

Historia del Embalsamamiento: Revisión para la Anatomía Humana del Siglo XXI

History of Embalming: Review for 21st-Century Human Anatomy

Natalia Belizon-Bravo¹; Alberto García-Barrios^{1,2,3} & Ana Isabel Cisneros-Gimeno^{1,2,3}

BELIZON-BRAVO, N.; GARCÍA-BARRIOS, A. & CISNEROS-GIMENO, A. I. Historia del embalsamamiento: Revisión para la anatomía humana del Siglo XXI. *Int. J. Morphol.*, 43(4):1449-1457, 2025.

RESUMEN: A lo largo de la historia, y con diferentes propósitos que van desde lo religioso a lo científico, se han llevado a cabo, mediante diversas técnicas, procesos de conservación artificial de cadáveres para lograr preservar la estructura anatómica macroscópica de los órganos y tejidos. Se ha realizado una búsqueda bibliográfica, que, tras selección de los artículos y resúmenes publicados en los últimos 15 años, dio como resultado 208 artículos. Se planteó una revisión histórica y actualizada de los procesos de embalsamamiento, y de su composición, desde el Antiguo Egipto hasta la actualidad, para conocer las ventajas y desventajas, así como los principales riesgos y usos de cada una de las formulaciones presentadas. El conocimiento de las diversas fórmulas de conservación y sus características es de elevada importancia en los centros donde se lleva a cabo, con el objetivo de reducir la toxicidad y efectos nocivos hacia el personal en contacto, a la vez que evitamos alterar las características físico-químicas y biomecánicas del tejido.

PALABRAS CLAVE: Anatomía humana; Embalsamamiento; Antiguo Egipto; Formaldehído.

INTRODUCCIÓN

La historia de la enseñanza de la Anatomía humana, basada en la disección de cadáveres previamente embalsamados o crioconservados, es uno de los recursos más antiguos y utilizados en la educación médica remontando sus inicios desde la época primitiva, pasando por la Edad Media, el Renacimiento, la era moderna hasta la realidad virtual asociada a la época postmoderna del siglo XXI.

El embalsamamiento es el proceso de conservación artificial de cadáveres humanos y/o animales mediante el empleo de sustancias químicas de origen natural o sintético, que tratan de reducir la presencia y el crecimiento de microorganismos responsables de la descomposición orgánica del tejido, logrando preservar la estructura anatómica macroscópica de los órganos y tejidos blandos a largo plazo (Balta *et al.*, 2015; Shrestha *et al.*, 2019; Srivastava & Nagwani, 2019; Ogaili *et al.*, 2022).

El proceso de descomposición o biodegradación del cuerpo humano comienza pocos minutos tras la muerte y es el resultado de la autólisis y la putrefacción que ocurren de forma sucesiva (Alsharif *et al.*, 2017). El fenómeno de autólisis consiste en la digestión del tejido orgánico a través

de enzimas de origen endógeno (proteasas, lipasas y amilasas), que resultan de la rotura de la membrana de los lisosomas tras el daño celular ocasionado por el mecanismo de hipoxia y acúmulo de productos nitrogenados tras el fallecimiento, mientras que la putrefacción es consecuencia del crecimiento y propagación de microorganismos (bacterias, hongos y protozoos) favorecido por la autólisis, que genera liberación de sustratos energéticos almacenados en las células y pérdida de la integridad de la barrera anatómica en el tracto respiratorio e intestino que favorece la rápida propagación de microorganismos (Zhou & Byard, 2011; Ajileye *et al.*, 2018).

Ante estos fenómenos, las sustancias químicas empleadas en los líquidos de embalsamamiento ralentizan estos procesos gracias a su actividad germicida y la fijación de proteínas celulares que impide su acceso a los microorganismos y el empleo como sustrato (Ogaili *et al.*, 2022). De este modo, en condiciones adecuadas el cuerpo humano puede ser preservado durante años, en función de la fórmula química empleada y de las condiciones extrínsecas e intrínsecas a las que se ve expuesta el cuerpo (Zhou & Byard, 2011) (Tabla I).

¹ Departamento de Anatomía e Histología Humana, Facultad de Medicina, Universidad de Zaragoza, España.

² Medical and Genetic Research Group (GIIS099). Instituto de Investigación Sanitaria de Aragón, España.

³ Antecesor B51_23D (Gobierno de Aragón) España.

Los procesos de conservación de cadáveres se conocen desde el Antiguo Egipto, pero evolutivamente se han ido modificando tanto las técnicas como las formulaciones químicas empleadas en este proceso. No obstante, algunos de los productos utilizados en estas formulaciones presentan riesgos para la salud del personal en contacto con ellos (Kaliappan *et al.*, 2023). Este hecho, determinó la necesidad de plantear nuevas formulaciones denominadas “soluciones de embalsamamiento suave o blanda”, que buscan reducir la toxicidad y el potencial nocivo de éstas, si alterar física y biomecánicamente los tejidos (pérdida de color, rigidez musculoesquelética, rugosidad de la piel) (Balta *et al.*, 2015; Costa *et al.*, 2015).

El objetivo de este trabajo fue realizar una revisión de las diferentes formulaciones, su composición y las características físico-químicas y biomecánicas que adquiere el tejido en el proceso de conservación de cadáveres, desde el Antiguo Egipto hasta la actualidad, y su implicación para la anatomía humana.

MATERIAL Y METODO

Se realizó una búsqueda electrónica en las bases de datos en el periodo comprendido entre el 11 de octubre de 2024 y 11 de enero de 2025. Las ecuaciones de búsqueda empleadas surgieron de la combinación de términos MeSH y otros de lenguaje natural, que se muestran en el Anexo 1.

Asimismo, se revisó las referencias bibliográficas de la literatura seleccionada y se identificaron e incluyeron aquellos artículos no encontrados previamente y que pudieran ser de interés.

Se seleccionaron para la lectura de títulos y resúmenes aquellos artículos publicados en los 15 años previos, de manera que tras la eliminación de duplicados y publicaciones ajenas al tema de estudio se escogieron un total de 208 artículos para lectura completa.

Tabla I. Condiciones que favorecen el proceso de descomposición.

FACTORES EXTRINSECOS	Temperatura elevada
	Humedad ambiental
	Inmersión en agua
FACTORES INTRINSECOS	Fiebre
	Medicamentos y drogas (hipertermia)
	Obesidad
	Diabetes mellitus (tipo 1 y 2)
	Congestión y edemas (insuficiencia cardíaca, hepática o renal)

RESULTADOS

I. Origen del embalsamamiento. Antiguo Egipto y otras culturas

A pesar de que la civilización egipcia es conocida como pionera en el proceso de momificación artificial (6000 a.C) (Pal Singh Batra, 2010; Abdel-Maksoud & El-Amin, 2011), cuyas raíces parten de la creencia religiosa en la vida eterna y de la necesidad de preservación del cuerpo tras la muerte para alcanzar la inmortalidad en el más allá(Toy & Secgin, 2022), se han identificado en otras culturas y tribus de distinta procedencia que datan de la misma fecha (América, Islas Canarias, Babilonia, Siria, Grecia) (Ajileye *et al.*, 2018; Shrestha *et al.*, 2019; Beltrán Guerra, 2021).

I.1. Técnica de embalsamamiento en Antiguo Egipto. Protocolo y variantes evolutivas. El conocimiento acerca del proceso de embalsamamiento utilizado en el Antiguo Egipto se obtuvo a partir de textos históricos de la época. No obstante, en la actualidad y gracias al avance de las técnicas de imagen tridimensional (TC) (Wade & Nelson, 2013b) y las pruebas de análisis molecular (cromatografía de gases y espectrometría de masas (GC/MS) (Jones *et al.*, 2014), se ha podido determinar con mejor precisión detalles de la técnica y material empleado.

En cualquier caso, el éxito del proceso de embalsamamiento reside en la suma de factores claves para detener y/o entorpecer el proceso de descomposición, como la evisceración, extirpación del cerebro y deshidratación (Abdel-Maksoud & El-Amin, 2011; Ikram, 2023), sumado a otros elementos favorables como el clima cálido y seco y al uso de sustancias microbicidas (Ajileye *et al.*, 2018; Ogaili *et al.*, 2022). En total, el proceso de embalsamamiento tenía una duración de 70 días (Ikram, 2023) y constaba de diferentes etapas (Alsharif *et al.*, 2017; Shrestha *et al.*, 2019; Srivastava & Nagwani, 2019; Beltrán Guerra, 2021; Ogaili *et al.*, 2022) (Fig. 1). No obstante, se han descrito variantes técnicas del proceso de embalsamamiento, las cuales

parecen estar en relación con la evolución cronológica y el desarrollo de nuevos métodos, la localización geográfica y el estatus socioeconómico (Wade *et al.*, 2011; Saleem & Hawass, 2013; Wade & Nelson, 2013a,b; Saleem & Hawass, 2015).

I.2. Fases del proceso de embalsamamiento. Por lo general, en el proceso de embalsamamiento se llevaba a cabo un proceso de

Anexo 1. Estrategia de búsqueda empleada en las bases de datos.

BASE DE DATOS	ECUACIONES DE BÚSQUEDA	RESULTADOS	SELECCIONADOS
Web of Science	((ALL=(history)) AND ALL=(embalm* OR mummifi* OR taxidermy)) AND ALL=(human* OR cadaver OR corpse*)	219	19
	((((ALL=(embalm* OR formaldehyde OR NVP2 OR larssen OR cambridge OR pyrrolidone OR thiel)) AND ALL=(preservati* OR conservati* OR maintenance)) AND ALL=(human* OR cadaver OR corpse*)) AND ALL=("Antimicrobial effect" OR "antibacterial effect" OR "bacterial growth" OR microorganism* OR toxic)	117	15
Scopus	TITLE-ABS-KEY (history) AND TITLE-ABS-KEY (embalm* OR mummifi* OR taxidermy) AND TITLE-ABS-KEY (human* OR cadaver OR corpse*)	361	47
	TITLE-ABS-KEY (embalm* OR formaldehyde OR NVP2 OR larssen OR cambridge OR pyrrolidone OR thiel) AND TITLE-ABS-KEY (preservati* OR conservati* OR maintenance) AND TITLE-ABS-KEY (human* OR cadaver OR corpse*) AND TITLE-ABS-KEY ("antimicrobial effect" OR "antibacterial effect" or "bacterial growth" OR microorganism* OR toxic)	95	22
Pubmed	((history) AND (embalm* OR mummifi* OR taxidermy)) AND (human* OR cadaver OR corpse*)	285	47
	((((embalm* OR formaldehyde OR NVP2 OR larssen OR cambridge OR pyrrolidone OR thiel) AND (preservati* OR conservati* OR maintenance)) AND (human* OR cadaver OR corpse*)) AND ("antimicrobial effect" OR "antibacterial effect" or "bacterial growth" OR microorganism* OR toxic)	281	41
Science Direct	history AND (embalm OR mummifi OR taxidermy) AND (human OR cadaver OR corpse)	1.193	29
	(embalm OR formaldehyde OR NVP2 OR larssen OR cambridge OR pyrrolidone OR thiel) AND (bacteria OR toxic)	1.298	21
Google Scholar	history AND (embalm* OR mummifi* OR taxidermy) AND (human OR cadaver OR corpse*)	17.100	59
	(embalm* OR formaldehyde OR NVP2 OR larssen OR cambridge OR pyrrolidone OR thiel) AND (bacteria* OR toxic)	7.470 43	43
Cochrane Library	(history) AND (embalm* OR mummifi* OR taxidermy) AND (human* OR cadaver OR corpse*)	1	0
Alcorze	history AND (embalm* OR mummifi* OR taxidermy OR "methods embalming") AND (human* OR "human body" OR corpse)	1275	38
	(embalm* OR formaldehyde OR NVP2 OR larssen OR cambridge OR pyrrolidone OR thiel) AND (preservati* OR conservati* OR maintenance) AND (human* OR cadaver OR corpse*) AND ("antimicrobial effect" OR "antibacterial effect" or "bacterial growth" OR microorganism* OR toxic)	262	19
Dialnet	history AND (embalm* OR mummifi* OR taxidermy) AND (human* OR cadaver OR corpse*)	13	3
	((embalm* OR formaldehyde OR NVP2 OR larssen OR cambridge OR pyrrolidone) AND ("antimicrobial effect" OR "antibacterial effect" OR microorganism OR "bacterial growth" OR toxic)	63	2
	(embalm* OR formaldehyde OR NVP2 OR larssen OR cambridge OR pyrrolidone) AND (preservati* OR conservati* OR maintenance)	68	0

evisceración, con diversas variantes, la extracción del tejido cerebral, un proceso de osteotomía facial y el relleno de cavidades y empaquetamiento subcutáneo. Estos procesos se resumen en la Tabla II.

I.3. Materiales y sustancias empleadas en el proceso de embalsamamiento en la historia. Los diferentes materiales y sustancias que se empleaban en los procesos de embalsamamiento se identificaron mediante variados análisis (Abdel-Maksoud & El-Amin, 2011; Alsharif *et al.*, 2017; Ajileye *et al.*, 2018; Ikram, 2023), que permitieron

clasificarlas según la función que desempeñaba en el proceso de conservación cadavérica y que se detallan en la Tabla III.

II. Embalsamamiento moderno. SIGLOS XIX- XXI

II.1. Hitos y avances científicos importantes en el desarrollo de la técnica de embalsamamiento. Entre 1578- 1657 se descubrió la existencia del sistema circulatorio y este hallazgo impulsó la idea del desarrollo de técnicas de preservación cadavérica mediante infusión



1. Limpieza de superficie corporal y aromatización (vino de palma y plantas aromáticas); 2. Evisceración y extracción del cerebro (variantes); 3. Deshidratación (40 días): cobertura superficie y cavidades con sal de Natrón y exposición solar; 4. Recuperación de la apariencia corporal y tratamiento de la piel (30 días): relleno de cavidades y empaquetamiento subcutáneo (lino, resina, serrín), aislamiento y protección antimicrobiana de la piel (aceites, resinas, cera de abejas, vino de palma y especias); 5. Vendaje corporal: capas de lino adheridas con resina, goma o aceites; 6. Colocación en la caja, ataúd y sarcófago.

Fig. 1. Fases principales del proceso de momificación. *Illustration: momie égyptienne - © Freepik:/Upklyak*

intravascular del líquido conservante. El método se puso en práctica por primera vez durante la Guerra Civil para repatriar soldados fallecidos y empleó una solución de embalsamamiento con arsénico (Ajileye *et al.*, 2018). Sin embargo, el punto de inflexión en el desarrollo de la técnica apareció con el descubrimiento del formaldehído, al demostrar ser un conservante efectivo y barato (Beltrán Guerra, 2021). Finalmente, el procedimiento se perfeccionó con la adición de glicerol a la solución que disminuyó el estado de deshidratación del cuerpo (Toy & Secgin, 2022).

II.2. Embalsamamiento humano moderno. “Técnica de embalsamamiento arterial”. Actualmente, el método de conservación de cadáveres se realiza mediante técnicas de embalsamamiento arterial, que por lo general consta de 4 etapas, con variaciones que pueden depender del centro donde se aplican.

A. Inyección de solución arterial: Se realiza mediante la canalización de una arteria (carótida común o femoral) y una vena (yugular externa), que permite inicialmente drenar la sangre contenida en el cuerpo, con el fin de retirar una importante fuente nutritiva para los microorganismos. Tras este primer paso, mediante una bomba mecánica se infunde en el sistema vascular arterial la solución de embalsamamiento, que contiene principalmente productos químicos fijadores, germicidas y agentes modificadores, que difunden homogéneamente

hacia las células del organismo por mecanismo de difusión (Pal Singh Batra, 2010; Alsharif *et al.*, 2017; Ajileye *et al.*, 2018; Shrestha *et al.*, 2019).

B. Embalsamamiento de cavidad corporal: En este paso se realiza una incisión supraumbilical y mediante la ayuda de un aspirador quirúrgico se succionan los fluidos y gases contenidos en el interior de la cavidad corporal y órganos huecos. Una vez vaciada la cavidad corporal, se introduce la solución de embalsamamiento mediante un trocar (Pal Singh Batra, 2010; Alsharif *et al.*, 2017; Ajileye *et al.*, 2018; Shrestha *et al.*, 2019).

C. Inyección hipodérmica: Por lo general esta fase es complementaria y no siempre es necesario realizarla. Se aplica en aquellos casos en los que la solución arterial no difunde correctamente a zonas periféricas, consiguiendo mediante inyección subcutánea con aguja hipodérmica la fijación local del tejido infiltrado (Pal Singh Batra, 2010; Alsharif *et al.*, 2017; Ajileye *et al.*, 2018; Shrestha *et al.*, 2019).

D. Tratamiento de superficie: El tratamiento de superficie implica el tratamiento local de defectos visibles y localizados de la superficie corporal, mediante el contacto directo con geles conservantes (Pal Singh Batra, 2010; Alsharif *et al.*, 2017; Ajileye *et al.*, 2018; Shrestha *et al.*, 2019).

Tabla II. Fases del proceso de embalsamamiento

Fase		Proceso
Evisceración	Transabdominal	A través de una incisión abdominal única en hipocondrio o zona inguinal del lado izquierdo se procedía a la evisceración. Los órganos extraídos fueron casualmente aquellos de mayor relevancia en el fenómeno de autólisis y putrefacción como intestinos, estómago, hígado y pulmones, preservándose en algunos casos el corazón por valor espiritual y emocional asociado.
	Transperineal o química	Se realizaba casi exclusivamente en mujeres por la morfología del periné (Wade & Nelson, 2013a), para realizar evisceración anal, vaginal y perineal mediante la inyección de soluciones disolventes compuestas por aceite de cedro y trementina (Wade & Nelson, 2013b).
	Craneotomía transnasal, endonasal o transetmoidal (CTN)	Las vísceras internas eran extraídas y posteriormente devueltas al cuerpo tras lavado y unción microbicida, envueltas en lino y resina (Wade & Nelson, 2013b).
Extracción tejido cerebral		Mediante un trocar o gancho de cobre introducido por la fosa nasal izquierda, perforación de la lámina cribosa del etmoides con acceso a la fosa craneal anterior. A posteriori, se produce licuefacción del tejido cerebral por medio de giro del instrumento, adición de drogas disolventes y drenaje de fluidos y restos en posición invertida del cuerpo.
		Asocia defectos craneales secundarios a la técnica en huesos próximos (tabique nasal, cornetes, esfenoides, fosa orbitaria) (Saleem & Hawass, 2013; Wade <i>et al.</i> , 2011).
		El foramen de acceso empleado era el foramen magno y asocia defectos óseos en arco posterior del atlas y vértebras cervicales inferiores (Wade <i>et al.</i> , 2011).
Osteotomía facial: Procedimiento de apertura de la cavidad oral (PAB)		Se visualiza con gran reducción de tamaño en la fosa craneal posterior y se identifica por medio de la persistencia de la fisura longitudinal media (Saleem & Hawass, 2013).
		La Ceremonia de apertura de la boca (CAB) era un componente crucial del ritual funerario que requería la boca abierta del difunto para su comunicación con el otro mundo, para lo que se realizaban previamente osteotomías faciales bilaterales sistemáticas (Seiler & Rühli, 2015). Mediante abordaje intraoral se seccionaba el proceso coronoides de la mandíbula, el arco cigomático y el cóndilo temporomandibular, al ser los lugares de inserción de los principales músculos de la masticación (Gupta <i>et al.</i> , 2008), para lograr la apertura de la cavidad oral y vencer el rigor mortis ya establecido (Peacock <i>et al.</i> , 2011).
Relleno de cavidades		Dada la importancia de la apariencia externa del difunto, se empleaban materiales de relleno en las cavidades corporales evisceradas (abdomen y fosa craneal) (Wade & Nelson, 2013a). Posteriormente, se perfeccionó el método con la adición del empaquetamiento subcutáneo en cara, cuello, torso y miembros por medio de pequeñas incisiones en la piel, lo cual logró una imagen más natural y parecida a la tenida en vida (Saleem & Hawass, 2015).

Tabla III. Materiales y sustancias químicas utilizadas en el proceso de embalsamamiento.

FUNCIÓN	SUSTANCIAS
DESHIDRATACIÓN	Sal de natrón (carbonato de sodio, bicarbonato de sodio, cloruro de sodio,
DISOLVENTES ORGÁNICOS	Aceite de Cedro, Trementina.
EFFECTOS ANTIMICROBIANOS Y REPELENTE DE INSECTOS	Resina de conífera, Aceite de pino, Masilla, Mirra, Casia, Liquen, Alheña.
BARRERA FÍSICO-QUÍMICA DE LA PIEL, FIJACIÓN TEJIDO	Resina de conífera (cedro, enebro, pino), Dammar, Elemi
EMPAQUETAMIENTO SUBCUTÁNEO Y RELLENO DE CAVIDADES CORPORALES	Liquen, Lino, Resina de conífera, Serrín, Arena, Tierra, Semillas, Plumas, Barro, Arcilla.
ADHESIÓN DE ENVOLTURAS	Resina de conífera, Cera de abejas, Goma
AROMATIZANTE	Mirra, Casia, Canela.
COLORACIÓN DE LA PIEL Y PELO	Betún, Alheña.

II.3. Productos químicos y fórmulas de embalsamamiento usadas en la actualidad

En la actualidad, son numerosos los agentes químicos que, por sus propiedades fisicoquímicas, pueden incluirse en las soluciones de preservación cadavérica (Tabla IV). En función de las concentraciones de cada compuesto, así como la sustancia en particular elegida, dará lugar a una fórmula de preservación diferente.

Durante décadas el formaldehído ha sido empleado como fijador estándar de las soluciones de conservación cadavérica por su eficacia y bajo coste. Sin embargo, tras ser identificado como carcinógeno 1A por parte de la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (AIIC) en 2004, se ha desaconsejado su uso y regularizado los niveles de exposición en trabajadores o personal en riesgo. Por ello, surgieron nuevas formulaciones denominadas “soluciones de embalsamamiento suave o blanda” que, a pesar de continuar usando formaldehído, ha reducido su concentración, reduciendo la toxicidad y el potencial nocivo, así como las alteraciones físicas y biomecánicas del tejido.

Las fórmulas de conservación cadavérica que se utilizan en la actualidad son variadas y presentan tanto ventajas como inconvenientes, permitiendo ser usadas según el propósito que se quiere conseguir, sin haber logrado elaborar una solución que reúna todas las características que

se quieren obtener. En la actualidad, existen formulaciones conocidas como “soluciones suaves o blandas” (Tabla V) que, a pesar de haber reducido el porcentaje de formaldehído, continúan sin estar exentas de riesgo (Costa *et al.*, 2015), pero han logrado mantener unas características del tejido más similares al cadáver en fresco en términos de color, textura y flexibilidad (Srivastava & Nagwani, 2019), siendo una herramienta de gran potencial en educación. En dicha tabla se resume la composición, las ventajas y desventajas de cada una de las formulaciones, así como los principales usos que pueden tener en el ámbito médico-quirúrgico de la anatomía humana. No obstante, y debido al efecto nocivo del formaldehído, se están desarrollando formulaciones de conservación sin uso de formol, empleando otros fijadores con, *a priori* menos efectos perjudiciales para el personal en contacto y cuyas características se resumen en la Tabla VI (Kaliappan *et al.*, 2023).

La conservación de cadáveres en la actualidad es una de las metodologías de uso en docencia e investigación, considerándose como uno de los mejores métodos de enseñanza, aprendizaje y visualización, a pesar del desarrollo de nuevas aplicaciones ilustrativas y equipos de simulación, de la anatomía humana (Srivastava & Nagwani, 2019) en ramas de Ciencias de la Salud (medicina, enfermería, fisioterapia, terapia ocupacional, etc.). De hecho, en las últimas décadas se ha ampliado su uso gracias a la introducción de nuevas fórmulas de conservación que han

Tabla IV. Productos químicos empleados, función y ejemplos (Pal Singh Batra, 2010; Balta *et al.*, 2015; Alsharif *et al.*, 2017; Ajileye *et al.*, 2018; Shrestha *et al.*, 2019; Ogaili *et al.*, 2022).

AGENTES QUÍMICOS	PROPIEDADES	EJEMPLOS
FIJADOR O CONSERVANTE	Desnaturalización y fijación de proteínas. Acción microbicida directa.	Formaldehído, glutaraldehído, fenol, metanol, etanol.
GERMICIDA O DESINFECTANTE	Acción microbicida (bacterias, hongos, protozoos).	Formaldehído, fenol, timol, glutaraldehído, compuesto de amonio cuaternario (<i>Roccal, Cloruro de Zephiran</i>).
AMORTIGUADORES	Mantenimiento equilibrio pH de solución Mejor rendimiento agentes conservantes	Bórax, fosfato de sodio, citratos, sal sódica, ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), carbonato de sodio, carbonato de magnesio.
SALES INORGÁNICAS	Determinan capacidad osmótica de la solución.	Nitrato de amonio, nitrato de potasio, sulfito de sodio.
HUMECTANTES	Disminuye deshidratación. Mejora flexibilidad.	Glicerol, sorbitol, etilenglicol, propilenglicol, silicio, lanolina, gomas vegetales.
ANTICOAGULANTES	Reducción viscosidad sangre post- mortem.	Citrato de sodio, oxalato de sodio, sal sódica, EDTA.
SURFACTANTES	Disminución de cohesión molecular de líquido vascular.	Sulfonatos, aceites.
TINTES O COLORANTES	Coloración superficie corporal y órganos.	Eosina, rojo de ponceau, eritrosina, amaranto.
PERFUMANTES O AROMATIZANTES	Reducción olores desagradables.	Benzaldehído, aceite de clavo, salicilato de metilo, aceite de safrán.
VEHICULOS	Diluyentes de compuestos químicos.	Agua, alcohol, glicerol.

Tabla V. Soluciones de conservación cadavérica “suaves o blandas”

FÓRMULA	COMPOSICIÓN QUÍMICA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	ACTIVIDAD MICROBICIDA	USOS APLICADOS
THIEL (Balta <i>et al.</i> , 2015, 2018, 2019; Benkhadra <i>et al.</i> , 2009; Hayashi <i>et al.</i> , 2016; Kaliappan <i>et al.</i> , 2023; Kocbek & Rakusa, 2021; McLeod <i>et al.</i> , 2017; Mrozek <i>et al.</i> , 2022; Noël, 2020; Rakusa & Saherl, 2023; Salazar <i>et al.</i> , 2018; Shrestha <i>et al.</i> , 2019; Völlner <i>et al.</i> , 2017)	Formalina (0,6%), Alcohol, Ácido bórico, Nitrato de amonio, Sulfato de sodio, Nitrato de potasio, Propilenglicol, stock II, Morfolina	Uso multidisciplinario Inoloro, no irritante, Larga conservación (>1 año) Color y suavidad conservado Buena FMA, visión orgánica-muscular- vascular-nerviosa y calidad imagen.	Técnica difícil Alto coste Inflamable y tóxica Almacenamiento largo (3-6m), Tiempo disección limitado, Cremación T° alta Rápido deterioro en clima tropical, Aumento RMA vs CF Disminución SCV y grasa RT Descamación epidérmica Peor conservación nervios periféricos y tejido cerebral Mala calidad histológica	Fungicida + Bactericida +/-	Radiología DEI Artroscopia Laparoscopia Endoscopia Bloqueos nerviosos RCP Intubación OT Punción lumbar Toracocentesis Suturas, biopsias Cirugía colgajos- ginecológica- urológica-tiroidea- maxilofacial
LARSSEN MODIFICADA (Bilge & Celik, 2017; Celik <i>et al.</i> , 2022; Grecco, 2020; Kaliappan <i>et al.</i> , 2023; Mrozek <i>et al.</i> , 2022)	Formol Agua destilada Cloruro de sodio Bicarbonato de sodio Hidrato de cloral Sulfato de sodio Glicerol	Bajo coste, Conservación larga (4 -5 a), Color y suavidad conservado FMA= CF Buena visión orgánica- muscular-vascular-nerviosa	Congelación -20° Pocos estudios Almacenamiento largo (6-12 m) Mal olor Descamación epidérmica	Bactericida +/- <i>flora comensal piel, pseudomonas</i>	Cirugía plástica, ortopédica, neurocirugía, tiroidectomía endoscópica transoral, laparoscopia cisto-ureteroscopia
CAMBRIDGE (Toy & Secgin, 2022)	Formaldehído Agua Etanol Polietilenglicol Citricida	Conservación larga (T° ambiente tras efecto solución) Coste intermedio Buena visión órganos y tejidos	Técnica inflamable y tóxica Rigidez excesiva articulaciones Olor no agradable Irritante mucosas vías altas	Bactericida +/- Fungicida +/-a	Docencia de grado (Ciencias de la Salud)
SOLUCIÓN SALINA SATURADA (SSS) (Burns <i>et al.</i> , 2018; Gulati <i>et al.</i> , 2020; Hayashi <i>et al.</i> , 2016; Kaliappan <i>et al.</i> , 2023; Lindenberg <i>et al.</i> , 2022; Rakusa & Saherl, 2023; Shrestha <i>et al.</i> , 2019; Srivastava & Nagwani, 2019)	Formaldehído (0,75%) Fenol Cloruro sódico Alcohol isopropílico Agua Glicerina	Bajo coste, Método sencillo Inoloro Conservación T° ambiente (15d), Larga conservación (12-15 m) Color-suavidad- estructura conservada RMA=CF, Poca deshidratación calidad histológica e imagen	Ligera rigidez articulación-tejidos, Edemas subcutáneos Deposición de sal en tejido Corrosión metal	Bactericida +/- Fungicida +/- <i>(cultivo faríngeo y peritoneal +)</i>	Radiología, cirugía ortopédica, cateterismo venoso central, laparoscopia, bloqueo anestésico

CF- cadáver en fresco; DEI- diagnóstica e intervencionista; FMA- flexibilidad musculo-articular; RCP- reanimación cardiopulmonar; OT- orotraqueal; RMA- rango de movimiento articular; RT- retroperitoneal; SCV- sistema cardiovascular; + - buena actividad; +/- - actividad moderada.

Tabla VI. Soluciones de conservación cadavérica sin uso de formol

FÓRMULA	COMPOSICIÓN QUÍMICA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA	USOS APLICADOS
IMPERIAL COLLEGE LONDON (ICL) (Balta <i>et al.</i> , 2015, 2018, 2019; Kaliappan <i>et al.</i> , 2023)	Alcohol Agua Glicerol Fenol	RMA = CF Dimensión órganos = CF	Conservación corta (6 m) Crecimiento bacteriano precoz (2 m)	Bactericida +/- <i>(crecimiento en 4 m)</i>	Cirugía ortopédica Reumatología
EMBALSAMIENTO DE CLORURO DE ZINC (Goodarzi <i>et al.</i> , 2018; Kaliappan <i>et al.</i> , 2023)	Cloruro de zinc Glicerina Timol	Textura conservada FMA o deshidratación Buena diferenciación neurovascular	Alto coste Método complejo Decoloración del tejido	Fungicida +	No estudios
SOLUCIÓN DE FIJACION CON ETANOL-GLICEROL-TIMOL (Burns <i>et al.</i> , 2018; Hammer <i>et al.</i> , 2012; Kaliappan <i>et al.</i> , 2023; Lindenberg <i>et al.</i> , 2022; Nagase <i>et al.</i> , 2022; Sik Shin <i>et al.</i> , 2016)	Etanol Glicerina Agua Timol	Coste medio, método sencillo, No irritante Conservación larga (1-3 a), almacenamiento corto (4-16s), Buena visión orgánica, vascular-nerviosa y microscópica	Olor no agradable, inflamable, Poco eficaz Cadáver autolítico Mayor rigidez tejido -articulaciones Color pálido, Órganos < blandos CF Tejido cerebral frágil	Bactericida +/- Fungicida + <i>(Crecimiento clostridium botulinum, difficile, perfringens, tetani, paenibacillus, bacterias formadoras de esporas)</i>	No adecuado para habilidades quirúrgicas y talleres clínicos
N-VINIL-2 PIRROLIDONA (NVP2) (Haizuka <i>et al.</i> , 2018; Kaliappan <i>et al.</i> , 2023; Maruyama <i>et al.</i> , 2019; Mrozek <i>et al.</i> , 2022; Nagase <i>et al.</i> , 2020, 2022)	Pirrolidona, N,n-dibutil- fenilendiamina Etanol Agua	Método simple, Conservación prolongada (24-37 m) Conservación 4° C o T° ambiente Almacenamiento corto (2-10 m) Suavidad del tejido, FMA y RMA = CF, Buena visión orgánica, vascular-nerviosa y ligamentosa, Conservación membranas y serosas, microscópica aceptable	Alto coste, Toxicidad reproductiva-respiratoria-riñón-bazo-sangre Irritación ocular y cutánea No compatible con nitrilo y vinilo Rigidez a más concentración Reducción grasa subcutánea-visceral Descamación epidérmica Ampollas Tejido cerebral frágil	Fungicida + Bactericida + Virucida +	Cirugía laparoscópica, cerebral transnasal Intubación OT Bloqueo nervioso regional Ecografía planos profundos Estudio fonación

CF- cadáver en fresco; FMA- flexibilidad musculo-articular; OT- orotraqueal; RMA- rango de movimiento articular; + - buena actividad; +/- - actividad moderada.

permitido mantener condiciones físicas y biomecánicas en el cadáver similares al cuerpo humano en vivo, logrando que sea una herramienta óptima para la formación y adquisición de habilidades prácticas en diferentes especialidades médico-quirúrgicas (Balta *et al.*, 2018; Srivastava & Nagwani, 2019).

CONCLUSIÓN. El conocimiento de las diversas fórmulas de conservación y sus características es de elevada importancia en los centros donde se lleva a cabo, con el objetivo de reducir la toxicidad y efectos nocivos hacia el personal en contacto, a la vez que evitamos alterar las características físico-químicas y biomecánicas del tejido.

BELIZON-BRAVO, N.; GARCÍA-BARRIOS, A. & CISNEROS-GIMENO, A. I. History of embalming: Review for 21st-century human anatomy. *Int. J. Morphol.*, 43(4):1449-1457, 2025.

SUMMARY: Throughout history, and for different reasons ranging from religious to scientific, artificial preservation processes of cadavers have been carried out by means of different techniques in order to preserve the macroscopic anatomical structure of organs and tissues. A bibliographic search was carried out which, after selecting the articles and abstracts published in the last 15 years, resulted in 208 articles. A historical and updated review of embalming processes and their composition, from Ancient Egypt to the present day, was carried out in order to know the advantages and disadvantages, as well as the main risks and uses of each of the formulations presented. The knowledge of the different preservation formulas and their characteristics is of great importance in centers where preservation processes are carried out, with the aim of reducing toxicity and harmful effects on the personnel in contact, while avoiding altering the physicochemical and biomechanical characteristics of the tissue.

KEY WORDS: Human anatomy; Embalming; Ancient Egypt; Formaldehyde.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdel-Maksoud, G. & El-Amin, A. R. A review on the materials used during the mummification processes in ancient Egypt. *Mediterr. Archaeol. Archaeom.*, 11(2):129-50, 2011.

Ajileye, A. B.; Esan, E. O. & Adeyemi, O. A. Human Embalming Techniques: A Review. *Am. J. Biomed. Sci.*, 10(2):82-95, 2018.

Alsharif, M. H. K.; Musthafa, M.; Elamin, A. Y.; Ibnouf, E. O.; Taha, K. M.; Alfaki, M. A.; Nour, Y. S. & Aldosari, K. H. M. A Brief Review on the Principles of Human Cadaver Preservation and Monitoring of Microbial Degradation. *Forensic Med. Anat. Res.*, 5(3):19-31, 2017.

Balta, J. Y.; Cronin, M.; Cryan, J. F. & O'Mahony, S. M. Human preservation techniques in anatomy: A 21st century medical education perspective. *Clin. Anat.*, 28(6):725-34, 2015.

Balta, J. Y.; Cryan, J. F. & O'Mahony, S. M. The antimicrobial capacity of embalming solutions: a comparative study. *J. Appl. Microbiol.*, 126(3):764-70, 2019.

Balta, J. Y.; Twomey, M.; Moloney, F.; Duggan, O.; Murphy, K. P.; O'Connor, O. J.; Cronin, M.; Cryan, J. F.; Maher, M. M. & O'Mahony, S. M. A comparison of embalming fluids on the structures and properties of tissue in human cadavers. *Anat. Histol. Embryol.*, 47(5):515-24, 2018.

Beltrán Guerra, J. A. Historia de la preservación de cadáveres humanos. *Morfología*, 13(2):13-9, 2021.

Benkhadra, M.; Faust, A.; Ladoire, S.; Trost, O.; Trouilloud, P.; Girard, C.; Anderhuber, F. & Feigl, G. Comparison of fresh and Thiel's embalmed cadavers according to the suitability for ultrasound-guided regional anesthesia of the cervical region. *Surg. Radiol. Anat.*, 31(7):531-5, 2009.

Bilge, O. & Celik, S. Cadaver embalming fluid for surgical training courses: modified Larssen solution. *Surg. Radiol. Anat.*, 39(11):1263-72, 2017.

Burns, D. M.; Bell, I.; Katchky, R.; Dwyer, T.; Toor, J.; Whyne, C. M. & Safir, O. Saturated salt solution cadaver-embalming method improves orthopaedic surgical skills training. *J. Bone Joint Surg. Am.*, 100(15):e104, 2018.

Celik, S.; Bilge, O.; Ozdemir, M.; Dionigi, G.; Anuwong, A. & Makay, O. Modified Larssen solution (MLS)-fixed cadaver model for transoral endoscopic thyroidectomy vestibular approach (TOETVA) education: a feasibility study. *Surg. Endosc.*, 36(7):5518-30, 2022.

Costa, S.; Carvalho, S.; Costa, C.; Coelho, P.; Silva, S.; Santos, L. S.; Gaspar, J. F.; Porto, B.; Laffon, B. & Teixeira, J. P. Increased levels of chromosomal aberrations and DNA damage in a group of workers exposed to formaldehyde. *Mutagenesis*, 30(4):463-73, 2015.

Goodarzi, N.; Akbari, G. & Razeghi Tehrani, P. Zinc chloride, a new material for embalming and preservation of the anatomical specimens. *Anat. Sci. J.*, 15(1):25-30, 2018.

Grecco, L. Cadáveres quimicamente preservados com solução de Larssen modificada - um método alternativo de conservação. *Interam. J. Med. Health*, 3:1-8, 2020.

Gulati, R.; Ahuja, M. S.; Langer, V.; Gopal, P.; Rustagi, S. M. & Dave, V. Comparative study of formalin solution and saturated salt solution for embalming cadavers for surgical skills training. *Indian J. Anat.*, 9(1):33-7, 2020.

Gupta, R.; Markowitz, Y.; Berman, L. & Chapman, P. High-resolution imaging of an ancient Egyptian mummified head: new insights into the mummification process. *AJNR Am. J. Neuroradiol.*, 29(4):705-13, 2008.

Haizuka, Y.; Nagase, M.; Takashino, S.; Kobayashi, Y.; Fujikura, Y. & Matsumura, G. A new substitute for formalin: application to embalming cadavers. *Clin. Anat.*, 31(1):90-8, 2018.

Hammer, N.; Löffler, S.; Feja, C.; Sandrock, M.; Schmidt, W.; Bechmann, I. & Steinke, H. Ethanol-glycerin fixation with thymol conservation: a potential alternative to formaldehyde and phenol embalming. *Anat. Sci. Educ.*, 5(4):225-33, 2012.

Hayashi, S.; Naito, M.; Kawata, S.; Qu, N.; Hatayama, N.; Hirai, S. & Itoh, M. History and future of human cadaver preservation for surgical training: from formalin to saturated salt solution method. *Anat. Sci. Int.*, 91(1):1-7, 2016.

Ikram, S. Recipes for ancient Egyptian mummification. *Nature*, 614(7947):229-30, 2023.

Jones, J.; Higham, T. F. G.; Oldfield, R.; O'Connor, T. P. & Buckley, S. A. Evidence for prehistoric origins of Egyptian mummification in late Neolithic burials. *PLoS One*, 9(8):e103608, 2014.

Kaliappan, A.; Motwani, R.; Gupta, T. & Chandrupatla, M. Innovative cadaver preservation techniques: a systematic review. *Maedica (Bucur)*, 18(1):127-35, 2023.

Kocbek, L. & Rakusa, M. Thiel's embalming method: review of the literature and our institute's experience. *Acta Med. Biotech.*, 10(2):34-42, 2021.

Lindenberg, M.; Buchhorn, A.; Reineke, C.; Vonberg, R. P. & Schmiedl, A. Bacterial species-specific antimicrobial efficacies of three different body embalming solutions for anatomical studies. *Lett. Appl. Microbiol.*, 76(1):ovac027, 2022.

Maruyama, K.; Yokoi, H.; Nagase, M.; Yoshida, H.; Noguchi, A.; Matsumura, G.; Saito, K. & Shiokawa, Y. Usefulness of N-vinyl-2-pyrrolidone embalming for endoscopic transnasal skull base approach in cadaver dissection. *Neurol. Med. Chir. (Tokyo)*, 59(10):379-83, 2019.

McLeod, H.; Cox, B. F.; Robertson, J.; Duncan, R.; Matthew, S.; Bhat, R.; Barclay, A.; Anwar, J.; Wilkinson, T.; Melzer, A.; et al. Human Thiel-embalmed cadaveric aortic model with perfusion for endovascular intervention training and medical device evaluation. *Cardiovasc. Intervent. Radiol.*, 40(9):1454-60, 2017.

Mrozek, A.; Sedzik, M.; Rubin, J.; Buras, S.; Tarkowski, V. & DomagaLa, Z. Cadaver preserving methods - is it possible to do anything better? *Med. J. Cell Biol.*, 10(4):124-8, 2022.

Nagase, M.; Kimoto, Y.; Sunami, E. & Matsumura, G. A new human cadaver model for laparoscopic training using N-vinyl-2-pyrrolidone: a feasibility study. *Anat. Sci. Int.*, 95(1):156-64, 2020.

Nagase, M.; Nagase, T.; Tokumine, J.; Saito, K.; Sunami, E.; Shiokawa, Y. & Matsumura, G. Formalin-free soft embalming of human cadavers using N-vinyl-2-pyrrolidone: perspectives for cadaver surgical training and medical device development. *Anat. Sci. Int.*, 97(3):273-82, 2022.

Noël, G. P. J. Flammability and combustion hazard of preserved human tissues. *Clin. Anat.*, 33(6):876-9, 2020.

Ogaili, R. H.; Amanseekanaa, L. H.; Chowdhury, S. R. & Kadhim, N. J. The history of embalming. *Int. J. P. Sci.*, 1(1):21-31, 2022.

- Pal Singh Batra, A. Embalming and other methods of dead body preservation. *Int. J. Med. Toxicol. Leg. Med.*, 12(3):15-8, 2010.
- Peacock, Z. S.; Chapman, P. H.; Gupta, R. & Kaban, L. B. Replication of ancient Egyptian osteotomies of the facial skeleton: insights into the mummification process. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.*, 40(11):1301-6, 2011.
- Rakusa, M. & Saherl, L. K. Thiel embalming method used for anatomy dissection as an educational tool in teaching human anatomy, in research, and in training in comparison of different methods for long term preservation. *Folia Morphol. (Warsz.)*, 82(3):449-56, 2023.
- Salazar G., J.; Arroyo S., A.; Gras A., J. & Sánchez D., F. Técnica de embalsamamiento de cadáver según Thiel. Un método valioso para entrenar y mejorar las destrezas quirúrgicas en el campo de la otorrinolaringología. *Rev. Otorrinolaringol. Cir. Cabeza Cuello*, 78(4):431-8, 2018.
- Saleem, S. N. & Hawass, Z. Variability in brain treatment during mummification of royal Egyptians dated to the 18th-20th dynasties: MDCT findings correlated with the archaeological literature. *AJR Am. J. Roentgenol.*, 200(4):W336-44, 2013.
- Saleem, S. N. & Hawass, Z. Subcutaneous packing in royal Egyptian mummies dated from 18th to 20th dynasties. *J. Comput. Assist. Tomogr.*, 39(3):301-6, 2015.
- Seiler, R. & Rühli, F. "The Opening of the Mouth" - A new perspective for an ancient Egyptian mummification procedure. *Anat. Rec. (Hoboken)*, 298(6):1208-16, 2015.
- Shrestha, S.; Bhattarai, S.; Mahat, S.; Jha, M. & Amgain, K. Embalming - history to its recent advancements. *Europasian J. Med. Sci.*, 1(1):62-8, 2019.
- Sik Shin, S.; Chae Yang, H. & Nam, K. I. Suitability of ethanol-glycerin embalming cadavers for the training of human anatomy. *Korean J. Phys. Anthropol.*, 29(4):155-65, 2016.
- Srivastava, G. & Nagwani, M. Embalming of human cadavers from Egyptian era to the most modern techniques - a review on preservation of human cadavers. *Era's J. Med. Res.*, 6(2):94-7, 2019.
- Toy, S. & Secgin, Y. Cadaver embalming and fixing solutions from past to present. *J. Clin. Med. Kazakhstan*, 19(5):9-11, 2022.
- Völlner, F.; Pils, U.; Craiovan, B.; Zeman, F.; Schneider, M.; Wörner, M.; Grifka, J. & Weber, M. Stability of knee ligament complex of Thiel-embalmed cadaver compared to *in vivo* knee. *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.*, 71:392-6, 2017.
- Wade, A. D. & Nelson, A. J. Evisceration and excerebration in the Egyptian mummification tradition. *J. Archaeol. Sci.*, 40(12):4198-206, 2013a.
- Wade, A. D. & Nelson, A. J. Radiological evaluation of the evisceration tradition in ancient Egyptian mummies. *Homo J. Comp. Hum. Biol.*, 64(1):1-28, 2013b.
- Wade, A. D.; Nelson, A. J. & Garvin, G. J. A synthetic radiological study of brain treatment in ancient Egyptian mummies. *Homo*, 62(4):248-69, 2011.
- Zhou, C. & Byard, R. W. Factors and processes causing accelerated decomposition in human cadavers - an overview. *J. Forensic Leg. Med.*, 18(1):6-9, 2011.

Autor de correspondencia:

Alberto García-Barrios

Medical and Genetic Research Group (GIIS099)

Instituto de Investigación Sanitaria de Aragón España and

Antecesor B51_23D Gobierno de Aragón

ESPAÑA

E-mail: agarciab@unizar.es