

Técnica de plastinación de la Universidad de Antioquia: una adaptación del método estándar alemán

Luis Miguel Acevedo-Arroyave¹, Manuel Andrés Rojas¹, Juan Manuel Velásquez²

RESUMEN

Introducción: la plastinación es una técnica de conservación de componentes anatómicos que consiste en reemplazar las moléculas de agua por un polímero. Esto se logra en cuatro etapas (fijación, deshidratación, impregnación forzada y curado). Con base en ello nuestro objetivo fue adaptar el método estándar alemán, a las condiciones propias del Laboratorio de Plastinación de la Facultad de Medicina de la Universidad de Antioquia (UDEA).

Materiales y métodos: se adaptó el método estándar alemán al reemplazar el agente deshidratante original, la acetona, por alcohol isopropílico. Fue necesario modificar la temperatura de la etapa de impregnación forzada en la técnica estándar alemana, realizada en su totalidad en frío. Esto hace que la técnica adaptada requiera realizar una segunda impregnación a temperatura ambiente.

Resultados: se han obtenido 343 piezas plastinadas, de estas, 150 mediante el protocolo de plastinación UDEA, con las características descritas en el método estándar alemán: secas, inodoras, de aspecto natural y duradero.

Discusión: aunque la técnica de plastinación de la UDEA aumenta el consumo de polímeros, es favorable en la relación costo/beneficio, pues disminuye los costos respecto a la aplicación de la técnica estándar alemana en nuestro medio. Emplear piezas plastinadas para la enseñanza tiene distintas ventajas. Permite reemplazar el uso de la conservación de piezas a base de formaldehído, evitando la exposición al mismo y sus efectos nocivos para la salud; por lo cual el uso de la misma ha ayudado a fortalecer diversos programas académicos en nuestra facultad.

¹ Docente. Universidad de Antioquia, Facultad de Medicina, Educación Médica. Medellín, Colombia.

² Estudiante de pregrado de medicina. Universidad de Antioquia, Facultad de Medicina, Departamento de morfología. Medellín, Colombia.
Correspondencia: Luis Miguel Acevedo-Arroyave; helvy25@hotmail.com

Recibido: agosto 31 de 2017

Aceptado: noviembre 14 de 2017

Cómo citar: Acevedo-Arroyave LM, Rojas MA, Velásquez JM. Técnica de plastinación de la Universidad de Antioquia: una adaptación del método estándar alemán. *Iatreia*. 2018 Jul-Sept;31(3):228-239. DOI 10.17533/udea.iatreia.v31n3a01.

PALABRAS CLAVE

Conservación; Docencia; Laboratorio; Modelos Anatómicos; Morfología

SUMMARY

Plastination technique Antioquia University: an adaptation of the german standard method

Introduction: Plastination is a preservation method of anatomical components; which consists of replacing the water molecules with a polymer, this is achieved in four stages (fixation, dehydration, forced impregnation and curing), based on this our objective was to adapt the plastination technique known as the German standard technique, to the conditions of the Laboratory of Plastination of the UDEA.

Materials and methods: We adapted the standard German plastination method by replacing the original dehydrating agent, acetone, with isopropyl alcohol; it was necessary to modify the temperature of the forced impregnation step in the standard German technique completely done in cold; requiring in our technique to perform a second impregnation at room temperature.

Results: A total of 343 plastinated pieces were obtained, 150 with the plastination protocol UDEA, with the characteristics described in the standard German method: dry, odorless, natural looking and durable.

Discussion: The plastination technique of the UDEA, although it increases the consumption of polymers, the cost / benefit ratio is still favorable, since it reduces the costs with respect to the application of standard German techniques in our environment. Employing plastinated pieces for teaching have different advantages, in turn it allows to replace the use of the conservation of pieces with base of formaldehyde, avoiding the exposure to the same and their harmful effects for the health; so the use of it has helped to strengthen various academic programs in our faculty.

KEY WORDS

Anatomical Models; Conservation; Laboratory; Morphology; Teaching

INTRODUCCIÓN

El término conservación se describe como todo aquel procedimiento que permite mantener un objeto en su estado inocuo sin que este pierda sus características o propiedades originales. A razón de esto, la conservación de cadáveres corresponde a preservar todas las características con distintos fines. No fue sino hasta 1838 que el científico alemán William Hoffman inicio el uso de formaldehído en sus procedimientos de conservación; éste es un gas soluble en agua, gaseoso a temperatura ambiente. Lamentablemente fue catalogado como sustancia cancerígena por La Administración para la Salud y Seguridad Ocupacional de los Estados Unidos (*OSHA* según sus siglas en inglés), quienes condicionaron su uso, dilución y tiempos de exposición (1).

En 1977, el científico alemán Dr. Gunther Von Hagens revolucionó la conservación de material biológico al introducir la plastinación (2). Esta consiste en el reemplazo del agua y parte de los lípidos de los tejidos por polímeros curables, produciendo piezas secas e inodoras, de aspecto natural y duradero (3), que la hace idónea para el uso en exposición museal y docencia (4, 5). A la fecha se han descrito diferentes tipos de polímeros y procedimientos, cada una con características propias (3-8). En algunos de estos, por ejemplo, se usa resina epóxica con la que se logran cortes delgados 2-5 mm) y ultra delgados (0,5-1,5 mm) de piezas anatómicas, embebidas en láminas (3, 5, 9, 10). De forma similar sucede con las resinas de poliéster, de las que resultan cortes delgados (2-3 mm, 4-8 mm), con la característica de resaltar la sustancia gris respecto a la blanca en el tejido nervioso (3, 11-13). El procedimiento con silicona, por su parte, consigue piezas macroscópicas flexibles (3, 6, 7, 14-17).

Al comparar los tres métodos antes mencionados, el que usa silicona se considera un procedimiento básico debido a que presenta menos requerimientos infraestructurales y de equipos, a su fácil realización y sus excelentes resultados (3, 6, 7). Debido a lo anterior, el laboratorio de plastinación de la Facultad de Medicina (FM) de la Universidad de Antioquia decidió adoptar inicialmente la plastinación en silicona particularmente el método Biodur® S10, conocida como el método estándar alemán. Esta, además, ha sido de amplia divulgación científica en múltiples

laboratorios e instituciones en todo el mundo (2); a razón de ello debió ser adaptada a las condiciones propias de nuestro laboratorio, siendo el proceso de adaptación el motivo de esta investigación.

En algunos países como India, China, Alemania, España, Chile, Perú, Argentina, México, Colombia, Estados Unidos de Norte América y Canadá se encuentran laboratorios de plastinación e instituciones que la implementan, tanto facultades de medicina como de otras áreas de la salud (3, 4, 18,19-25).

La consecución de piezas anatómicas humanas es cada vez más compleja, debido a requisitos legales e infraestructurales (26-29), por lo que la UDEA busca alternativas para la innovación en la enseñanza a través de los modelos artificiales y la simulación virtual que han adquirido importancia. Igualmente la optimización y modernización de las prácticas de enseñanza tradicionales con cadáveres, se han convertido en un reto y prioridad.

Tradicionalmente, en el laboratorio de morfología se han empleado diluciones de formaldehído para la preservación de cadáveres y muestras anatómicas. Sin embargo, el contacto con esta sustancia genera náuseas, cefalea, irritación ocular y dermatitis, con riesgos para la salud (30, 31). A razón de ello se generó la búsqueda objetiva de otras técnicas de

preservación, surgiendo la plastinación como una opción atractiva, dado que al finalizar el proceso se obtienen piezas secas, inodoras, de aspecto natural y duradero (3, 6-8) lo que permite disminuir las concentraciones de vapores de formaldehído minimizando riesgos para estudiantes, docentes y personal relacionado con los laboratorios.

Desde el año 2002 se ha implementado la técnica de conservación mediante plastinación (25), dando inicio al proyecto de desarrollo del Laboratorio de Plastinación de la FM de la UDEA, que aunque independiente del Departamento y Laboratorio de Morfología, se creó gracias a su estrecha cooperación.

METODOLOGÍA

El Laboratorio de Plastinación de la FM de la UDEA cuenta con una temperatura ambiente de 24 °C (32). Los equipos registran una temperatura ambiente que oscila entre los 18 y 22 °C y presión atmosférica de 637 mmHg.

Estas condiciones exigieron adaptar la técnica estándar alemana de referencia, creada por el científico Dr. Gunther Von Hagens quien la desarrolló con el uso de acetona a temperaturas bajas (-25 °C) en Hedelberg-Alemania (3), (Figura 1).



Figura 1. a) Manómetros y válvulas de aguja. b) Equipos para la impregnación y curado. Laboratorio de plastinación

La técnica de plastinación resultante de la adaptación del método estándar alemán, en adelante mencionada como técnica UDEA, consta de cuatro etapas: fijación, deshidratación, impregnación forzada y curado; la disección de la pieza anatómica se realiza durante todo el desarrollo, por tanto, no se considera

una etapa sino un proceso dinámico. Se emplea polímeros, catalizadores y equipos de la marca alemana Biodur® (Figura 1), sustancias adquiridas localmente y piezas anatómicas humanas obtenidas en colaboración con el Departamento de Morfología de la UDEA (Tabla 1).

Tabla 1. Materiales y equipos empleados en la Técnica de Plastinación UDEA

Etapa	Materiales y equipos
Fijación	<ul style="list-style-type: none"> • Piezas anatómicas humanas empleadas: corazón, pulmón, hígado, bloque intestinal completo, cerebro y médula espinal, miembro superior, miembro inferior, torso, cortes transversales de cabeza, tórax y abdomen, rodilla con ligamentos, pelvis ósea con ligamentos, útero con ovario y ligamentos, vejiga con uréteres, riñones, vulva, pene, entre otros. • Piezas anatómicas animales: globos oculares vacunos, úteros con ovarios vacunos y corazones porcinos. • Recipientes herméticos de acuerdo al tamaño de la pieza. • Formaldehído al 10 %, por lo menos 3 volúmenes de solución: 1 de la pieza anatómica.
Deshidratación	<ul style="list-style-type: none"> • Cava de congelación -15 °C. • Recipientes herméticos de acuerdo al tamaño de la pieza. • Alcohol isopropílico al 100 % y alcohol isopropílico empleado en deshidrataciones previas mínimo al 70 % de concentración. Por lo menos 3 volúmenes de solución: 1 de la pieza anatómica. • Termómetro de mercurio de 0 a 100 °C. • Probetas de 500 ml y 1000 ml. • Acetonómetro HD01A1.0 y HD02A1.0: empleado para la medición de la concentración de alcohol en %: 0 % a 100 % y 90 % a 100 % respectivamente.
Impregnación forzada	<ul style="list-style-type: none"> • Congelador industrial horizontal -10 °C. • Cámara de impregnación 35 litros HI02A1.0: incluye empaque de silicona y vidrio de seguridad. • Bomba de vacío: HI18A1.0 • Válvulas ajustables para regular la presión HI10A1.0 • Manguera conectora HI07A1.0 • Manómetros con regla de vidrio y digital respectivamente: HI13A1.0 Bennert y HI14A1.0 • Silicona de baja viscosidad Biodur® S10 • Elongador de cadenas Biodur® S3 • Canasta de rejilla HI05A1 • Aceite bomba de vacío HI12A5.0
Curado	<ul style="list-style-type: none"> • Cámara de curado con mangueras y ventilador HH13A1.0 • Caja de curado para la vaporización del S6 • Entrecruzador de cadena Biodur® S6 • Papel absorbente

Descripción de la técnica de plastinación UDEA

Primera etapa (Fijación)

La primera etapa consta de inmersión, inyección y/o perfusión de las piezas anatómicas en solución de formaldehído al 10 % por un periodo mínimo de una semana, que varía según las características propias de la pieza anatómica y garantiza así la perfusión del

formol a todos los tejidos. En ocasiones se han adicionado pigmentos vegetales de la industria alimentaria local con el fin de darle una apariencia natural. El formaldehído inserta puentes de metileno entre los átomos de nitrógeno de proteínas adyacentes, por lo cual se considera un excelente agente fijador (33, 34).

Segunda etapa (Deshidratación)

En Colombia la acetona es un producto químico controlado, debido a su potencial uso en la fabricación de estupefacientes y sustancias psicotrópicas (35), por lo que es de difícil consecución y alto costo. Por esta razón en el laboratorio de plastinación de la FM de la UDEA se decidió reemplazar la acetona por alcohol isopropílico (en adelante cualquiera de estas sustancias serán mencionadas como solvente intermediario). Esta adaptación fue posible debido a que estas moléculas presentan características estructurales y físico-químicas similares.

En el Laboratorio de Plastinación de la FM de la UDEA se realiza la deshidratación en frío a $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, debido a condiciones propias de las instalaciones. Esto difiere de la temperatura recomendada en la técnica estándar alemana, que es de $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, lo que disminuye la retracción de los tejidos propia de esta fase de la técnica (3, 14, 32).

Esta etapa se realizó mediante la inmersión del espécimen en alcohol isopropílico, que era cambiado periódicamente por esta misma sustancia a mayor concentración, se considera por finalizada la deshidratación cuando se obtenían dos mediciones consecutivas de por lo menos 7 días de diferencia entre ellas y concentraciones superiores al 99 %. Similar al proceso de desengrasado con cloruro de metileno relatado en la técnica estándar alemana (36). Se efectuó el proceso de desengrasado con alcohol isopropílico, dejando las piezas por una a dos semanas a temperatura ambiente, según las características propias de la misma.

Tercera etapa (Impregnación forzada)

La extracción del solvente intermediario, sea acetona o alcohol isopropílico, se realiza mediante una bomba de vacío tomando ventaja de la diferencia entre la presión de vapor del solvente intermediario y la del polímero (3, 14); la extracción es directamente proporcional a la presión de vapor del solvente intermediario, pero es inversamente proporcional a la presión en la cámara de vacío.

En la técnica estándar alemana, la impregnación forzada finaliza una vez no se observa la extracción del solvente intermediario a presiones de 5 mmHg o inferiores, ya que la temperatura recomendada para este

proceso es igual o menor de $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, también conocida como impregnación en frío (3, 14). En el método propuesto por la UDEA, se utiliza alcohol isopropílico, solvente intermediario que se caracteriza por su baja presión de vapor, aspecto que dificulta su extracción completa, pues lograrlo requiere presiones más bajas y los equipos utilizados tienen límite de descenso en la presión; cercano a -5 mmHg .

Consecuentemente se halló que cuando se modificaba únicamente el solvente intermediario al método estándar alemán se observa mayor retracción y rigidez respecto a aquellas piezas sometidas al mismo proceso pero deshidratadas con acetona. Incluso era frecuente, semanas después de culminar el proceso, percibir el olor del alcohol isopropílico, evidencia de que no se había extraído totalmente de los tejidos, debido a la limitación de los equipos para lograr un mayor descenso de la presión; suceso que no ocurría con las muestras deshidratadas con acetona. Como relacionamos previamente, la extracción del solvente intermediario es directamente proporcional a la presión de vapor, por lo tanto, una alta presión de vapor favorece la extracción de este. Esta propiedad se relaciona con la energía cinética que poseen las mismas (37), así mientras más energía se transfiera a una sustancia, mayor será su vaporización y aumentará la presión de vapor. Es por esto que si se aumenta la temperatura del solvente intermediario, como en las impregnaciones realizadas a temperatura ambiente, se estará aumentando la presión de vapor y por ende se favorecerá su extracción de los tejidos.

Dado que en el Laboratorio de Plastinación de la UDEA la impregnación forzada en frío de piezas deshidratadas con el alcohol isopropílico no fue satisfactoria, se decidió adoptar en el protocolo la reimpregnación forzada de las piezas anatómicas a temperatura ambiente ($18\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $22\text{ }^{\circ}\text{C}$), posterior a la ya realizada en frío. Con ello, la adaptación en el método estándar alemán a las condiciones del laboratorio consistió en la deshidratación de las piezas anatómicas con alcohol isopropílico, impregnación en frío y posterior reimpregnación a temperatura ambiente.

Esta etapa se realizó con una mezcla de Biodur® S10:S3 en una proporción de 100:1 según la descripción original de la técnica (3, 14). Estas impregnaciones mencionadas se realizaron descendiendo gradualmente la presión. La técnica UDEA protocolizó inicialmente

descender de la presión atmosférica hasta alcanzar 50 mmHg, finalizando cada impregnación a 5 mmHg o menos, y no se aprecia burbujeo en la superficie de la mezcla Biodur® S10:S3, ello es un indicador de la no extracción de solvente intermediario de los tejidos.

Cuarta etapa (Curado)

El curado del polímero se realiza según el método estándar alemán que consiste en la vaporización del endurecedor, también conocido como entrecruzador de cadenas o Biodur® S6, bajo cámara sellada, esta era inicialmente rudimentaria, constaba de un contenedor plástico de 0,255 m³ sellada herméticamente, un recipiente de vidrio de 100 ml y una bomba de

pecera comercial. Actualmente, se emplea el modelo HH13A1.0 Biodur®, el cual cuenta con un ventilador, tres recipientes de vidrio de 500 ml y tres bombas de pecera que vaporizan el entrecruzador de cadenas por medio del burbujeo que se produce al inyectar aire.

Esta etapa se realizó encendiendo la cámara de curado previamente sellada de forma intermitente en ciclos de tres a cuatro horas, conservando las piezas en su interior y encendiendo el ventilador para ayudar a la circulación del entrecruzador hasta completar el curado superficial de la pieza. Posteriormente se almacenaron no menos de 30 días en bolsas herméticas con lo que se favorece el mismo proceso, esta vez del polímero al interior del espécimen (3) (Tabla 2).

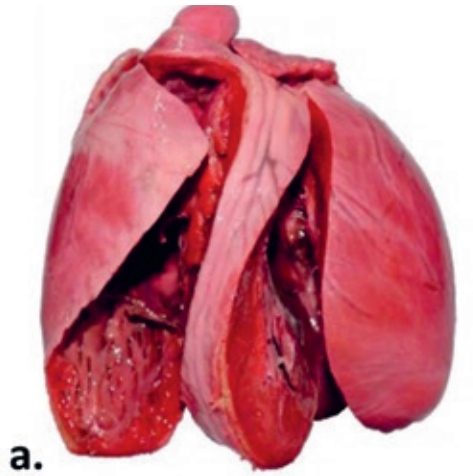
Tabla 2. Técnica estándar alemana versus Técnica de plastinación UDEA

Técnica estándar alemana Biodur® S10	Técnica plastinación UDEA
<i>Fijación</i> Se realiza con soluciones fijadoras comunes como el formaldehído	<i>Fijación</i> Se realiza con formaldehído al 10 %
<i>Deshidratación</i> <ul style="list-style-type: none"> • Emplea acetona • Se realiza a -25 °C • Desengrasado con cloruro de metileno 	<i>Deshidratación</i> <ul style="list-style-type: none"> • Emplea alcohol isopropílico • Se realiza a -15 °C • Desengrasado con el mismo alcohol isopropílico a temperatura ambiente (18 °C a 22 °C)
<i>Impregnación forzada</i> <ul style="list-style-type: none"> • Se realiza a temperatura de -25 °C 	<i>Impregnación forzada</i> <ul style="list-style-type: none"> • Se realiza dos veces, primero a temperatura de -12 °C y luego a temperatura ambiente
<i>Curado</i> <ul style="list-style-type: none"> • Vaporización del S6 en cámara sellada 	<i>Curado</i> <ul style="list-style-type: none"> • Vaporización del S6 en cámara sellada

RESULTADOS

Desde el inicio del proyecto en el año 2002 y hasta el 2017 se han plastinado alrededor de 343 piezas anatómicas con la técnica UDEA y estándar alemana. Con esta última se realizaron 110 con muestras animales, de las cuales 95, que se iban a descartar, tienen más de 10 años por lo que se consideran históricas, 15 con potencial de exhibición. Las 233 restantes corresponden a piezas humanas, de aquellas 83 son históricas. Debido a que este material hace parte de los primeros ensayos, no se emplea ni para docencia ni para uso exhibición (Figura 2). De las 343 piezas antes

mencionadas, 150 son clasificados como especímenes de alta calidad y de amplia utilidad docente, 4 de ellas mediante el método estándar alemán sin modificación alguna y 136 mediante la técnica UDEA; de estas últimas, 93 presentan a la fecha más de 12 meses de haber completado el proceso de plastinación y de encontrarse en disponibilidad para la docencia. Es de anotar que estas piezas posteriormente a haber completado el proceso no han presentado cambios diferentes a los producidos durante la aplicación de la técnica en cuanto al aspecto, la flexibilidad o la retracción (Figura 3, Figura 4 y Figura 5).



a.



b.

Figura 2a. Corazón porcino teñido con pigmentos vegetales y plastinado mediante la técnica UDEA laboratorio de FM
b. Pie y mitad distal de pierna derecha humana deshidratada con alcohol isopropílico y plastinado mediante técnica estándar alemana laboratorio FM



a.



b.

Figura 3a. Cabeza humana plastinada mediante técnica UDEA laboratorio FM. **b.** Encéfalo humano mediante técnica UDEA



Figura 4a. Bloque torácico y abdominal humano plastinado mediante técnica UDEA laboratorio FM.
b. Corte toraco-abdominal humano plastinado mediante técnica UDEA laboratorio FM



Figura 5a. Rodilla humana plastinada mediante técnica UDEA laboratorio FM.
b. Pierna y pie izquierdo humano plastinado mediante técnica UDEA Laboratorio FM

El resultado no favorable de la técnica de plastinación UDEA es la disminución de la vida útil de la mezcla de la silicona Biodur® S10:S3, pues esta al ser expuesta a temperatura ambiente acelera la reacción de elongación de cadena produciendo el aumento de la viscosidad del polímero, siendo posible realizar la impregnación bajo estas condiciones solo dos a tres veces (3); este aumento de la viscosidad impide realizar satisfactoriamente la impregnación forzada.

DISCUSIÓN

El Laboratorio de plastinación de la FM de la UDEA es un proyecto aún en desarrollo, dado que a la fecha no todas las piezas anatómicas conservadas en soluciones tradicionales han pasado por este proceso. Es de destacar que a lo largo de los años se ha logrado superar diversos obstáculos, entre otros, adaptar el método estándar alemán a las condiciones propias de laboratorio UDEA, lo que permitió prolongar la vida útil de valiosas piezas anatómicas de carácter único, mediante una conservación seca, inodora, de aspecto similar al natural, duraderas, libres de riesgo biológico y con alta calidad docente, cumpliendo de esta forma con las premisas iniciales sobre la plastinación del Dr. Gunther Von Hagens (3, 6, 7).

Es innegable la existencia de otros laboratorios que han adaptado la técnica estándar alemana, realizando modificaciones en diferentes etapas del proceso (38, 39), incluso han efectuado ajustes en la plastinación que involucran el reemplazo de los reactivos desarrollados para este fin por genéricos o de otras industrias (19, 20, 40).

Aunque las adaptaciones realizadas por diferentes laboratorios, incluyendo el de la FM de la UDEA, han logrado cumplir con las premisas mencionadas en el anterior párrafo y si bien el Dr. Gunther Von Hagens describió la técnica estándar y los principios generales de la plastinación (3, 4, 6, 7), estas son consideradas complejas para la conservación de material biológico, pero a la vez versátiles y susceptible de adaptación a condiciones particulares.

El resultado no favorable respecto a la disminución de la vida útil de los polímeros, a diferencia de lo que relata en el método estándar alemán que puede ser reutilizado indefinidamente debido a su conservación

en frío (3), ha implicado en nuestro laboratorio reemplazara el usado o su dilución con nueva mezcla de la silicona Biodur® S10:S3 que aún conserve baja viscosidad. De esta forma es importante aclarar que la técnica de plastinación UDEA ha aumentado la cantidad de estos elementos empleados frente a la técnica original. Esto contrasta con la disminución de costos lograda al cambiar la acetona por alcohol isopropílico. Pese a lo anterior, la técnica de plastinación UDEA, aunque aumenta el consumo de polímeros, sigue presentando una relación costo/beneficio favorable pues disminuye los costos respecto a la aplicación de la técnica estándar alemana en nuestro medio.

Cabe señalar que otro de los beneficios que ha representado el desarrollo de la técnica en la UDEA ha sido la disminución del uso en las actividades académicas, de piezas anatómicas cadavéricas conservadas mediante métodos tradicionales a base de formaldehído, puesto que generaba riesgos de salud en estudiantes, docentes, técnicos y personal de apoyo, por la producción de vapores relacionado a la irritación ocular y en vías aéreas altas y bajas generando tos, mareos, cefaleas, además de estar directamente asociado con diferentes tipos de cáncer (30, 31, 41).

Actualmente estas muestras se utilizan en prácticas anatómicas con estudiantes de pregrado de medicina, enfermería, instrumentación quirúrgica, nutrición y dietética, bioingeniería y química farmacéutica; para programas de especializaciones médicas como ortopedia, otorrinolaringología, neurología, neurocirugía, cirugía general, ginecología, obstetricia, urología, entre otras. De igual manera, se emplean en cursos formativos de pregrado que son desarrollados por la UDEA en centros de enseñanza extramurales o de pequeñas poblaciones en donde no cuentan con la infraestructura en conservación de piezas anatómicas en soluciones tradicionales. También se han empleado en diversas exposiciones en museos.

El uso de las piezas plastinadas constituye una herramienta útil para la reducción del riesgo biológico y químico en grupos no familiarizados con el área de la salud, permitiendo fortalecer diversos programas educativos tanto dentro como fuera de las instalaciones de la Universidad.

Con el pasar de los años se ha incrementado la necesidad de capacitar profesionales del área de la salud

y la tanatopraxia, tanto de la UDEA como externos en las diferentes técnicas de plastinación y complementarias. Razones que motivaron a la institución a desarrollar programas académicos para suplir dicha necesidad.

Desde el primer semestre del año 2015 el Laboratorio de Plastinación de la FM de la UDEA ofrece la "Diplomatura de formación especializada en Plastinación y otras Técnicas Anatómicas", en esta se encuentran las técnicas de repleción vascular, tinción ósea, diafanización de tejidos blandos, restauración de muestras anatómicas deterioradas, además de aclaramiento y tinción de tejidos blandos, siendo las anteriores técnicas complementarias a la plastinación.

A la fecha se han realizado cinco versiones de esta diplomatura con participantes de Bogotá, Cali, Manizales, y países como Chile, México, Perú, Ecuador, Argentina, El Salvador y Honduras, lo que la hace un referente nacional e internacional. La técnica de plastinación UDEA se ha implementado en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, y en otras universidades como la de los Andes en Bogotá-Colombia, en Perú en el Centro Nacional de Plastinación de la Universidad Nacional de San Antonio Abad y en la Universidad Andina, ambas ubicadas en Cusco.

CONFLICTOS DE INTERESES

Ninguno por declarar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Beltrán Guerra JA. Historia de la preservación de cadáveres humanos. *Morfología*. 2009;1(3):5-10.
2. Pashaei S. A brief review on the history, methods and applications of plastination. *Int J Morphol* [Internet]. 2010; 28(4):1075-9. Available from: <https://pdfs.semanticscholar.org/045e/65129819f365260a3bad87fd769326e8f716.pdf>
3. von Hagens G. Heidelberg plastination folder: Collection of all technical leaflets for plastination. 2nd ed. Heidelberg: Biodur Products; 1986.
4. Bickley HC, von Hagens G, Townsend FM. An improved method for the preservation of teaching specimens. *Arch Pathol Lab Med*. 1981 Dec;105(12):674-6.
5. Latorre R, Vásquez JM, Gil F, Ramirez G, López-Albors O, Orenes M, et al. Teaching anatomy of the distal equine thoracic limb with plastinated slices. *J Int Soc Plastination* [Internet]. 2001;16:23-30. Available from: http://plastination.org/journal/archive/jp_vol.16/jp_vol.16_23-30.pdf
6. von Hagens G. Impregnation of soft biological specimens with thermosetting resins and elastomers. *Anat Rec*. 1979 Jun; 94(2):247-55. DOI 10.1002/ar.1091940206.
7. von Hagens G, Tiedemann K, Kriz W. The current potential of plastination. *Anat Embryol (Berl)*. 1987;175(4):411-21.
8. Bickley HC, Conner RS, Walker AN, Jackson RL. Preservation of tissue by silicone rubber impregnation. *J Int Soc Plastination* 1987;1(1):30-9.
9. Sora MC, Cook P. Epoxy plastination of biological tissue: E12 technique. *J Int Soc Plastination* [Internet]. 2007;22:31-9. Available from: http://journal.plastination.org/archive/jp_vol.22/jp_vol.22_31-39.pdf
10. Sora MC. Epoxy plastination of biological tissue: E12 ultra-thin technique. *J Int Soc Plastination* [Internet]. 2007;22:40-5. Available from: <https://www.yumpu.com/en/document/view/5151787/epoxy-plastination-of-biological-tissue-e12-ultra-thin-technique>
11. Latorre R, Henry RW. Polyester plastination of biological tissue: P40 technique for body slices. *J Int Soc Plastination*. 2007; 22:69-77.
12. Henry RW, Latorre R. Polyester plastination of biological tissue: P40 technique for brain slices. *J Int Soc Plastination* [Internet]. 2007; 22:59-68. Available from: http://journal.plastination.org/archive/jp_vol.22/jp_vol.22_59-68.pdf
13. Weber WA, Weiglein A, Latorre R, Henry RW. Polyester plastination of biological tissue: P35 technique. *J Int Soc Plastination*. 2007;22:50-8.
14. Dejong K, Henry RW. Silicone plastination of biological tissue: Cold-temperature technique biodurtm s10/s15 technique and products. *J Int Soc Plastination*. 2007;22:2-14.
15. Raoof A, Henry RW, Reed RB. Silicone plastination of biological tissue: room-temperature technique dwtm/corcoran technique and products. *J Int Soc Plastination* [Internet]. 2007;22:21-5. Available from: http://journal.plastination.org/archive/jp_vol.22/jp_vol.22_21-25.pdf

16. Henry RW. Silicone plastination of biological tissue: Cold-temperature technique- North Carolina technique and products. *J Int Soc Plastination*. 2007;22:26-30.
17. Robert H, Larry J, Carol H. Specimen preparation for silicone plastination. *J Int Soc Plastination* [Internet]. 1997;12(1):13-7. Available from: http://plastination.org/journal/archive/jp_vol.12.1/jp_vol.12.1_13-17.pdf
18. Baker EW, Slott PA, Terracio L, Cunningham EP. An innovative method for teaching anatomy in the predoctoral dental curriculum. *J Dent Educ*. 2013 Nov;77(11):1498-507.
19. Pandit S, Kumar S, Mishra BK. Comparative study of anatomical specimens using plastination by araldite HY103, polypropylene resin, 6170H19 Orthocryl and silicone - A qualitative study. *Med J Armed Forces India*. 2015 Jul;71(3):246-53. DOI 10.1016/j.mjafi.2015.04.014.
20. Ottone NE, Cirigliano V, Bianchi HF, Medan CD, Algieri RD, Borges Brum G, et al. New contributions to the development of a plastination technique at room temperature with silicone. *Anat Sci Int*. 2015 Mar;90(2):126-35. DOI 10.1007/s12565-014-0258-6.
21. Miranda F. La plastinación como método de conservación de tejidos biológicos para docencia e investigación en la anatomía humana. *Rev Peru Med Exp Salud Publica* [Internet]. 2015;32(4):817-24. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v32n4/a30v32n4.pdf>
22. Arredondo J, López-Albors O, Recillas S, Victoria M, Castelán O, González-Ronquillo M, et al. Modelo virtual tridimensional de la articulación cubital del perro a partir de cortes plastinados ultradelgados. *Int J Morphol* [Internet]. 2016;34 (4):1253-8. Disponible en: <http://www.scielo.cl/pdf/ijmorphol/v34n4/art13.pdf>
23. McRae KE, Davies GA, Easteal RA, Smith GN. Creation of plastinated placentas as a novel teaching resource for medical education in obstetrics and gynaecology. *Placenta*. 2015 Jul; 36(9):1045-51. DOI 10.1016/j.placenta.2015.06.018.
24. Zheng TZ, You X, Cai L, Liu J. The history of plastination in china. *J Int Soc Plastination* [Internet]. 2000;15(1):25-9. Disponible en: http://journal.plastination.org/archive/jp_vol.15/jp_vol.15_25-29.pdf
25. Jiménez Mejía R, Isaza Castro O. Plastinación, una técnica moderna al servicio de la anatomía. *Iatreia* [Internet]. 2005;18(1):99-106. Disponible en: <https://aprendeonline.udea.edu.co/revistas/index.php/iatreia/article/view/4134/3797>
26. Colombia. Congreso de Colombia. Ley 919 de 2004 por medio de la cual se prohíbe la comercialización de componentes anatómicos humanos para trasplante y se tipifica como delito su tráfico. *Diario Oficial*, 45771 (Dic. 23 2004).
27. Colombia. Ministro de la Protección Social. Decreto 2493 de 2004 por el cual se reglamentan parcialmente las Leyes 9ª de 1979 y 73 de 1988, en relación con los componentes anatómicos. *Diario Oficial*, 45631 (Ago. 05 2004).
28. Colombia. Ministerio de la Protección Social. Resolución 002640 de 2005 por medio de la cual se reglamentan los artículos 3º, 4º, 6º parágrafo 2º, 7º numeral 10, 25 y 46 del Decreto 2493 de 2004 y se dictan otras disposiciones. *Diario Oficial*, 46007 (Ago. 21 2005).
29. Colombia. Ministerio de Protección Social. Resolución 0042 de 2008, por la cual se modifica el artículo 20 de la Resolución 2640 de 2005. *Diario Oficial*, 46894 (Feb. 06 2008).
30. Pabst R. Exposure to formaldehyde in anatomy: an occupational health hazard? *Anat Rec*. 1987 Oct;219(2):109-12.
31. Viegas S, Ladeira C, Nunes C, Malta-Vacas J, Gomes M, Brito M, et al. Genotoxic effects in occupational exposure to formaldehyde: A study in anatomy and pathology laboratories and formaldehyde-resins production. *J Occup Med Toxicol*. 2010 Aug;5(1):25. DOI 10.1186/1745-6673-5-25.
32. Alcaldía de Medellín [Internet]. Alcaldía de Medellín: Medellín; 2017 [consultado 2017 agosto 1]. Disponible en: <https://www.medellin.gov.co/irj/portal/medellin?navigationtarget=navurl://6488ef50a6787e1fdb4e42e62a46a67>
33. Hopwood D. Fixatives and fixation: a review. *Histochem J*. 1969 May;1(4):323-60.
34. Brenner E. Human body preservation - old and new techniques. *J Anat*. 2014 Mar;224(3):316-44. DOI 10.1111/joa.12160.
35. Colombia. Consejo Nacional de Estupefacientes. Resolución 0001 de 2015, por la cual se unifica y actualiza la normatividad sobre el control de sustancia y productos químicos. Bogotá: Consejo Nacional de Estupefacientes; 08 enero de 2015.

36. Brown MA, Reed RB, Henry RW. Effects of dehydration mediums and temperature on total dehydration time and tissue shrinkage. *J Int Soc Plastination* [Internet]. 2002;17:28-33. Available from: http://www.plastination.org/journal/archive/jp_vol.17/jp_vol.17_28-33.pdf
37. Chang R. Fuerzas intermoleculares y líquidos y sólidos. En: *Química*. 10ª ed. México D.F: Mc Graw Hill; 2010. p. 460-511.
38. Ruthig VA, Labrash S, Lozanoff S, Ward MA. Macroscopic demonstration of the male urogenital system with evidence of a direct inguinal hernia utilizing room temperature plastination. *Anatomy*. 2016 Dec;10(3):211-20. DOI 10.2399/ana.16.036.
39. Riederer BM. Plastination and its importance in teaching anatomy. Critical points for long-term preservation of human tissue. *J Anat*. 2014 Mar;224(3):309-15. DOI 10.1111/joa.12056.
40. Ottone NE, Cirigliano V, Lewicki M, Bianchi HF, Aja-Guardiola S, Algieri RB, et al. Plastination Technique in Laboratory Rats: an Alternative Resource for Teaching, Surgical Training and Research Development. *Int J Morphol*. 2014;32(4):1430-5. Available from: <http://www.scielo.cl/pdf/ijmorphol/v32n4/art48.pdf>
41. Aronson JK. Formaldehyde. In: Lisa Tickner. *Meyler's side effects of drugs*. 6th ed. Amsterdam: Elsevier; 2016. p. 437-45.

