

84  
24



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**EVALUACION DEL SILICON DE CAUCHO EN LA  
ELABORACION DE MODELOS TRIDIMENSIONALES  
DE REDES ADMIRABLES EN BOVINOS.**

**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**  
**MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**  
**P R E S E N T A:**  
**MARCO ANTONIO MONTES MOTA**



**ASESORES: MVZ. RENE FERNANDEZ ROMAN**  
**MVZ. MARTHA BEATRIZ TREJO SALAS**

**MEXICO, D. F.**

**1996**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



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.

**A MIS PADRES:**

**Que me dieron la oportunidad de estudiar y que gracias a sus consejos y apoyo  
pude terminar mi licenciatura "gracias".**

**Mis agradecimientos a todo el personal del departamento de morfología por su  
apoyo, especialmente a mis asesores MVZ. Martha Beatriz Trojo Salas y MVZ.  
Rene Fernández Ramírez.**

## CONTENIDO

	Pág.
<b>RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>3</b>
<b>HIPOTESIS.....</b>	<b>8</b>
<b>OBJETIVO.....</b>	<b>9</b>
<b>MATERIAL Y METODOS.....</b>	<b>10</b>
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>12</b>
<b>DISCUSION.....</b>	<b>14</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>15</b>
<b>FIGURAS.....</b>	<b>18</b>

## RESUMEN

**MARCO ANTONIO MONTES MOTA.** Evaluación del silicón de caucho en la elaboración de modelos tridimensionales de Redes Admirables en bovinos. (bajo la dirección de: MVZ René Fernández Román y MVZ Martha Beatriz Trejo Salas).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar al silicón de caucho RTV II P48 en la elaboración de modelos tridimensionales, con el propósito de poder aplicarlos en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la anatomía. Para tal fin se decidió utilizar como pieza anatómica las redes admirables de bovinos ya que su disección y su abordaje son difíciles.

Los vasos sanguíneos de la cabeza de bovinos (*Bos taurus*) que fueron repletados con silicón de caucho RTV II P48 conservaron un arquetipo preciso que permitió situar y reconocer las redes admirables. Por lo que se concluyó con el presente trabajo que dicho material plástico reúne las características necesarias para elaborar modelos anatómicos. Además debido a la gran flexibilidad que presentó este material se facilitó su manejo ya que el riesgo de rompimiento o quebradura fue mínimo, esto hace que pueda ser utilizado como apoyo en la elaboración de material didáctico en la docencia. Sin embargo la única limitante observada es que al ser utilizado en arterias con una luz

reducida el modelo presenta estas estructuras con un calibre muy delgado, lo que aunado a la inconsistencia del material hace que no se presente una distribución clara de las redes admirables.

## EVALUACION DEL SILICON DE CAUCHO EN LA ELABORACION DE MODELOS TRIDIMENSIONALES DE REDES ADMIRABLES EN BOVINOS

### INTRODUCCION

Bajo el nombre de silicones se conoce en la química moderna a una familia de compuestos silíceos cuya molécula contiene una gran porción orgánica, que forma uniones como silicio-oxígeno, y silicio carbono, conocidas como carborundum, ambas son las más importantes ya que les confieren a los silicones las propiedades de resistencia al calor, al agua y a la oxidación (9,16,17). El silicio nunca se encuentra en la naturaleza como un elemento libre, casi siempre lo encontramos en combinación con el oxígeno (1). Para la producción de los silicones es necesario reducir el silicio a su estado elemental para esto, el silicio puro se mezcla con un catalizador de cobre y se calienta en presencia de cloruro de metilo para obtener el dimetildiclorosilano que es la materia prima de la cual se parte para iniciar el proceso de producción de los productos de silicón que se encuentran en el mercado (4,17). La obtención del silicón fue efectuada por primera vez en 1823 (4). Las propiedades más comunes y sobresalientes de los silicones son: a) vulcanización a bajas temperaturas, lo cual, los hace muy atractivos para su manejo, ya que no requieren instalaciones costosas; b) resistencia a la temperatura, ya que son estables por tiempo indefinido a temperaturas de 150 a 180 grados centígrados; c) capacidad para actuar como agente liberador o separador de moldes, vaciado de

plásticos o metales; d) repelencia al agua; e) propiedades dieléctricas, las que se caracterizan por su elevado punto de combustión; f) resistencia a la intemperie y al envejecimiento, propiedad que le da una vida útil por un tiempo indefinido; g) estabilidad al vapor de agua; h) resistencia a los agentes químicos, ya que soporta el ataque de ácidos débiles así como a los álcalis, alcoholes, fenoles, aceites minerales e hidrocarburos aromáticos clorados de alto peso molecular; inocuidad fisiológica. Debido a esta última propiedad y a sus extraordinarias características fisicoquímicas se usan en áreas de la industria cosmética, farmacéutica y en investigaciones médicas. También presentan otras cualidades que son perfectamente comparables con las de otros materiales no conductores. Los materiales de este tipo presentan grandes ventajas, entre los que están su facilidad de uso, siendo una sustancia adecuada para obtener modelos tridimensionales. Debido a que los silicones se trabajan a baja temperatura, también se conocen como "bules RTV", siglas cuyo significado en alemán es vulcanización a temperatura ambiente (4,13)

Los modelos tridimensionales de tejidos u órganos animales constituyen un gran apoyo didáctico en la enseñanza de la anatomía. En el departamento de morfología de la FMVZ, UNAM, se han venido realizando este tipo de modelos con diversos materiales, modificando así el tradicional método de explicar a base de esquemas o dibujos, los cuales no dan una idea clara y precisa a los alumnos. Los modelos tridimensionales pueden ser naturales, es decir, si el material empleado para su elaboración procede de una especie animal como es el caso del insuflado de los órganos huecos que además



plásticos o metales; d) repelencia al agua; e) propiedades dieléctricas, las que se caracterizan por su elevado punto de combustión; f) resistencia a la intemperie y al envejecimiento, propiedad que le da una vida útil por un tiempo indefinido; g) estabilidad al vapor de agua; h) resistencia a los agentes químicos, ya que soporta el ataque de ácidos débiles así como a los álcalis, alcoholes, fenoles, aceites minerales e hidrocarburos aromáticos clorados de alto peso molecular; inocuidad fisiológica. Debido a esta última propiedad y a sus extraordinarias características fisicoquímicas se usan en áreas de la industria cosmética, farmacéutica y en investigaciones médicas. También presentan otras cualidades que son perfectamente comparables con las de otros materiales no conductores. Los materiales de este tipo presentan grandes ventajas, entre los que están su facilidad de uso, siendo una sustancia adecuada para obtener modelos tridimensionales. Debido a que los silicones se trabajan a baja temperatura, también se conocen como "hules RTV", siglas cuyo significado en alemán es vulcanización a temperatura ambiente (4,13)

Los modelos tridimensionales de tejidos u órganos animales constituyen un gran apoyo didáctico en la enseñanza de la anatomía. En el departamento de morfología de la FMVZ, UNAM, se han venido realizando este tipo de modelos con diversos materiales, modificando así el tradicional método de explicar a base de esquemas o dibujos, los cuales no dan una idea clara y precisa a los alumnos. Los modelos tridimensionales pueden ser naturales, es decir, si el material empleado para su elaboración procede de una especie animal como es el caso del insuflado de los órganos huecos que además

permite conservar la apariencia que originalmente tenían en el animal o bien la repleción de tales órganos con materiales plásticos, como la resina y el silicón de caucho, siendo este último más práctico por su flexibilidad y resistencia. Cabe mencionar que con este material se han realizado modelos de árboles bronquiales de diferentes especies animales, sacos aéreos de aves, bolsas gulares de equino, entre otras estructuras, además en la medicina se ha utilizado para toma de moldes en odontología y ortopedia. En el departamento de morfología de la FMVZ, UNAM los modelos naturales que se realizan aparte de su aplicación en la docencia, también han servido para establecer algunas características morfológicas de piezas anatómicas de las que existe poca información, como es el caso de las redes admirables (retia mirabilis), que son estructuras vasculares, de las que a pesar de que la primera noticia que se tiene de ellas data desde el año 300 a.C. cuando Hierófilo las describió por vez primera en un vertebrado, que probablemente era una oveja (2), su estructura es todavía objeto de controversia.

En vista de las características ya mencionadas del silicón de caucho, se pensó en la evaluación de este material para la repleción de estructuras vasculares mediante la elaboración de modelos naturales de redes admirables de la cabeza del bovino, lo cual de ser posible, podrá aclarar algunas controversias que existen en cuanto a estas estructuras.

En los bovinos se han descrito las siguientes redes admirables: a) RED ADMIRABLE EPIDURAL ROSTRAL, b) RED ADMIRABLE EPIDURAL CAUDAL, c) RED ADMIRABLE OFTÁLMICA, d) RED QUIASMÁTICA (8,12). En relación a la Red Admirable Epidural Rostral parece quedar claro que está se encuentra formada por dos

mitades, derecha e izquierda, a ambos lados de la hipófisis, y que están en comunicación rostral y caudal por medio de numerosos vasos comunicantes (8). Getty, sin embargo menciona que la red se localiza caudal a la hipófisis y Uehara quien probablemente confundió a las anastomosis con redes, sitúa a las mitades en posición rostral y caudal (10,18). Así mismo, se ha generado una duda en relación al flujo sanguíneo en la arteria basilar, esta arteria se ha clasificado como una rama de la arteria vertebral en los rumiantes así como en otras especies (10,21), ya que su flujo sin embargo parece ir en contracorriente y no hacia craneal como en otros animales (8).

Dentro de las funciones que se le atribuyen a las redes admirables, son: 1) capacitar al proteger al cerebro de una presión sanguínea extremadamente alta, debido a que la red se puede expandir en el lago venoso, al disminuir la presión sistólica; (14,20) 2) bomba venosa ya que favorece el retorno venoso debido a las pulsaciones rítmicas transmitidas de la red al lago venoso;(14) 3) abastecedor de flujo sanguíneo adecuada, gracias a su extensa comunicación lado a lado de estas redes, que asegura un flujo sanguíneo ininterrumpido en caso de obstrucción unilateral de los vasos que abastecen la red;(3) 4) reservorio de sangre arterial, por su extensión y capacidad de contracción para proveer oxígeno en casos necesarios;(15) 5) intercambiadora de gases, por la estrecha disposición entre arterias y venas se propicia un intercambio gaseoso;(7) 6) termorregulación que es la función más ampliamente reconocida debido a que se encuentran situadas en el interior de un lago venoso, el cual no solo recibe sangre del cerebro, sino también de la superficie cutánea y áreas mucosas, estas últimas son

enfriadas por evaporación, manteniendo así al cerebro a una temperatura mas baja que las otras regiones del cuerpo (30)

### **HIPOTESIS**

**La obtención de modelos tridimensionales de estructuras vasculares en la cabeza de bovino (*Bos taurus*) puede ser factible repletando los vasos con una sustancia plástica como el silicón de caucho RTV II P48.**

### **OBJETIVO**

**Verificar si el silicón de caucho RTV II P 48 es un material apropiado para obtener modelos tridimensionales de estructuras vasculares y contribuir al establecimiento de la morfología de las redes admirables del bovino.**

## MATERIAL Y METODOS

**MATERIAL.** 1) Se trabajó con diez cabezas de bovino Bos taurus, las cuales reunían las siguientes características a) las cabezas utilizadas fueron de animales de un día de nacidos, para asegurar así la estandarización del tamaño, así como un costo accesible. b) el método de sacrificio de los becerros fue por medio de una pistola de perno cautivo y estos fueron desangrados; 2) silicón de caucho RTV II P 48; 3) diluyente de silicón (Poliplast S.A.); 4) colorante para resina poliéster (Poliéster S.A.); 5) catalizador para silicón de caucho (Poliplast S.A.); 6) 20 jeringas de 20 ml; 7) manguera de 4 a 6 mm de diámetro, 8) estuche de disección, 9) hidróxido de potasio, 10) agua corriente.

**METODO.** Los modelos tridimensionales de redes admirables fueron obtenidos de la siguiente manera: una vez reconocida y disecada la arteria carótida esta se canuló con una manguera de 4 a 6 mm de diámetro, dependiendo de la elasticidad del vaso, y se perfundió con el silicón que se preparó en el momento de la resección de la siguiente forma: por cada 80g de silicón de caucho se agregan 30g de diluyente para silicón, 1ml de catalizador de silicón y cuanto sea necesario de colorante de acuerdo al tono que se desee obtener. La mezcla ya preparada se inyectó en la arteria carótida para que a través de ella se distribuyera en los vasos arteriales del cráneo. Una vez transcurridas 24 hrs, se sumergieron las cabezas en una solución de hidróxido de potasio, después de 2 hrs las cabezas fueron revisadas cada 15 minutos hasta que el tejido fue digerido completamente, y quedando únicamente los moldes plásticos de las arterias, los cuales

fueron lavados con agua corriente. Posteriormente se reconocieron las estructuras y se evaluó la técnica, verificando en los modelos obtenidos lo que mencionan los diferentes autores sobre la descripción anatómica de las redes admirables.



## RESULTADOS

Como resultado de la repleción de vasos sanguíneos de la cabeza de bovinos con alicón de caucho RTV II, se obtuvo que dicho material plástico reúne muchas de las características requeridas para elaborar modelos anatómicos, pudiéndose obtener un arquetipo preciso que nos permite situar y reconocer estas estructuras vasculares. Sin embargo una limitante es su gran flexibilidad, ya que al tener las arterias una luz reducida, el modelo nos presenta estas estructuras con un calibre muy delgado, lo que unido a su inconsistencia hace que no se aprecie con claridad la morfología y distribución de las estructuras menores.

En estos modelos se pudo apreciar que la red admirable epidural rostral es la más desarrollada, encontrándose una a cada lado de la hipófisis, así mismo debido a que se utilizaron animales recién nacidos, se encontró presente la arteria carótida interna, vaso que da origen a dicha red; no obstante, la presencia del ramo anastomótico (vasos de la arteria maxilar, los cuales reemplazan a la arteria carótida interna) (21) es más desarrollado y abundantemente ramificado, lo que sugiere un aporte sanguíneo de la red, mayor que el de la arteria carótida interna, la cual involuciona completamente antes de los 18 meses (3,10). También se pudo observar a los vasos comunicantes red a red, craneales y caudales a la hipófisis, ya que ambas redes se sitúan a los lados de dicha glándula y no en posición craneal y caudal como suponía Uehara (18), ni en situación

caudal a la hipófisis como propone Getty (10). Así mismo, la duda existente en torno al flujo sanguíneo de la arteria basilar, parece aclararse dado que su calibre va disminuyendo caudalmente ( sugiriendo un flujo rostro cefal). (Fig. 1 y 2).

La red admirable epidural caudal fue observada como una red laxa correspondiendo más a la descripción que hace Baldwin y Daniel (3,6) de plexo basicoccipital o basiesfenoidal, sin embargo una próxima repleción que incluya el llenado de los senos venosos podría corroborar la presencia de dicha estructura dentro del seno venoso basilar, lo cual la evaluaría como red admirable, tal como la menciona la Nomenclatura Anatómica Veterinaria

(21) El aporte sanguíneo a la red admirable epidural caudal se observó que esta dado principalmente por ramas de la arteria occipital, así mismo la comunicación entre la red epidural rostral y caudal presenta vasos de gran calibre, lo que sugiere un gran flujo sanguíneo red a red sin que se aclare la dirección del mismo. (Fig. 1).

Con relación a la red quiasmática, los resultados están de acuerdo con lo observado por Simoens (20), quién la considera una red admirable, por lo grande y compacta, si se corrobora su situación dentro del seno intercavernoso (19) quedaría sin duda como una verdadera red admirable, la cual no ha sido reconocida como tal por el Comité Internacional de Nomenclatura Anatómica Veterinaria. (Fig. 3).

La red oftálmica, se observa en el curso de la arteria oftálmica externa, la cual se deriva de la arteria maxilar, en su curso no se pudo observar el tronco común para las arterias supraorbital y etmoides como lo señala Getty (10). (Fig. 4).

## DISCUSION

Al realizar los modelos, se obtiene una idea clara y exacta de la situación general de las redes admirables pero no así de la distribución de los vasos arteriales esto es debido a que el material plástico (silicón de caucho RTV II 48) es demasiado flexible y los modelos tienen una pobre consistencia, lo que permite que sean más fácilmente manejables, ya que el riesgo de romperse o quebrarse es mínimo, ello hace que sea de gran apoyo en la docencia, en algunas estructuras anatómicas, pero no así en modelos vasculares donde es necesario apreciar la distribución de vasos sanguíneos de pequeño calibre ya que en este caso se requiere que el material plástico que se utilice tenga mayor rigidez, por lo cual se sugiere el uso de la resina poliéster con la que se pueden obtener modelos con mucha menor flexibilidad aunque con mayor riesgo de destruirse al ser manejados.

Por otra parte, es importante señalar que las muestras se obtuvieron de ganado *Bos taurus* y que sería recomendable investigar las características que se presentan en las redes admirables del ganado *Bos indicus*, que aunque descienden del mismo ancestro en común que el ganado *Bos taurus* en el templado oeste de Asia, ahora se consideran como especies distintas (5).

## LITERATURA CITADA

1. Ahedo, J.C., Del valle, F., Miguel, E., Fuentes y Corona B., Aristoy, J., La importancia de los silicones dentro de la industria huleira, Conferencia ante el C.H.M. AC. México 1980, pag 5-12, Cia Dow Cornig de México, S.A de C.V.
2. Baker, M.A. : Un sistema de enfriamiento del cerebro en los mamíferos, Investigación y Ciencia 34:82-91 (1979).
3. Baldwin, B.A. The anatomy of the arterial supply to the cranial regions of the sheep and ox. American Journal of Anatomy 115: 101-118 (1964).
4. Contreras, P. Siliconas, Especialidades químicas para el polímer S.A de C.V. México 1993.
5. Chenoweth, P.J. : Aspects of reproduction in female *Bos indicus* cattle: a review : Australian Veterinary Journal 71-12, 422-426 (1994).
6. Daniel, P.M., Dawes, J. D.k. and Prichard, M. M. L. : Studies of the carotid rete and its associated arteries. Philos. Trans., 237: 173-209 (1953).
7. Devillers, ch. y Clairambault, p. : Anatomía comparada Edit. Toray-Masson, S.A., Barcelona, 1977.
8. Fernández Román, R. Morfología de las redes arteriales de la cabeza en ruminantes porcinos y carnívoros domésticos. Tesis licenciatura FMVZ UNAM. México 1993.
9. Garza, R.G. : Silicones. Pinturas y recubrimientos orgánicos. Unión Carbide Mexicana, S.A 1994.

10. Getty, R.: general heart and blood vessels. in: Sisson and Grossman's, *Anatomic of the Domestic Animals*. Edited by: Getty, R., vol. 1. W.B. Saunders Company, Philadelphia 1975.
11. Gillilan, L.A.: : Blood Supply to brains of ungulates with and without a rete mirabile caroticum. J.of Comparative Neurology., 153 (3): 275-290 (1974).
12. Godynicki, s. Schwrz, R. and Radke, B.: Morphological studies of the rostral rete mirabile and the cavernous sinus of the sheep. Anat. Histol. Embryol., 10 (3) : 227-237 (1981).
13. Instituto Mexicano del Plástico Industrial, S.C:Hule silicón latex sintético, Panorama plástico, 23-39 (1987).
14. Gillian, L.A.: Blood Supply to brains of ungulates witch and without a rete mirabile caroticum. J.of Comparative Neurology, 153 (3):275-290 (1974).
15. Martinez, P.: sur la morphologie du reseau admirable extracranien. Acta Anat., 67: 24-52 (1967).
16. McGregor, R.R., *Silicones and their uses*, McGregor-Hill Publishing company Ltd London, 1954.
17. Noll, W., *Chemistry and technology of silicones* Academic Press, New York, 1968. p. 31.
18. Uehara, M.: Morphological studies on the Rete Mirabile Epidural of the calf. Japanese Journal of Veterinary Research 21 (3):102-103 (1973).

19. Schwarz, E. y Schroder, L. : Compendio de Anatomia Veterinaria Tomo III. Aparato Circulatorio y Piel. Editorial Acribia, Zaragoza, 1972.
20. Simons, P., Lauwers, H., De Geest, J.P. and Schaeddrijver J. : Functional morphology of the cranial retina mirabilia in the domestic animals. Schweizer Archiv für Tierheilkunde. 129: 295-307 (1987).
21. World Association of Veterinary Anatomists: Nomina Anatomica Veterinaria, 3rd. ed. International Committee on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature. Ithaca, 1983.

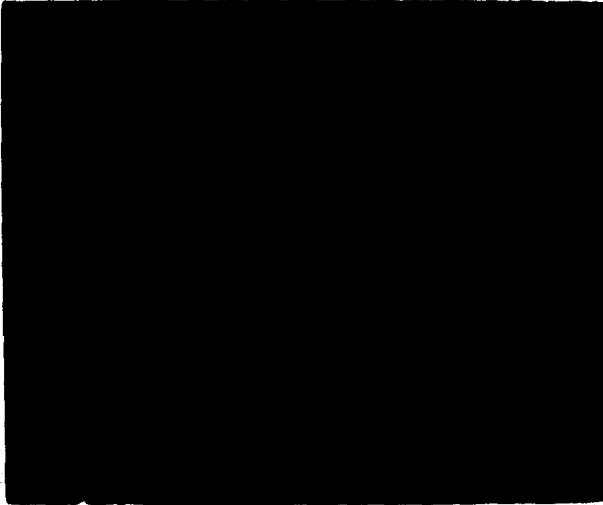


Fig 1.

A, Red Admirable Epidural  
Rostral; B, Red Admirable  
Epidural Caudal.

Fig 2.

1, Red Admirable Epidural Cranial;  
2, Vasos Comunicantes; 3, Arteria  
Maxilar; 4, Red Admirable Epidural  
Caudal; 5, Arteria Basilar; 6,  
Arteria Occipital; 7, Arteria  
Carótida Externa; 8, Tronco de la  
Arteria Facial; 9, Arteria Carótida  
Interna; 10, Ramo Anastomótico.





Fig. 3 A, Red Admirable Quiasmática.



Fig 4.  
A, Red Admirable Oftálmica.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA