

LA PLASTIFICACIÓN COMO TÉCNICA DE CONSERVACIÓN DEL MATERIAL ANATÓMICO

Plastination as a preservation technique of anatomic material

Diz, A.; Miró F.; Rodríguez Barbudo, M.V.; Rivero, J.L.L.; Galisteo, A.M. y Conde-Pérez, A. J.

Unidad de Anatomía y Embriología, Departamento de Anatomía y Anatomía Patológica Comparadas, Facultad de Veterinaria, Universidad de Córdoba, Medina Azahara 9, 14005 Córdoba. España.

Recibido: 16 Diciembre 1993

Aceptado: 1 Mayo 1994

RESUMEN

La plastificación es una nueva técnica de conservación que se basa en la impregnación de los tejidos con siliconas o resinas epoxy. Los pasos a seguir en la técnica son: preparación, fijación, deshidratación, impregnación forzada, curación y almacenamiento. El tiempo total necesario es de unos cuatro meses. El material plastificado es seco al tacto, sin olores y carece de toxicidad; además, se mantiene la forma original y la retracción es mínima. Este material es resistente al deterioro causado por la manipulación y puede almacenarse a temperatura ambiente indefinidamente. Estas características hacen que los especímenes plastificados sean de calidad superior que los conservados en formol, y superan buena parte de los inconvenientes de estos. Por todo ello, esta técnica está aconsejada para la conservación de material para la docencia de la Anatomía y otras Ciencias Biomédicas.

Palabras clave: Plastificación, conservación de tejidos, docencia.

SUMMARY

Plastination is a new technique of preservation based on the impregnation of the tissues with silicone rubber or epoxy resin. This technique has the following steps: preparation, fixation, dehydration, forced impregnation, gas curing and storage. The total time required is approximately four months. The finished plastinated material is dry to the touch, odorless and non toxic, yet it maintains its original shape and the shrinkage is minimum. In addition, it resists deterioration produced by manipulation and can be stored at room temperature indefinitely. These characteristics make plastinated specimens superior to those preserved in formalin and overcome some of the inconveniences of the latter. For these reasons, plastination is highly recommended for the preservation of specimens for teaching Anatomy and other Biomedical Sciences.

Key words: Plastination, tissue preservation, teaching.

INTRODUCCIÓN

La plastificación es una nueva técnica de conservación para la producción de órganos o partes corporales que pueden ser expuestas libremente al aire sin necesidad de mantenimiento alguno y que son muy ilustrativas y útiles para fines didácticos.

La técnica se basa esencialmente en la impregnación de los tejidos con siliconas sintéticas polimerizables, obteniéndose unas preparaciones secas, sin olores, biológicamente inertes y resistentes a los daños causados por la manipulación. Además, mantiene todos los detalles anatómicos nítidos y fácilmente identificables.

La técnica de plastificación ha sido descubierta y desarrollada desde hace unos quince años por el Dr. Gunther von Hagens del Departamento de Anatomía de la Universidad de Heidelberg. La técnica original y los diferentes productos utilizados en la misma (registrados con el nombre de BIODUR) están protegidos mediante varias patentes en diferentes países del mundo, por lo que la misma puede ser utilizada únicamente con fines docentes o de investigación, nunca con fines lucrativos, necesitándose para ello autorización expresa del autor (Aufdemorte, T.B. et al., 1985).

Las técnicas de plastificación son de enorme interés docente para los Departamentos de Anatomía, Anatomía Patológica, Odontología, Medicina Forense, Parasitología, Radiología, etc, como se desprende de los trabajos de Bickley, H.C. y Townsend, F.M. (1984), Aufdemorte, T.B. et al. (1985), Bickley, H.C. et al. (1987), Hagens, G.v. et al. (1987), Hawley, D.A. et al. (1991) y Nicaise, M. et al. (1992), entre otros. Asimismo las preparaciones obtenidas son muy informativas en el desarrollo de modernas técnicas radiográficas, tales como la Tomografía Axial Computerizada, Técnicas de Scanner, etc.

El objetivo del presente trabajo es la descripción de la técnica standard de BIODUR S-10 para la plastificación de órganos y exponer sus propiedades y utilidad mediante el uso de

algunas ilustraciones obtenidas en nuestro laboratorio.

MATERIAL Y MÉTODOS

La técnica de plastificación consta de varios pasos, cada uno de los cuales pasamos a describir a continuación, haciendo una serie de comentarios en cada uno de ellos, que deben ser considerados en el momento de su ejecución.

Preparación: Consiste en la limpieza y posterior disección del órgano o preparación a plastificar. Es importante en esta fase desecar y eliminar todo el tejido conectivo superficial meticulosamente, pues ello facilitará la posterior fijación, deshidratación e impregnación al facilitar la difusión hacia los tejidos más profundos de los productos utilizados en la misma. Asimismo, esta fase es fundamental cuando el destino de la preparación es para Museo anatómico, pues su valor estético dependerá en gran medida de la meticulosidad prestada en la misma. Durante esta fase se pueden practicar replecciones de vasos sanguíneos, conductos y cavidades de órganos con medios coloreados para su mejor visualización y estudio directo, o productos radiopacos cuando se vayan a realizar estudios radiológicos.

Fijación: Los tejidos son fijados normalmente con buffer formaldehído al 5-10% mediante cualquiera de las técnicas habituales en los laboratorios de Anatomía (inmersión, infiltración, inyección intravascular, perfusión, dilatación, etc.). De todos es conocida la retracción y pérdida de color que sufren los tejidos al ser fijados con formol; por ello, para evitar estos inconvenientes, continuamente aparecen nuevos métodos de fijación que tratan de paliar, al menos parcialmente, estos inconvenientes.

En los laboratorios de plastificación, algunos de los más utilizados son los siguientes:

— Fijación breve y fijación a 5°C: La fijación breve (4-24 horas) en formaldehído al 5-

20% preserva en cierto modo el color natural de la preparación, pues aunque en principio el color desaparece, posteriormente reaparece durante la deshidratación. La fijación a 5°C mantiene el color mejor que la fijación a temperatura ambiente.

— Fijación a -25°C: Consiste en la fijación y simultánea deshidratación de los especímenes en un congelador a -25°C en una solución compuesta de:

Formaldehído estabilizado con metanol al 10% 5 p.p.v.

Acetona 95 p.p.v.

Este método de fijación, tiene las siguientes ventajas: la preservación del color es excelente, aunque para ello hemos de tratar de no sobrepasar las dos semanas de fijación. El mantenimiento de la forma es muy bueno, pues el espécimen permanece en la misma posición que tenía cuando fue sumergido en el recipiente donde es fijado; por último, el proceso de deshidratación es acelerado, puesto que el medio de fijación es una solución de acetona al 95%, por lo que a la vez que se realiza la fijación, se inicia el proceso de deshidratación.

— Fijación de Kaiserling: se realiza a temperatura ambiente en un medio compuesto de:

Acetato potásico 30 p.p.p.

Nitrato potásico 15 p.p.p.

Formaldehído 200 ml

Agua destilada 800 ml

Este método es muy adecuado para la plastificación de cadáveres completos o preparaciones anatómicas de músculos, articulaciones, etc., pues el tejido muscular adquiere un color marrón oscuro y las fascias, aponeurosis, tendones y tejido adiposo mantienen una tonalidad blanquecina, lo que da un gran contraste entre las distintas estructuras anatómicas a destacar en este tipo de preparaciones.

Deshidratación: Consiste en la sustitución del contenido en agua de los tejidos a plastificar por un disolvente orgánico miscible con agua (acetona).

Este proceso, también denominado criosustitución, actualmente en la mayoría de los laboratorios de plastificación se realiza con acetona en un congelador a -25°C. Para ello, las preparaciones son deshidratadas mediante inmersión en sucesivos baños de acetona pura, cada uno de los cuales contiene entre 5 y 10 veces el volumen de la preparación. Con este proceder, conseguimos sustituir el agua congelada en el interior de los tejidos por acetona, con lo que obtenemos un excelente mantenimiento de la forma y una mínima retracción tisular. Asimismo, debido a la baja temperatura, la difusión de la acetona es muy lenta, por lo que las preparaciones han de mantenerse en cada baño de acetona durante unas dos semanas de media, variando el tiempo dependiendo del tipo de tejidos y del grosor de las preparaciones. Además, simultáneamente a la deshidratación, estamos procediendo al desengrasamiento de la preparación, pues las grasas tisulares son solubles en acetona; no obstante, cuando se pretenda obtener un desengrasamiento profundo del espécimen, cuando concluya la deshidratación es aconsejable mantener el mismo en un baño de acetona a temperatura ambiente 24-48 horas, pues la disolución de las grasas se produce más rápidamente.

La deshidratación concluye cuando el agua residual en el último baño de acetona es inferior al 2%, lo que podemos controlar con un acetómetro que nos indica el nivel de acetona en la disolución.

Impregnación Forzada: La impregnación forzada es el paso más importante en el proceso de plastificación; consiste en la sustitución de un intermediario volátil de alta presión de vapor y bajo punto de ebullición (acetona: 56°C) por un polímero en solución de baja presión de vapor y alto punto de ebullición.

Para ello las preparaciones deshidratadas son sumergidas a -25°C en una mezcla de BIODUR S-10 (99 partes) y BIODUR HARDENER S-3 (1 parte). Esta mezcla es viscosa, de aspecto

similar a la gelatina líquida, y por ello se aconseja mantener las preparaciones durante 24 horas en este medio a presión ambiental. La impregnación forzada se realiza a -25°C con una bomba de vacío, y consiste en la disminución gradual de la presión desde 1000 mm Hg hasta una presión inferior a 5 mm Hg, prestando especial atención en el intervalo comprendido entre 200 mm Hg y 5 mm Hg, ya que durante el mismo es cuando realmente se produce la sustitución de la acetona por el polímero, por lo que durante este período la presión se va bajando progresivamente a razón de unos 10 mm Hg diarios, por lo que el proceso dura entre dos y cuatro semanas, dependiendo del grosor y densidad del tejido a impregnar.

En esta fase, la acetona se mezcla fácilmente con la silicona, por lo que al disminuir la presión, la acetona se evapora continuamente, lo que se comprueba por la aparición continua de burbujas en la superficie de la silicona. Simultáneamente la silicona penetra en el interior de los tejidos impregnándolos totalmente, alojándose en definitiva en los espacios ocupados previamente por la acetona. Durante este proceso es fundamental disminuir la presión gradualmente, pues los descensos bruscos en la misma, pueden dar lugar a una retracción importante de la preparación, ya que no hay tiempo suficiente para que la silicona penetre en el espécimen, y su estructura interna puede colapsar, dando lugar a una retracción del mismo.

Cuando se trate de órganos de paredes delgadas, tales como intestino, estómago, preparaciones de placenta etc., es recomendable añadir xilol al baño de silicona con el fin de disminuir su viscosidad, ello facilita la impregnación del órgano y acelera el proceso, pudiendo este completarse en una semana. Por el contrario, cuando se trate de órganos muy densos, tales como tejido cartilaginoso, la impregnación ha de ser muy lenta para que la silicona impregne correctamente estos tejidos.

Curación: Durante este proceso se produce

el endurecimiento de los especímenes previamente impregnados en el baño de silicona, adquiriendo un aspecto firme, seco y de fácil manipulación. Para ello las preparaciones son colocadas en un recipiente hermético al que previamente hemos añadido un endurecedor (BIO-DUR GAS-CURE S-6) en cantidad suficiente para cubrir el fondo del mismo, de forma que éstas no contacten directamente con el endurecedor, pues el mismo actúa al evaporarse. Asimismo, este proceso ha de realizarse en una atmósfera seca, ya que la humedad provoca la aparición de manchas blanquecinas en la superficie de los especímenes, por lo que se recomienda la introducción de un absorbente de humedad (cloruro cálcico, sílica gel, u otros). Cuando se trate de vísceras huecas, tales como estómago, intestino, útero, etc., se recomienda la insuflación previa a la curación de las mismas para el mantenimiento de su forma original.

Durante los primeros días del proceso, parte de la silicona puede rezumar a la superficie de la preparación, por lo que estas han de ser limpiadas cada dos o tres horas con papel secante para eliminar el exceso de silicona en superficie; este aspecto es muy importante, pues de él depende en gran medida la calidad final del material plastificado.

Una vez que las preparaciones han adquirido un aceptable grado de solidez, se pueden practicar incisiones o aberturas para observar su estructura interna, cavidades, etc.

La curación finaliza cuando los especímenes se mantienen secos al tacto durante varios días, y su duración oscila entre 2-3 semanas y algunos meses dependiendo del tamaño, grosor y tipo de tejido del espécimen, y de la temperatura a que se realice el proceso.

Almacenamiento: Los especímenes plastificados una vez curados son introducidos en bolsas plásticas y almacenadas a temperatura ambiente.

Cuando son destinados para su utilización en Museos anatómicos, pueden ser montados en

recipientes de metacrilato, vidrio, etc. o simplemente colocados en vitrinas de vidrio para su exposición.

RESULTADOS

Las preparaciones plastificadas, son secas, sin olores y no tóxicas, mantienen su forma original y la preservación del color es muy bue-

na. Asimismo son resistentes al deterioro durante su manipulación y pueden ser almacenadas a temperatura ambiente indefinidamente.

Estas preparaciones, dadas sus características, son muy útiles en la docencia de las Ciencias Biomédicas, ya que pueden ser utilizadas en cualquier aula o laboratorio sin que estos necesiten reunir características especiales (tales como estar dotados de sistemas de extracción

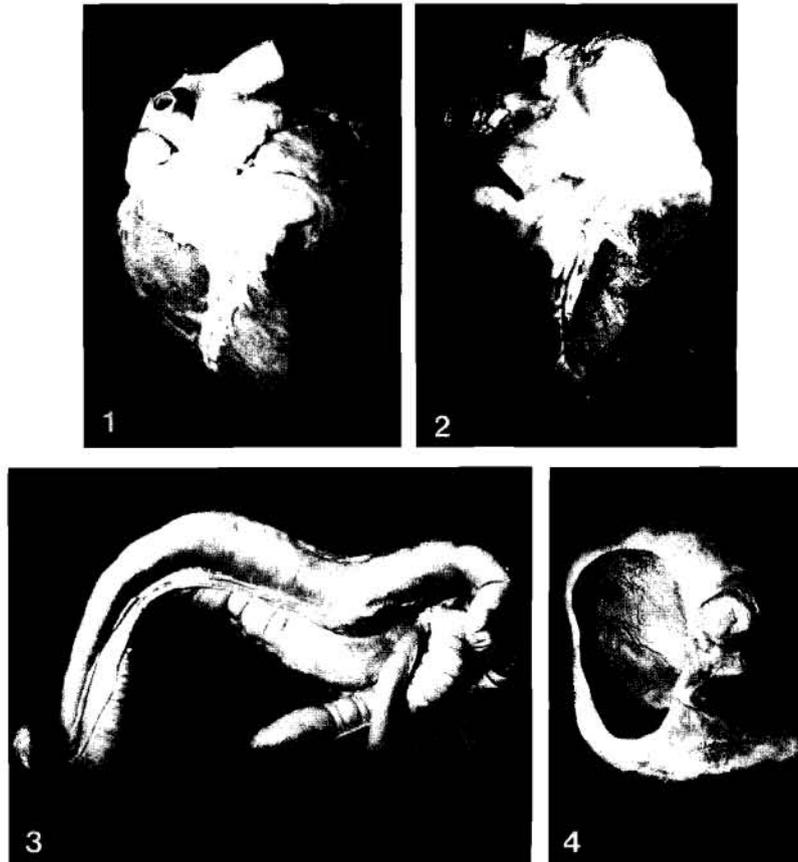


FIGURA 1. Corazón de caballo plastificado. Cara izquierda.

FIGURA 2. Corazón de caballo plastificado. Cara derecha.

FIGURA 3. Ileon, ciego y colon de caballo neonato plastificados.

FIGURA 4. Estómago de cerdo plastificado en el que se han seccionado parte de sus paredes para observar su morfología interna.

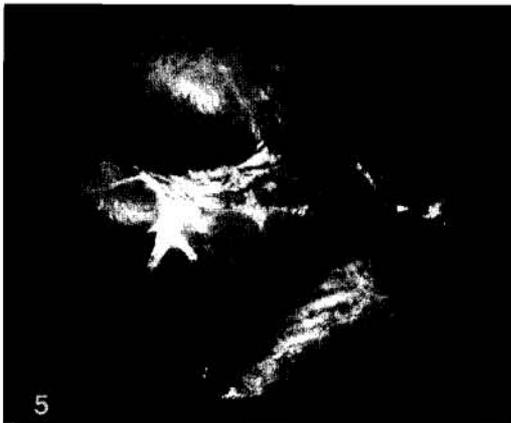


FIGURA 5. Estómago de oveja plastificado. Cara derecha.

FIGURA 6. Estómago de oveja plastificado. Cara izquierda.

de gases, ser de fácil limpieza, etc.) como ocurre con nuestras salas de disección. Asimismo, son muy bien aceptadas tanto por el profesorado como por los estudiantes, siendo preferidas por ellos especialmente frente a las preparaciones conservadas en formol. Por último, para desarrollar la técnica de plastificación, no se requiere ninguna preparación técnica especial, pudiendo ser realizada por cualquier técnico familiarizado con las técnicas anatómicas e histológicas con la ayuda de un manual técnico adecuado (Hagens, G.v., 1985).

Algunos ejemplos de preparaciones plastificadas son presentados en las figuras 1-10, en las que se han seleccionado una serie de órganos de diferentes características histológicas, tales como pulmones, corazón, laringe, hígado, estómagos, ciego y colon en los que se pueden estudiar sus aspectos morfológicos externos. Como puede apreciarse en las figuras 4 y 8 se pueden practicar aberturas en las paredes de órganos huecos para el estudio de la morfología interna de los mismos.

DISCUSIÓN

Los métodos tradicionales de conservación del material en Anatomía, se basan en la utilización de soluciones acuosas de formol, manteniéndose posteriormente ese material en recipientes abiertos que permiten la manipulación del mismo, o montadas adecuadamente en recipientes herméticos de vidrio o metacrilato.

Los especímenes conservados en recipientes abiertos, son muy mal aceptados para su estudio debido a la emisión de vapores irritantes de formol, y a su fácil deterioro cuando son utilizados frecuentemente. Los recipientes cerrados de vidrio o metacrilato salvan algunos de los problemas anteriores, pero generalmente son muy voluminosos, frágiles, difíciles de transportar y el líquido conservador con el tiempo se torna turbio dificultando la visualización de los detalles, por lo que ha de renovarse periódicamente; ello hace que sean muy aptos para su utilización en Museos anatómicos, pero inadecuados para la docencia en las sesiones prácticas.

En el pasado, se han desarrollado nuevos métodos para evitar estos inconvenientes, como la parafinización, infiltración con polietilenglicoles de alto peso molecular, etc., pero no han resultado ser muy satisfactorios (Dawson, T.P. et al., 1990). El método más prometedor ha sido la plastificación, que ofrece una serie de ventajas sustanciales frente a las técnicas tradicionales.

Las principales ventajas de los órganos y

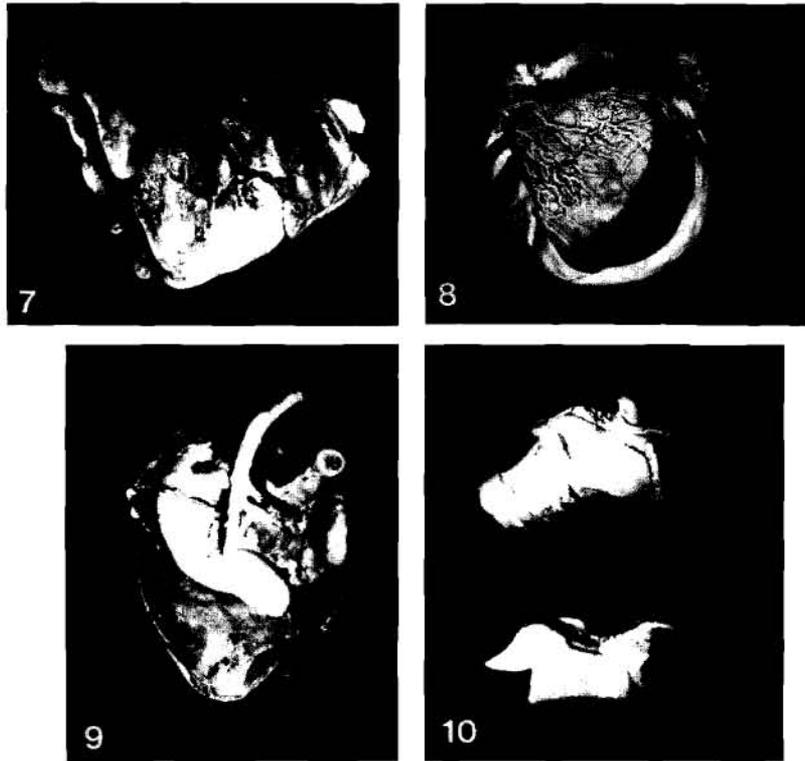


FIGURA 7. Pulmones y corazón de perro plastificados. Vista lateral derecha.

FIGURA 8. Estómago de perro plastificado en el que se han seccionado parte de sus paredes para observar su morfología interna.

FIGURA 9. Hígado, estómago, duodeno, páncreas y bazo de perro plastificados. Vista caudal.

FIGURA 10. Arriba: cartílagos laríngeos y porciones distales del aparato hioideo de caballo plastificados.
Abajo: cartílagos laríngeos de cerdo plastificados.

preparaciones anatómicas plastificadas, se aprecian mejor cuando son comparadas con las preparaciones obtenidas por otros métodos. Las preparaciones plastificadas son más seguras, menos frágiles y más reales que los modelos sintéticos. En contraste con las preparaciones formoladas, las plastificadas pueden almacenarse en seco, pueden manipularse libremente y en cualquier lugar y no emiten vapores tóxicos (Aufdemorte, T.B. et al., 1985; Bickley, H.C. et al., 1987; Dawson, T.P. et al., 1990 y Hawley,

D.A. et al., 1991). Asimismo estas preparaciones al ser sólidas, nos permiten observar la morfología externa e interna de órganos huecos directamente. Finalmente los órganos plastificados presentan una mínima retracción y distorsión de los tejidos y no se produce colapso de sus cavidades internas, por lo que son muy apropiados para el estudio de técnicas endoscópicas (Nicaise et al., 1990).

Entre los posibles reparos que podemos hacer de la plastificación frente a otras técnicas

más convencionales, podemos citar los siguientes: Primero: es necesario mucho tiempo para obtener la preparación concluida (unos tres meses). Segundo: es una técnica muy laboriosa, en la que se necesita mucha atención por parte de los técnicos que la ejecutan. Finalmente el costo de producción, es relativamente alto, no solo por el tiempo requerido por esta técnica, sino también debido al uso de grandes cantidades de acetona, el alto precio de los productos BIODUR, y el equipamiento técnico necesario, que aunque no es muy amplio, sí supone un coste adicional imprescindible para iniciar esta técnica. No obstante, este coste de producción se puede disminuir enormemente estableciendo una «Cadena de montaje» en la que simultáneamente se tienen preparaciones en cada una de las fases de la técnica, con lo que los productos se pueden reutilizar, aminorando el coste de producción de cada espécimen (Bickley, H.C. y Townsend F.M., 1984).

En cualquier caso, estos inconvenientes son más que compensados por la gran calidad, utilidad y duración de las preparaciones plastificadas, lo que explica el porqué esta técnica se esté imponiendo paulatinamente en todo el mundo.

En definitiva, consideramos que la técnica de plastificación es de enorme interés para los Departamentos morfológicos de nuestras Universidades, pues es el mejor método disponible actualmente para la conservación de tejidos orgánicos, por la calidad, duración, facilidad de manejo y almacenamiento y utilidad docente de las preparaciones obtenidas.

Aquellos Departamentos interesados en iniciar esta técnica, deben dirigirse para la adquisición de los productos BIODUR al Dr. Gunther von Hagens, Rathausstrasse 18, D-6900 Heidelberg, Germany.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren expresar su agradecimiento al Prof. Dr. W. Hartman y a D. W. Kersten de la Facultad de Veterinaria de Utrecht (Holanda) por su asistencia técnica.

BIBLIOGRAFÍA

- AUFDEMORTE, T.B.; BICKLEY, H.C.; KRAUSKOPF, D.R. y TOWNSEND, F.M. (1985): An epoxy and silicone impregnation technique for the preservation of oral pathology teaching specimens. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.* **59**: 74-76.
- BICKLEY, H.C. y TOWNSEND, F.M. (1984): Preserving biological material by plastination. *Curator* **27**: 65-73.
- BICKLEY, H.C.; WALKER, A.N.; JACKSON, R.L. y DONNER R.S. (1987): Preservation of pathology specimens by silicone plastination. An innovative adjunct to pathology education. *Am. J. Clin. Pathol.* **88**: 220-223.
- DAWSON, T.P.; JAMES, R.S. y WILLIAMS, G.T. (1990): Silicone plastinated pathology specimens and their teaching potential. *J. Pathol.* **162**: 265-272.
- HAGENS, G.v. (1985): Heidelberg plastination folder 1985. Hagens, G.v. (ed.), Heidelberg.
- HAGENS, G.v.; TIEDEMANN, K. y KRIZ, W. (1987): The current potential of plastination. *Anat. Embryol.* **175**: 411-421.
- HAWLEY, D.A.; MARLIN, D.C.; COOK, D.C.; BECSEY, D.; CLARK, M.A.; PLESS, J.E. y STANDISH, S.M. (1991): Specimens for teaching forensic pathology, odontology and anthropology. *I Soft Tissue. Am. J. Forensic Med. Pathol.* **12**: 164-169.
- NICAISE, M.; SIMOENS, P. y LAUWERS H. (1990): Plastination of organs: a unique technique for the preparation of illustrative demonstration specimens. *Flemish Vet. J.* **4**: 141-146.
- NICAISE, M.; SIMOENS, P. y LAUWERS, H. (1992): Demonstration of plastinated organs used in teaching veterinary morphology. *Proc. XIX Congr. Europ. Ass. Vet. Anat. Ghent & Antwerp*, p. 43.

Correspondencia:

Andrés M^a Diz Plaza
Departamento de Anatomía y Anatomía
Patológica Comparadas
Facultad de Veterinaria
Avda. Medina Azahara nº 9
14005-Córdoba (España)