del peso del encéfalo fijado, se colocaron a los encéfalos sobre toallas desechables y se

permitió que escurriera el líquido fijador durante 5 minutos, después de lo cual, se pesaron en la báscula. Podemos comentar que la determinación de peso está menos expuesta a error debido a que la báscula es más exacta que nuestra apreciación con el volumen en la probeta, y por consiguiente el valor del peso mostró menos variaciones que el de volumen.

Al aumentar el peso corporal encontramos un aumento en el volumen y peso del encéfalo y al intentar correlacionar estas características encontramos que el volumen mostró una mayor correlación ($r = 0.89$) que el peso ($r = 0.81$). Así, podemos señalar que existe una influencia importante del peso corporal con el peso y volumen del encéfalo, de tal manera que incluso podemos determinar de manera aproximada el tamaño del encéfalo a partir del peso corporal.

De manera general se puede apreciar que a edad equivalente el volumen y el peso del encéfalo de las hembras fueron menores que en los machos, Sin embargo es necesario notar que también a edad equivalente encontramos un peso corporal menor en las hembras que en los machos. De acuerdo con los resultados encontrados se puede señalar que conforme aumenta la edad aumenta el tamaño y el peso del encéfalo, sin embargo es necesario notar que esto puede ser relacionado al aumento en el peso corporal que de manera natural ocurre con la edad. Al obtener el valor del índice de correlación ($r = 0.01$) se pudo comprobar que no existe ningún tipo de correlación entre la edad del animal y el tamaño del encéfalo.

Respecto al sexo se encontró que las hembras, con un peso corporal equivalente al de los machos, tuvieron un encéfalo de mayor volumen y peso, ya que obteniendo la relación porcentual del encéfalo con el peso corporal, las hembras siempre tuvieron un valor más alto que los machos en todas las etapas de la vida (cachorros, jóvenes y mayores). Por lo que podemos señalar que el sexo si ejerce una influencia importante sobre el peso y volumen del encéfalo.

Se sabe que con el proceso de fijación los cerebros pueden sufrir considerables distorsiones (Mouritzen-Dam 1979) las cuales son influidas no sólo por el modo y tiempo de fijación, sino también por el tipo de fijador y la edad del animal (Sass 1982, Uylings et al. 1986). Reihlen (1994) menciona que la diferencia en el peso de los cerebros antes y después de fijados no es estadísticamente significativa. 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). Sin embargo, nosotros encontramos que los efectos de la fijación si ejercen una influencia importante sobre el peso y volumen del encéfalo y que por lo tanto no se deben ignorar o minimizar dichos efectos.

Como se muestra en los resultados, el volumen y el peso de los encéfalos aumentaron los primeros 15 días por la absorción del líquido fijador y aunque después comenzaron a disminuir su tamaño, al final de los 180 días que duró el periodo de fijación registramos que los valores de peso y volumen del encéfalo aun eran superiores a los iniciales.

Por lo tanto es recomendable determinar volúmenes del cerebro en fresco y después del periodo de fijación siempre que sea posible (Eggers et al. 1983, Kretschmann et al. 1986, Sass 1982, Mayhew et al. 1990). Otra observación importante se refiere al hecho de que las determinaciones de peso y volumen no se deben realizar en los primeros 15 días de fijación, ya que es el momento en el cual el encéfalo muestra el mayor aumento de tamaño, de ser posible es mejor que se realicen en cerebros que tengan más de 180 días en fijación y que, aún así se debe considerar un cierto porcentaje adicional que variará con la edad del sujeto.

A lo largo del periodo de fijación el volumen y peso del encéfalo tuvieron un comportamiento similar, con una tendencia a la baja bien definida. Es necesario decir que el peso mostró menos variaciones, ya que el volumen, en algunas ocasiones, mostró pequeños altibajos que pueden ser atribuidos a errores de apreciación cometidos al momento de hacer las mediciones, situación que no ocurre con el peso.

Los valores de peso y volumen de cerebro siguieron un patrón muy parecido en las tres etapas, en que agrupamos a los animales, adicionalmente se debe señalar que dicho comportamiento no mostró diferencias entre machos y en hembras.

CONCLUSIONES

1. El peso corporal mostró una correlación mayor que la edad y el sexo con el volumen y peso del encéfalo.
- 2.- La proporción del volumen y peso del encéfalo en relación con el peso corporal del animal disminuye con la edad.
- 3.- En relación con el peso corporal, las hembras siempre tuvieron proporcionalmente, un mayor volumen y peso encefálico que los machos, en cualquiera de las edades evaluadas, esto es, cachorros, jóvenes y mayores.
- 4.- El encéfalo absorbe una gran cantidad de reactivo fijador en los primeros 15 días de fijación aumentando considerablemente su peso y volumen, después de los cuales inicia una pérdida de peso y volumen que se evaluó hasta los 180 días, sin que lograra regresar a sus dimensiones iniciales.
5. La duración del periodo de fijación si afecta el peso y volumen del encéfalo, de tal forma que se debe tomar en cuenta al momento de realizar estudios morfométricos.

Grupo	Número	Peso Corporal (Kg)	Edad	Sexo	Vol. Inicial (ml)	Vol. 15 días. (ml)	Vol. 180 días. (ml)	Peso inicia l. (g)	Peso 15 días. (g)	Peso 180 días. (g)
1	4	3.000	2.5 meses	Hembra	59	66	58	64.8	68.1	62.8
	8	4.500	3.0 meses	Hembra	73	101	91	84.9	100.6	93.1
	11	4.200	2 meses	Hembra	69	95	86	71.1	94	86.4
	12	6.000	4 meses	Hembra	62	84	75	67	85.3	79
	13	4.000	2.5 meses	Hembra	64	85	82	65.7	83	80
	15	3.000	2.5 meses	Hembra	53	78	72	60.4	81.3	73.6
2	5	5.000	4 meses	Macho	67	105	94	81.4	105.1	94.8
	6	10.000	5 meses	Macho	76.5	119	108	92.8	119.1	111.5
	14	4.250	4 meses	Macho	64	75	72	63.7	79.9	73.8
	16	6.000	6 meses	Macho	65	86	81	68.5	88.7	82.2
	20	8.500	6 meses	Macho	65	80	77	67.5	82.8	76.3
3	2	7.800	1.5 años	Hembra	63	89	80	70.9	89.7	84.2
	3	9.000	1.5 años	Hembra	63	97	85	77.5	97.8	91.4
	7	7.000	2.0 años	Hembra	68	97	91	75.5	98	89.6
	9	5.500	1.5 años	Hembra	58	81	70	64.2	81.7	75.5
	10	5.000	3.0 años	Hembra	52	65	66	46.8	71.2	65.8
4	1	10.000	1.0 años	Macho	68	106	97	83.9	106.1	98.8
	17	9.000	1.0 años	Macho	78	101	96	83.3	102.6	95.7
	21	16.000	1.5 años	Macho	76	95	94	80.7	100.9	92.8
	22	13.000	1.5 años	Macho	81	95	90	77.8	95.4	87.4
5	26	18.000	12 años	Hembra	83	106	110	90.4	110	105.2
	27	14.000	16 años	Hembra	89	100	98	85.8	105	99.9
	28	16.000	14 años	Hembra	82	99	95	85.5	101.5	97.7
	29	17.500	16 años	Hembra	83	100	92	79.7	99	93.5
6	18	23.000	13 años	Macho	90	116	110	101.7	123	115.9
	19	27.000	14 años	Macho	100	118	114	106.1	124.5	113.8
	23	26.000	13 años	Macho	94	121	113	96.2	124	112.7
	24	26.000	15 años	Macho	82	100	93	90.3	104	97.8
	25	25.000	15 años	Macho	92	110	103	96.7	116	110.3

Tabla 6. Resumen de datos obtenidos en el presente estudio.

Bibliografía Consultada

- Aluja A de. Necropsia en animales domésticos. 1ª edición, México: Editorial CECSA 1980.
- Ashburner J, Hutton C, Frackowiack R, Johnsrude I, Price C, Friston K. Identifying global anatomical differences: Deformation-based morphometry. *Hum Brain Mapp* 1998; 6:348-357.
- Assheuer J, Sager M. MRI and CT atlas of the dog. 1st ed. USA (Cambridge): Blackwell Science 1997.
- Bolender RP. Quantitative morphology for biologist and computer scientist: I. Computer-aided tutorial for biological stereology (version 1.0). *Micros Res Tech* 1992; 21:338-346.
- Bolender RP, Charleston J, Mottet K, McCabe JT. Quantitative morphology of the nervous system: Expanding horizons. *Anat Rec* 1991; 231:407-415.
- Buchsbaum MS, Yang S, Hazlett E, Siegel BV jr, Germans M, Haznedar M, O Flaitheartaigh S, Wei T, Silverman J, Siever LJ (1997) Ventricular volume and asymmetry in schizotypal personality disorder and schizophrenia assessed with magnetic resonance imaging. *Schizophren. Res.* 27:45-53.
- Cummings BJ, Head E, Ruehl W, Milgram NW, Cotman CW. The canine as an animal model of human aging and dementia. *Neurobiol Aging* 1996; 17:259-268.
- De Vico G, Sfactoria A, Maiolino P, Mazullo G. Comparison of nuclear morphometric parameters in cytologic smears and histologic sections of spontaneous canine tumors. *Vet Clin Pathol* 2002; 31:16-18.
- Dyce KM, Sack WO, Wensing CJ. Textbook of veterinary anatomy. 1st ed. Philadelphia: WB Saunders 1987.
- Eggers R, Haug H, Fischer D (1983) Preliminary report on macroscopic age changes in the human prosencephalon. A stereological investigation. *J. Hirnforsch.* 25: 129-139.
- Feeney DA, Fletcher TF, Hardy RM. Atlas of correlative imaging anatomy of the normal dog. Ultrasound and computed tomography. 1st ed. Philadelphia: WB Saunders 1991.

- Fike JR, Cann CE, Turowski K. Differentiation of neoplastic from non-neoplastic lesions in dog brain using quantitative CT. *Vet Radiol* 1986; 27:121-128.
- Gaser C, Nenadic I, Buchsbaum BR, Hazlett EA, Buchsbaum MS. Deformation-Based Morphometry and its relation to conventional volumetry of brain lateral ventricles in MRI. *Neuroimage* 2001; 13:1140-1145.
- Getty R. Anatomía de los animales domésticos de Sisson y Grossman, Vol. II. 5ª edición. Barcelona: Editorial Salvat 1982.
- Habel R.E. 1981. *Applied Veterinary Anatomy*. 2nd. Ed. Published by the author. Ithaca, New York. USA.
- Haug H. History of the neuromorphometry. *J Neurosci Methods* 1986; 18:1-17.
- Keally JK, McAllister H. *Diagnostic radiology and ultrasonography of the dog and cat*. 3rd ed. Philadelphia: WB Saunders 2000.
- Kretschmann HJ, Kammradt G, Krathausen I, Sauer B and Wingert F (1986) Brain growth in man. *Bibl anat* 28:1-26.
- Mayhew TM, Mwamengele GL, Dantzer V. Comparative morphometry of the mammalian brain: estimates of cerebral volumes and cortical surface areas obtained from macroscopic slices. *J Anat* 1990; 172:191-200.
- Mourizen-Dam A. (1979) Shrinkage of the brain during histological procedures with fixation in formaldehyde solutions of different concentration. *Journal fur Hirnforschung* 20: 115-119.
- Oliver JE, Greene CE. Diseases of the brain. In: Ettinger SE, editor. *Textbook of veterinary internal medicine, diseases of the dog and cat*. 2nd edition. Philadelphia: WB Saunders 1983: 460-532.
- Pak CY, Ho A, Poindexter J, Peterson R, Sakhaee K. Quantitation of incident spinal fractures: comparison of visual detection with quantitative morphometry. *Bone* 1996; 18:349-353.
- Reihlen A, Weis S, Obermaier G, Dahme E. Age-dependent changes in the glial cell nests of the canine rhinencephalic allocortex. *Anat Rec* 1994; 238:415-423.

- Rosales-González M A (2001) Estudio morfométrico de las principales estructuras del cerebro en perros (*Canis familiaris*) mesocefálicos. Tesis de licenciatura, FES-Cuautitlán, UNAM.
- Sass NL (1982) The age-dependent variation of the embedding-shrinkage of neurohistological sections. *Mikroskopie* 1982 39: 278-281
- Scherle W. A simple method for volumetry of organs in quantitative stereology. *Mikroskopie* 1970; 26:57-60.
- Shively M. Anatomía veterinaria. 1ª ed. México: Editorial El manual moderno 1992.
- Stroux A, Martus P, Budde W, Horn F, Junemann A, Korth M, Jonas JB. Sequential classification in glaucoma diagnosis. *Arch Clin Exp Ophthalmol* 2003; 241:277-283.
- Trejo-Maya BM. Técnicas de preparación y conservación de piezas anatómicas para docencia e investigación (recopilación bibliográfica) (tesis de licenciatura). Cuautitlán Izcalli. México: Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM 1994.
- True LD. Morphometric applications in anatomic pathology. *Hum Pathol* 1996; 27:450-467.
- Uchida K, Nakayama H, Goto N. Pathological studies on cerebral amyloid angiopathy, senile plaques and amyloid deposition in visceral organs in aged dogs. *J Vet Med Sci* 1991; 53:1037-1042.
- Uylings HB, van Eden C, Hofman M. Morphometry of size/volume variables and comparison of their bivariate relations in the nervous system under different conditions. *J Neurol Methods* 1986; 18:19-27.
- Vullo T, Koreman E, Manzano RP, Gomez DG. Diagnosis of cerebral ventriculomegaly in the normal adult's bloodhounds that quantitative MRI uses. *Vet Rad Ultra* 1997; 38:277-281.
- Weibel ER. Stereological methods, Vol. 1: Practical methods for biological morphometry. Academic Press, London, 1979.