

## Plastinación de ojo humano, una herramienta adicional para la enseñanza

### Human eye plastination, an additional tool for teaching

Hernán Severo Escobar Chavarría 1. Rocío Condori Bustillo 2.  
Raúl Huayhua Mexicano 3.

1. Médico cirujano, docente investigador. Univalle Cochabamba. [hescobarc@univalle.edu](mailto:hescobarc@univalle.edu)
2. Médico cirujano, docente de Anatomía Humana. Univalle Cochabamba.  
[rocio\\_all\\_right@hotmail.com](mailto:rocio_all_right@hotmail.com)
3. Médico cirujano, docente de Anatomía Humana. Univalle Cochabamba.  
[huayhuamexicano@gmail.com](mailto:huayhuamexicano@gmail.com)

### RESUMEN

La plastinación es un proceso de conservación de especímenes anatómicos y patológicos donde los fluidos de los tejidos son remplazados por plásticos tales como el silicón, la resina epóxica o la resina de poliéster. Actualmente, es usado y recomendado para la enseñanza con restricciones mínimas. Diversas partes del cuerpo pueden ser preservadas con la plastinación, sin embargo, con relación a estructuras pequeñas como el globo ocular, existen varias limitantes estructurales, por tal motivo se realizó en este trabajo, modificaciones a la técnica original para conservar esta parte en específico. Se realizó un trabajo de tipo observacional, descriptivo, de corte transversal, en los laboratorios de Morfología de la Universidad del Valle, Cochabamba, en 3 especímenes de 2015 a 2018. Se aplicó la técnica de plastinación consistente en 6 fases con algunas modificaciones: fijación de la pieza con formol al 10%; deshidratación y desengrase con alcohol isopropílico al 60%; impregnación con silicona líquida en una cámara de vacío a temperatura ambiente; curado, que fue a temperatura ambiente. Se observó una disminución de volumen 5% de la forma original, además que se mantuvo la morfología externa normal del ojo. El producto obtenido fue un espécimen inodoro, seco, no infeccioso, con detalles visibles como los músculos extrínsecos del ojo.

**Palabras clave:** Ojo. Preservación. Conservación.

### ABSTRACT

Plastination is a process of conservation of anatomical and pathological specimens where the fluids of the tissues are replaced by plastics such as silicone, epoxy resin or polyester resin. Currently, it is used and recommended for teaching with minimal restrictions. Various parts of the body can be preserved with plastination, however, in relation to small structures such as the eyeball, there are several structural limitations, for this reason we made in this work, modifications to the original technique to keep this part in specific. An observational, descriptive, cross-sectional work was carried out in the Morphology laboratories of the Universidad del Valle, Cochabamba, in 3 specimens from 2015 to 2018. The plastination technique was applied consisting of 6 phases with some modifications: the piece with 10% formaldehyde; dehydration and degreasing with 60% isopropyl alcohol; impregnation with liquid silicone in a vacuum chamber at room temperature; cured, which was at room temperature. A 5% volume decrease of the original form was observed, in addition to maintain the normal external morphology of the eye. The product obtained was an odorless, dry, non-infectious specimen, with visible details such as the extrinsic muscles of the eye.

**Keywords:** Eye. Preservation. Conservation.

## INTRODUCCIÓN

Las prácticas de conservación de cadáveres humanos han sido comunes en diferentes culturas, un gran ejemplo: la momificación en el antiguo Egipto. En la actualidad, la preservación de estructuras corporales tiene un uso multivariado: preservación de piezas con alto valor social (cuerpos momificados de Lenin o Eva Perón), estudio de especímenes para patología, así como para el estudio y enseñanza de la anatomía(1).

El método de conservación de piezas anatómicas más usado es por fijación en formaldehído, sin embargo, la exposición ocupacional al formol se ha correlacionado con una lista amplia de enfermedades al ser una sustancia altamente tóxica y carcinógena (1)(2). Frente a numerosos riesgos y la dificultad creciente para la consecución de cadáveres y piezas anatómicas, ya en el año 1979, Von Hagens publica un artículo sobre la plastinación como una técnica de preservación de piezas anatómicas y patológicas, donde los tejidos biológicos son reemplazados por polímeros. Técnica útil para docencia e investigación en anatomía, con lo cual la vida útil de estas piezas se extiende casi indefinidamente y se elimina el riesgo biológico y la exposición a sustancias tóxicas (3).

La técnica habitual consiste en cinco etapas: fijación con formol, desengrase, deshidratación, impregnación forzada y curado o endurecimiento de los polímeros. Las propiedades finales de la pieza dependen del tipo de polímero utilizado. La silicona proporciona piezas flexibles y aporta buenos resultados con requerimientos mínimos de equipamiento (1)(3).

Diversas partes del cuerpo pueden ser preservadas con la plastinación o técnicas tradicionales de conservación, sin embargo, en relación a estructuras pequeñas, como por ejemplo la del globo ocular, no se describen técnicas específicas para su preservación debido a su tamaño y características particulares; para su estudio y la enseñanza, existen varias limitantes como la tendencia al secado, pérdida de su vitalidad, estructuras difíciles de mostrar o conservar, y que tengan una presentación más didáctica, como en los atlas de anatomía, modelos que muestren, por ejemplo, de los músculos extrínsecos del ojo.

Hasta la fecha no se ha realizado ningún estudio comparativo con la literatura actual de las dimensiones del globo ocular, su inervación y vascularización, y ante la necesidad de modelos anatómicos reales, se realizó una revisión actualizada de los principales pasos para ejecutar el proceso de plastinación acorde a las últimas técnicas desarrolladas para tal fin, con el objetivo de preservar el ojo humano para la enseñanza por medio de la plastinación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio, fue de tipo Descriptivo y transversal. Se realizó en los laboratorios del departamento de Morfología de la Universidad del Valle, Cochabamba-Bolivia, en el periodo de noviembre de 2015 a octubre de 2018. Se efectuó el proceso de plastinación en 3 muestras de especímenes humanos, las cuales fueron conservadas en frigoríficos, posteriormente, formolizadas, de las cuales se extrajeron los globos oculares íntegros de acuerdo con la técnica de Gray (4). Los criterios de inclusión fueron 3 especímenes con características anatómicas aceptables. Los criterios de exclusión fueron especímenes en mal estado, perforados, o seccionados (figura 1).

Figura 1. Espécimen con base de cráneo libre. post extracción de globo ocular en bloque de acuerdo con la técnica de Gray



Fuente. Elaboración propia, agosto 2018.

#### Protocolo de disección y conservación del ojo humano

##### - Técnica de procesamiento para extracción de globo ocular:

1. Previamente a la disección del globo ocular y sus músculos extrínsecos, se disecó la masa encefálica, los pares craneales, las ramas terminales de la arteria carótida interna y las venas. La base endocraneal de la cabeza estaba libre para poder disecar los globos oculares
2. Posición del cadáver en decúbito dorsal.
3. Se trazó los límites de incisión en el techo de la órbita. A nivel del conducto óptico se marcó la incisión, para luego cortar la parte ósea con una sierra circular, se encontraron los elementos vasculonerviosos, el nervio óptico y la arteria oftálmica. Lateral e inferior al agujero óptico encontramos la fisura orbitaria superior con su paquete vasculonervioso (III,IV,V1,VI y vena oftálmica). En la parte anterior se halló la inserción de la cápsula de Tenón en el borde orbitario.
4. Con una sierra mecánica se realizó dos cortes: el primero a nivel del techo de la órbita, lateralmente al agujero supraorbitario y nervio óptico; mientras que el segundo corte vertical sobre la porción escamosa del temporal seguida de un trazo horizontal sobre la apófisis orbitaria del hueso cigomático, se reclinó anteriormente el techo de la órbita con localización consecuente de las estructuras vasculonerviosas (nervio frontal, nervio nasociliar, nervios etmoidales anterior y posterior e infratroclear).
5. Se retiró la grasa; con una pinza Edson con diente y evitando utilizar las tijeras o el bisturí para no lesionar los elementos anatómicos (nervio supraorbitario y supratroclear, el nervio y la arteria supraorbitaria y sus ramas).
6. Se retiró el cuerpo adiposo de la órbita, separando y disecando los músculos extraoculares *in situ*. Distal y en intervalo entre los músculos oblicuo superior y elevador del párpado superior, se localizó la vena oftálmica superior y se retiró todas sus tributarias, se localizó la glándula lagrimal y su nervio, profundamente a esta, se expuso el recto lateral con el nervio abducens en su cara medial, se identificó el nervio óptico y la arteria oftálmica en el anillo tendinoso de Zinn. Se reclinó toda la musculatura de la apófisis frontal del maxilar, con una sierra mecánica se seccionó el área inferior al ángulo medial del borde infraorbitario, se extrajo el

globo ocular en bloque, con sus músculos extrínsecos. La esclera se encontraba comprimida y distorsionada y para restaurar su forma original se inyectó formol en el globo ocular con una aguja hipodérmica y una jeringa. Posteriormente, se disecó y extrajo la grasa circundante a los músculos extraoculares para su posterior plastinado.

#### - Procedimiento de plastinación

1. **Instrumentos:** se utilizó un termómetro de la cámara frigorífica TRU Temp©, congelador horizontal, refrigerador, bomba de vacío artesanal con jeringa de 60 cc, manómetro para medir la presión y visor de vidrio. Asimismo, alcohol isopropílico al 100%, silicona líquida (Merletto), silicona acética, jeringas de 1 ml, mariposa N° 10, formaldehído, calibrador digital marca TRUPPER 0 mm – 150 mm.

Figura 2. Cámara de vacío artesanal utilizado en el presente trabajo

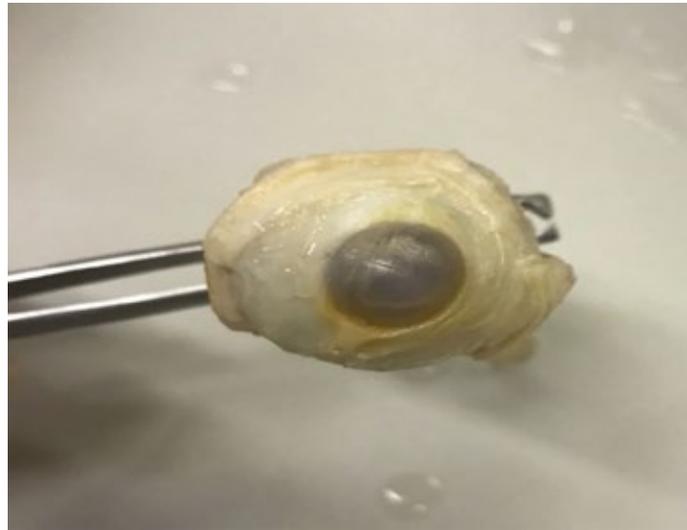


Fuente. Elaboración propia, agosto 2018.

2. **Fijación:** previamente a la fijación el humor vítreo y el humor acuoso, se extrajeron y se limpiaron con mucha agua por medio de una aguja hipodérmica, luego se inyectó formaldehído al 10% a temperatura ambiente, con una aguja hipodérmica de 10 cc. Subsiguientemente, a las 24 horas, para el endurecimiento del globo ocular se sustituyó con 6 cc de silicona acética diluida al 50% con gasolina por 72 horas con una sonda nasogástrica N° 10 cortada en bisel, y adaptada al polo posterior que se introdujo al globo ocular lateralmente al nervio óptico.
3. **Desengrase y deshidratación:** Para aumentar la durabilidad del espécimen, se utilizó 200 cc de alcohol isopropílico al 60% hasta 100% a -20 mmHg, creando vacío mediante una jeringa de 60 cc por 1 mes.
4. **Impregnación:** consiste en la sustitución del disolvente intermediario (acetona) por un polímero. En este caso, se sustituyó al alcohol isopropílico por silicona líquida, en una cámara de vacío generada por una jeringa de 60 cc, a una presión de -20 mmHg a -180 mmHg, a temperatura ambiente por 1 mes.
5. **Curado:** previo al curado, se escurrió la silicona líquida excedente a caída libre, en la cámara de vacío a presión 0 por dos semanas, se extrajo el espécimen a temperatura ambiente en una conservadora de plástico para su posicionamiento de músculos, de acuerdo con la conveniencia del autor y endurecimiento por 1 mes (6) (7).

6. **Pintado:** con pintura de acrílica se realizó el pintado de los diferentes detalles anatómicos, simulando el color de la estructura anatómica, para que sea más didáctico.
7. **Medición:** se realizó mediciones de los especímenes, comparando el volumen inicial antes del plastinado y después del procedimiento. Según Rouviere (8), los diámetros del globo ocular son los siguientes: diámetro anteroposterior 25 mm; línea del Ecuador y diámetro transversal 23 mm. La media de los especímenes plastinados en este trabajo fue: diámetro anteroposterior 19,85 mm; línea del Ecuador: 23,92 mm; altura: 23,36 mm.

Figura 3. Imagen de globo ocular infiltrada con silicona acética como reemplazo del humor vítreo y humor acuoso



Fuente. Elaboración propia, agosto 2018.

Figura 4. Imagen de globo ocular con sus músculos extrínsecos y el nervio óptico



Fuente. Elaboración propia, agosto 2018.

Figura 5. Resultado final de plastinado de Globo Ocular y músculos extrínsecos



Fuente. Elaboración propia, agosto 2018.

## DISCUSIÓN

La plastinación es un proceso especial de aspiración y limpieza, que permite que los fluidos de los tejidos sean reemplazados por plásticos tales como el silicón, la resina epóxica o la resina de poliéster (9). El presente estudio abordó la técnica de la plastinación con el fin de facilitar una mejor preparación del globo ocular y la comprensión de todas sus partes en conjunto. Según las descripciones de la literatura, y todo el proceso descrito por Von Hagens (9), en este trabajo se realizaron modificaciones de dicha técnica.

Por ejemplo, la restitución de estructuras líquidas dentro del ojo como el humor acuoso y humor vítreo, estructuras importantes para mantener el tamaño y forma normal del ojo fueron extraídas con jeringa, enjuagadas con abundante agua, y posteriormente se inyectó formaldehído al 10%, para la preservación del tejido, luego sustituida por silicona acética, la cual se dejó endurecer por 24 horas.

Otra modificación realizada, fue el tipo de desengrase y deshidratación, en este trabajo se utilizó alcohol isopropílico de más fácil acceso, no así el uso de acetona, debido a su restricción de uso en Bolivia como sustancia controlada (10). El alcohol isopropílico fue usado en cámara de vacío, llegando a presiones negativas entre 0 a 120 mmHg.

Durante la impregnación forzada, el plástico líquido fue introducido a las últimas células, el vacío generado mantiene un constante suministro de plástico líquido a los tejidos de cuerpo. Gradualmente, el cuerpo se llena de plástico. En este caso, el polímero utilizado fue la silicona líquida, a diferencia de Von Hagens, quien describe el uso de la Silicona S10 (7).

Dicho proceso fue realizado en la cámara de vacío a temperatura ambiente, similar a la técnica de Robert Henry (11), por ocho semanas con una presión negativa entre 0-180 mmHg. La fase de curado fue a temperatura ambiente por 2 semanas, sin embargo, la transición de la cámara de vacío al medio externo fue gradual para evitar la formación de burbujas, además de minimizar el encogimiento del espécimen. La técnica de conservación y realización de la mayor parte del trabajo fue a temperatura ambiente, diferente a la técnica original, que se trabaja a  $-25^{\circ}\text{C}$ .

Con esta técnica el espécimen quedó más firme, menos elástica en relación con la técnica de Von Hagens, donde los plastinados son más flexibles debido a la técnica empleada. Asimismo, con esta técnica el tamaño del globo ocular disminuyó levemente sobre la forma original, según la técnica original la disminución de volumen es aproximadamente 10-25% (8), mientras que en este trabajo fue del 5%, además que no se perdió la morfología externa normal del ojo, sin embargo, el volumen de los músculos extraoculares disminuyó de forma significativa. Finalmente, a diferencia de la técnica tradicional, la técnica descrita es menos toxica por lo materiales empleados.

### Conclusiones

Actualmente, se tiene 3 preparados plastinados de globo ocular y sus anexos, cada uno con características propias. Estos modelos están siendo utilizados para la práctica del tema por estudiantes y docentes. No obstante, son insuficientes para el número de estudiantes. Con esta técnica se tendrá modelos anatómicos reales por mucho tiempo. Estas muestras naturales son muy valiosas para la comprensión cabal de las complejas estructuras tridimensionales de los órganos en sus respectivas posiciones e interrelaciones, cosa que solo lograba a través de libros o fotografías, por buena que sea su calidad.

Los modelos anatómicos artificiales hacen aportaciones limitadas a la comprensión de la anatomía, su extrema esquematización soslaya los detalles más finos y no revela la individualidad de un cuerpo humano. Un modelo artificial es siempre idéntico al anterior, las variaciones anatómicas de un individuo a otro son muy significativas. Por estos motivos, la plastinación actualmente es el medio más moderno y duradero de conservar un cuerpo humano con propósitos educativos.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ACEVEDO ET AL. (2018). Técnica de plastinación de la Universidad de Antioquia: una adaptación del método estándar alemán. IATREIA. 2018. Vol31 (3). Acceso: 17 de agosto de 2018. Disponible en: <https://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/iatreia/article/view/328838/20789623>  
<https://doi.org/10.17533/udea.iatreia.v31n3a01>
2. IDROBO ET AL. (2017). La exposición ocupacional al formol y la nueva tabla de enfermedades laborales. Rev. Salud Pública. 2017. Vol.19 (3): 382-385. Acceso: 9 de septiembre de 2018. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/422/42254536015.pdf>  
<https://doi.org/10.15446/rsap.v19n3.47740>
3. MIRANDA. (2015). La plastinación como método de conservación de tejidos biológicos para docencia e investigación en la anatomía humana. Rev. perú. med. exp. salud pública. 2015, vol.32, n.4 citado pp.819-820. Acceso: 09 de septiembre de 2018. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-46342015000400030&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342015000400030&lng=es&nrm=iso). ISSN 1726-4634. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2015.324.1780>
4. LOUKAS M, BENNINGER B, TUBBS R. (2013). GRAY, Guía fotográfica de disección del cuerpo humano. 2013. Elsevier. Barcelona España. 1ra edición, Cap. 24. Pag. 360-70  
<https://doi.org/10.1016/B978-1-4377-2417-2.00030-1>
5. ARIAS. (2012). Exploración de la técnica de plastinación de preparación de modelos anatómicos como material docente para la enseñanza de morfología humana en la universidad nacional de Colombia, sede Bogotá. Universidad nacional de Colombia. 2012. Pp.: 22-30
6. YERENA. (1965). Atlas de disección por regiones. Salvat Editores Barceló, España.
7. GUNTHER VON HAGENS. (2004). Body Worlds. Publicado por Institute Für Plastination, Heiderberg Alemania, cuarta edición.

8. ROUVIERE H, DELMAS A. (2005). Anatomía Humana. Globo Ocular. 11 Ed. Tomo 1. p. 370.
9. REYES ME.(2007). Anatomía humana y plastinación. Bol Mex His Fil Med 2007; 10 (1): 34-39. Acceso: 10 de Octubre de 2018. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/bmhfm/hf-2007/hf071f.pdf>
10. SALVATIERRA P. (2010). Plastinación una técnica de preservación de tejidos en la enseñanza de medicina en la Universidad del Valle. Rev de Inv e Inf en salud. Vol 5 (11) p 21-25.
11. ROBERT HENRY, LARRY J, HENRY C. (1997). Specimen Preparation for Silicone Plastination. J Int Soc Plastination Vol 12(1) p:13-17. Acceso: 30 de Octubre de 2018. Disponible en: [http://plastination.org/journal/archive/jp\\_vol.12.1/jp\\_vol.12.1\\_13-17.pdf](http://plastination.org/journal/archive/jp_vol.12.1/jp_vol.12.1_13-17.pdf)

Derechos de Autor (c) 2019 Hernán Severo Escobar Chavarría, Rocío Condori Bustillo; Raúl Huayhua Mexicano.



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

**Atribución:** Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia - Texto completo de la licencia](#)