

Nuevos materiales didácticos para mejorar el aprendizaje y compromiso de los estudiantes con los estudios universitarios

Emilia María Carmona Calero^a, Juan Manuel González Toledo^a, Germán F. Rodríguez Lobato^b, Héctor de Paz Carmona^{*c}, Agustín Castañeyra Perdomo^a

^aDepartamento de Ciencias Médicas, Universidad de La Laguna, c/ Sta. María Soledad, s/n. Facultad de Ciencias de la Salud, sección de Medicina, 38200, La Laguna, Tenerife, España; ^bServicio de Mantenimiento de la Universidad de La Laguna, C/ Pedro Zerolo, s/n. Edificio Central, 38200, La Laguna, Tenerife, España; ^cDepartamento de Ingeniería Química, Universidad de La Laguna, Ave. Astrofísico Francisco Sánchez, s/n, Facultad de Ciencias, sección de Química, 38200, La Laguna, Tenerife, España

RESUMEN

La pandemia de la COVID-19 ha cambiado significativamente varios factores de la vida, incluyendo la enseñanza y el aprendizaje en la universidad. El desarrollo de materiales didácticos adecuados para apoyar los estudios universitarios es obligatorio para superar las dificultades del aprendizaje a distancia y mejorar las metodologías de enseñanza tradicionales. Este trabajo multidisciplinar explica un método novedoso para la preparación de materiales didácticos para las ciencias, pero también plausible para otros campos de aprendizaje. En líneas generales, se realizó la extracción de un encéfalo y se preservó químicamente para utilizarlo con fines didácticos. Más de 200 estudiantes evaluaron varios factores del material así preparado, indicando una mejor comprensión (hasta el 80%) de los contenidos teóricos relacionados con esta sección humana, junto con una alta usabilidad y un buen aspecto físico.

Palabras clave: COVID-19, multidisciplinar, aprendizaje activo, aprendizaje en ciencias, tecnología aplicada, evaluación del aprendizaje, desarrollo de nuevo material didáctico

1. INTRODUCCIÓN

A principios de 2020 (11 de marzo), la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró la Emergencia de Salud Pública de Preocupación Internacional relacionada con la pandemia de COVID-19, causada por el coronavirus del síndrome respiratorio agudo severo 2 (SARS-CoV-2)¹. Desde ese momento y hasta ahora, el COVID-19 se ha extendido por todo el mundo y ha afectado a la población mundial-humana, provocando millones de casos que se han dividido en varias oleadas. El Reino de España no ha sido una excepción a esta pandemia. El primer caso se localizó el 31 de enero de 2020 en La Gomera, Islas Canarias, en un turista alemán².

A nivel global, la pandemia de COVID-19 ha cambiado significativamente varios factores de la sociedad actual³, principalmente durante los periodos de cuarentena que muchos países establecieron para su población para detener la propagación. Aunque la vacunación masiva⁴ nos ha llevado a una nueva normalidad, algunos de esos cambios permanecerán en nuestra sociedad durante generaciones. Por ejemplo: la interacción social, el trabajo a distancia desde casa, la ciencia médica e incluso las estrategias pedagógicas de la educación⁵. En este sentido, el e-learning, considerado antes de la pandemia sólo como un complemento del aprendizaje tradicional, se ha convertido en una parte central de la educación superior en la universidad. Este resultado es probablemente una de las transformaciones digitales más visibles de la actual cuarta revolución industrial de las ciencias de la educación⁶.

La transformación digital ha afectado a las instituciones universitarias de diferentes maneras. En la literatura actual, es posible encontrar casos interesantes de cómo han cambiado las ciencias de la educación, motivadas por este nuevo escenario pedagógico. En este sentido, X.Z. Gordy et al.⁷ informaron de que, a pesar de un aumento significativo de la carga de trabajo docente y de la dureza del trabajo, algunos estudiantes aumentaron su interés por esta formación a distancia debido a la ausencia de límites de tiempo y lugar. También, en esta línea, P.R. Weerathunga et al.⁸ han

informado de un aumento en la ratio de aceptación del e-Learning entre los estudiantes y profesores universitarios como una forma fiable de continuar la educación durante una situación extrema como la pandemia de COVID-19. Varias universidades han informado de un aparente factor de motivación al incluir estas técnicas de e-learning en el conjunto de estrategias pedagógicas educativas^{9,10}. Este efecto es significativamente positivo y combate los casos de depresión y trastornos mentales que aumentan relacionados con el aislamiento del COVID-19 o la pérdida de la familia¹¹.

Las ciencias médicas, lejos de verse afectadas negativamente por la situación de pandemia^{12,13}, han vuelto a demostrar su importancia para la sociedad actual. En este contexto, la educación en ciencias médicas es la base de los profesionales sanitarios¹⁴. Por ello, cada innovación educativa en este campo repercutirá en los futuros médicos y enfermeras y afectará positivamente a la salud de la sociedad. Uno de los pilares de las ciencias de la educación médica consiste en las experiencias prácticas de laboratorio, en las que los estudiantes deben familiarizarse con las secciones del cuerpo humano observando ejemplos reales. Sin embargo, esto representa un reto a superar en las estrategias de pedagogía universitaria en línea.

Varias referencias ofrecen una solución atractiva a este problema, como los modelos impresos en 3D¹⁵ o un método agresivo de extracción y plastinación¹⁶⁻¹⁸ que ofrece una propiedad pobre de conservación con un alto deterioro del material en un periodo corto. Por lo tanto, existe un vacío de conocimiento sobre un método plausible y barato que permita la conservación durante un largo periodo de tiempo de secciones humanas reales para la educación presencial y la enseñanza online en la educación de las ciencias médicas. Este trabajo pretende desarrollar un nuevo material docente en la enseñanza superior, consistente en la extracción de una parte humana (encéfalo) y su conservación sobre gelatina en medio alcohólico dentro de una estructura de metacrilato. Las primeras experiencias docentes con este material han sido positivas. Los alumnos mostraron un importante interés por el material así preparado, valorando positivamente su inclusión como parte de sus experiencias de laboratorio en ciencias médicas. Esta metodología puede ser fácilmente implementada en otras partes humanas para apoyar la enseñanza de la medicina y garantizar un contacto seguro de los estudiantes y profesores con el material humano.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materias primas y equipos clave

El material anatómico se preparó a partir de la donación de un cuerpo humano a la Universidad de La Laguna. El encéfalo se extrajo con equipo de cirugía estándar de acero inoxidable. El encéfalo extraído se conservó en gelatina sin sabor, se cortó por secciones y se introdujo dentro de una estructura de metacrilato con solución de etanol/agua al 70/30 %v/v para su conservación. Para construir la estructura de metacrilato se utilizaron herramientas de construcción estándar, como taladros, pegamento, tornillos, roscas y una sierra eléctrica.

2.2 Metodología

Como primer paso, se diseñaron y construyeron estructuras de metacrilato en dos coberturas de 16x16 cm para los cortes coronales y de 16x22 cm para los cortes horizontales. En el centro de la estructura de contenido se colocó un panel central de metacrilato (8 mm de grosor), fijado por varios soportes. Las estructuras de metacrilato se encolaron según la Figura 1 para formar una caja que contenía las secciones de encéfalo. Un taladro aseguraba un orificio en la sección superior de la estructura de metacrilato (3,2 mm de diámetro) para rellenarla con solución de etanol/agua después de depositar la muestra.

El siguiente paso consistió en extraer el encéfalo humano mediante una cirugía extractiva de rutina. Para ello, se abrió la bóveda craneal y se seccionaron los nervios craneales, los vasos y el tronco cerebral. El encéfalo extraído se sumerge en gelatina sin sabor para preservar el órgano y hacerlo viable para el corte. Tras la gelificación, el material se corta en varias secciones de 6 mm de grosor para poder estudiar las diferentes secciones de esta sección humana. La Figura 2 recoge fotos de la cirugía de extracción y de las secciones del encéfalo después del corte.

Cada sección de gelatina-encefálica se coloca dentro y en medio del panel central de metacrilato. Se colocan varios soportes alrededor de la sección del órgano para fijarla en el centro de la estructura de la caja de metacrilato. Tras el encolado, el espacio intermedio se rellena con una solución de alcohol/agua de 70/30 v/v.% para evitar la degradación del material. Se utiliza un tornillo de nylon de 4 mm para cerrar el orificio de llenado y mantenerlo apretado. Este proceso se repitió para cada corte de la sección de gelatina-encéfalo.

El uso de la solución de alcohol en lugar de otros productos químicos, como el formol diluido en agua, supone una mejora significativa. Esto se debe al menor riesgo para los estudiantes y profesores que manejan y utilizan los nuevos materiales durante el aprendizaje y la enseñanza. La Figura 3 muestra fotos del llenado del proceso con alcohol y el aspecto del nuevo material.

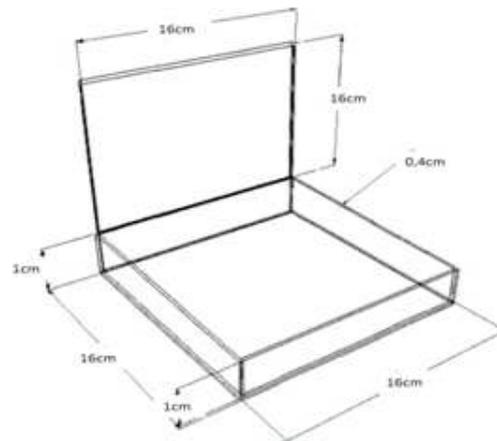


Figura 1. Esquema de estructura de metacrilato para el contenido de los cortes coronales del encéfalo.

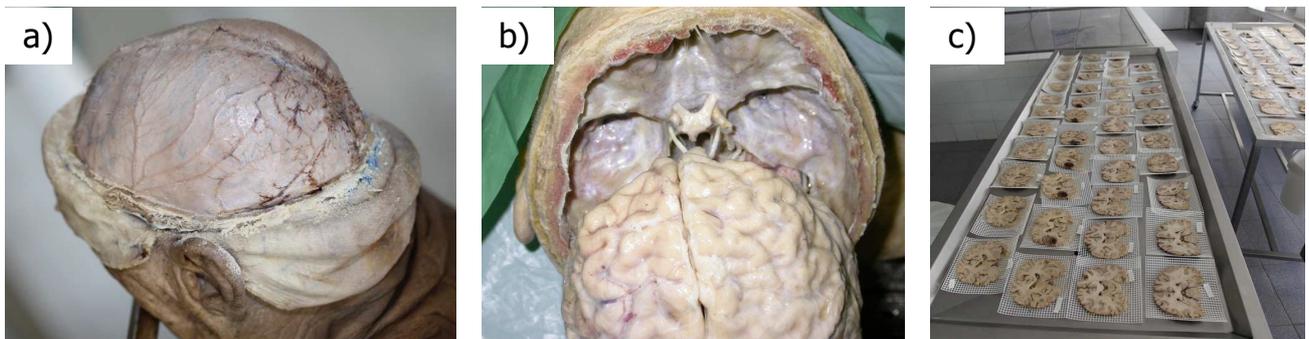


Figura 2. Metodología de preparación del material: (a) Cirugía del encéfalo; (b) Extracción del encéfalo; (c) Encéfalo sobre gelatina después del corte.

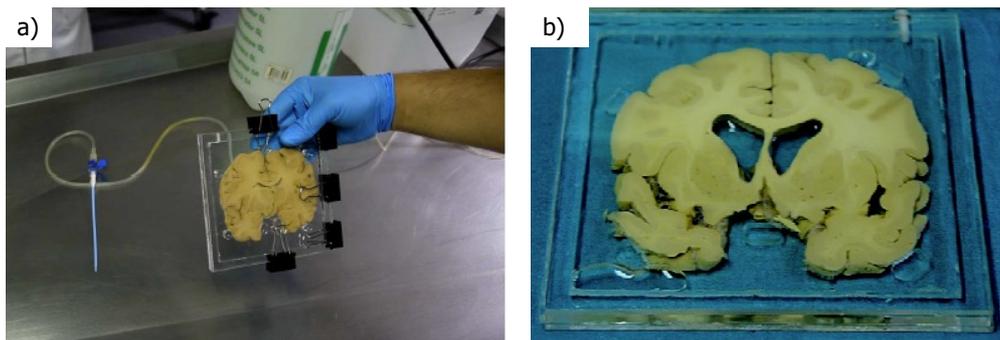


Figura 3. Metodología de preparación del material: (a) Sistema de llenado con solución de alcohol/agua; (b) Ejemplo de material nuevo de encéfalo.

2.3 Evaluación del material

Tras su elaboración, el nuevo material se utilizó para impartir clases a 230 alumnos de varios grados de la Universidad de La Laguna, es decir, 130 alumnos de segundo curso de la carrera de Medicina, 70 alumnos de primer curso de la carrera de Logopedia y 70 alumnos de la carrera de Fisioterapia. El material encefálico se incluyó como parte de sus clases de laboratorio y teóricas para apoyar la enseñanza y el aprendizaje. Al terminar, se invitó a los alumnos a rellenar un sondeo exploratorio de 14 preguntas con un rango de respuesta de 1 a 5 ("1 - nada satisfecho" y "5 - muy satisfecho").

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El sondeo exploratorio sirvió para conocer el punto de vista de los estudiantes con respecto a varios parámetros: aspecto físico del material, facilidad de uso y relación entre los contenidos teórico y prácticos, entre otros. La Tabla 1 muestra las preguntas de dicho sondeo exploratorio.

Tabla 1. Preguntas del sondeo exploratorio acerca del nuevo material didáctico

Número	Pregunta
P-1	¿El uso de las secciones del encéfalo ha contribuido a una mejor interrelación entre la teoría y la práctica?
P-2	Las prácticas con los cortes han permitido aplicar los conocimientos y competencias adquiridas durante la asignatura.
P-3	El material de las secciones del encéfalo es adecuado para el estudio de la estructura anatómica principal del encéfalo.
P-4	El material en secciones del encéfalo se encuentra en buen estado.
P-5	Con el material en secciones encapsuladas existe menos exposición a productos químicos (formol).
P-6	El material en secciones permite una manipulación amplia y cómoda para el estudio de las estructuras.
P-7	Cree que los cortes seccionales son funcionales y accesibles para el estudio de la asignatura.
P-8	Cree que este tipo de presentación permite una mayor durabilidad del delicado material anatómico.
P-9	Las prácticas con este material han cumplido sus expectativas.
P-10	El diseño permite un adecuado estudio del encéfalo humano.
P-11	El material didáctico utilizado en las prácticas de cortes de cerebro ha sido de utilidad.
P-12	Con respecto al resto de cortes de material de encéfalo (sin encapsular) los cortes encapsulados permiten un mayor aprovechamiento.
P-13	El material en secciones permite un mejor conocimiento espacial de las estructuras anatómicas.
P-14	La utilización del material encapsulado permitiría un mayor acercamiento a las imágenes radiológicas del SNC.

Los resultados de dicha encuesta se recogen en la Tabla 2, indicando el porcentaje recibido en cada respuesta, siendo "1 - nada satisfecho" y "5 - muy satisfecho".

Tabla 2. Respuestas al sondeo exploratorio realizado por los estudiantes en relación al nuevo material

Número	1	2	3	4	5
P-1	0 %	0 %	4 %	17 %	79 %
P-2	3 %	0 %	14 %	21 %	62 %
P-3	0 %	0 %	0 %	28 %	72 %
P-4	0 %	0 %	14 %	24 %	62 %
P-5	0 %	0 %	10 %	17 %	73 %
P-6	0 %	0 %	4 %	25 %	71 %
P-7	0 %	0 %	7 %	28 %	65 %
P-8	0 %	0 %	3 %	7 %	90 %
P-9	0 %	0 %	0 %	31 %	69 %
P-10	0 %	0 %	0 %	31 %	69 %
P-11	0 %	0 %	7 %	14 %	79 %
P-12	0 %	0 %	17 %	28 %	55 %
P-13	0 %	0 %	3 %	28 %	69 %
P-14	0 %	0 %	14 %	24 %	62 %

Los resultados del sondeo exploratorio realizados por los estudiantes muestran una evaluación general muy positiva con el nuevo material de aprendizaje. Aparentemente, un 80% de los estudiantes manifestados una mayor interrelación entre los contenidos teóricos y prácticos. Este punto tiene una importancia significativa en el objetivo de la consecución de los resultados de aprendizaje, y se debe a que su uso ayuda a comprender la estructura espacial del encéfalo.

Del mismo modo, hasta un 80 % de los estudiantes destacaron la facilidad de manejo del nuevo material de aprendizaje, en especial con una manipulación más segura de los materiales por parte de los estudiantes y el profesorado. Debe destacarse que los materiales didácticos tradicionales relacionados con las secciones corporales requerían productos químicos agresivos para su conservación, lo que dificultaba el proceso de aprendizaje de los alumnos.

Por último, en un apartado más visual, en línea con las preguntas anteriores, la mayor parte de los estudiantes (hasta un 90 %) indicó que este tipo de preparaciones de material permitían una mayor durabilidad de la sección del encéfalo. La

condición material no estaba directamente relacionada con la forma de presentación del material, sino con la edad de la sección humana.

4. CONCLUSIONES

Se extrajo un encéfalo humano, se cortó y se conservó en gelatina sobre una estructura de metacrilato con el objetivo de producir un material nuevo y adecuado para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias médicas. Según la primera experiencia docente, más de 200 alumnos de varias carreras de ciencias médicas (entre ellas medicina, logopedia y fisioterapia), consideró significativamente positiva la experiencia. El material didáctico preparado de esta forma ofrece una sólida combinación de usabilidad y comprensión que favorece el vínculo entre los contenidos teóricos y prácticos, lo cual es un punto clave para obtener los resultados del aprendizaje. Además, ofrece un proceso de aprendizaje y enseñanza más seguro debido a la ausencia de productos químicos peligrosos. Esta metodología descrita en este trabajo supone un avance significativo respecto a los métodos de preparación anteriores. Este hecho se debe a que es un método flexible capaz de ser aplicado con otras secciones humanas y ofrecer una forma sólida de ser utilizado durante las clases online, sin necesidad de la asistencia física del alumno al laboratorio.

REFERENCIAS

- [1] Andersen, K. G., Rambaut, A., Lipkin, W. I., Holmes, E. C. y Garry, R.F., “The proximal origin of SARS-CoV-2”, *Nat Med* 26, 450–452 (2020).
- [2] Linde, P., “Sanidad confirma en La Gomera el primer caso de coronavirus en España”, *El País*, 31 enero 2020, < https://elpais.com/sociedad/2020/01/31/actualidad/1580509404_469734.html> (10 septiembre 2022).
- [3] Borelli, C., Gigli, A., y Melotti, G., “The Impact of COVID-19 Pandemic on Italian Nature-Based Programs in the Educational, Therapeutic, Training and Leisure Areas”, *Educ. Sci.*, 10, 394 (2020).
- [4] Kaur, S. P. y Gupta, “V. COVID-19 Vaccine: A comprehensive status report”, *Virus Res.*, 288, 198114 (2020).
- [5] Papastephanou, M., “Philosophy of Education in Times of Crises and Pandemics”, *Educ. Sci.*, 11, 687 (2021).
- [6] Bordel, B., Alcarria, R. y Robles, T., “Industry 4.0 Paradigm on Teaching and Learning Engineering”, *Int. J. Eng. Educ.*, 35(4), 1018-1036 (2019).
- [7] Gordy, X. Z., Sparkmon, W., Imeri, H., Notebaert, A., Barnard, M., Compretta, C., Dehon, E., Taylor, J., Stray, S., Sullivan, D. y Rockhold, R. W., “Science Teaching Excites Medical Interest: A Qualitative Inquiry of Science Education during the 2020 COVID-19 Pandemic”, *Educ. Sci.*, 11, 148 (2021).
- [8] Weerathunga, P. R., Samarathunga, W. H. M. S., Rathnayake, H. N., Agampodi, S. B., Nurunnabi, M., Madhunimasha, M.M.S.C. The COVID-19 Pandemic and the Acceptance of E-Learning among University Students: The Role of Precipitating Events. *Educ. Sci.*, 11, 436 (2021).
- [9] Bakhov, I., Opolska, N., Bogus, M., Anishchenko, V. y Biryukova, Y., “Emergency Distance Education in the Conditions of COVID-19 Pandemic: Experience of Ukrainian Universities”, *Educ. Sci.*, 11, 364 (2021).
- [10] Gangahagedara, R., Karunarathna, M., Athukorala, W., Subasinghe, S. y Ekanayake, P., “Emergency Teaching–Learning Methods (ETLM) during COVID-19: Lessons Learned from Sri Lanka”, *Educ. Sci.*, 11, 579 (2021).
- [11] Balakrishnan, V., Ng, K.S., Kaur, W., Govaichelvan, K. y Lee, Z.L., “COVID-19 depression and its risk factors in Asia Pacific – A systematic review and meta-analysis”, *J. Affect. Disorders*, 298(B), 47-56 (2022).
- [12] Malau-Aduli, B. S., Ray, R.A., O’Connor, T., van der Kruk, Y., Alele, F.O. y Bellingan, M., “Dealing with Academic Difficulty in Medical School: A Pilot Study”, *Educ. Sci.*, 10, 83 (2020).
- [13] Singaram, V.S. y Sofika, D. A. N., ““Growing as a Stronger Clinician in Adverse Conditions”—A Snapshot of Clinical Training during COVID-19”, *Educ. Sci.*, 12, 156 (2022).
- [14] Colbert, C. Y. y Bierer, S.B., “The Importance of Professional Development in a Programmatic Assessment System: One Medical School’s Experience”, *Educ. Sci.*, 12, 220 (2022).
- [15] Kazoka, D., Pilmane, M. y Edelmers, E., “Facilitating Student Understanding through Incorporating Digital Images and 3D-Printed Models in a Human Anatomy Course”, *Educ. Sci.*, 11, 380 (2021).
- [16] Dibal, N. I., Garba, S. H. y Jacks, T. W., “Plastinates: Possible Tool for Medical Education in the Near Future: Mini Review”, *Res. Dev. Med. Educ.*, 7(1), 3–7 (2018).
- [17] Mohamed, R. y John, R., “Production and use of plastinated anatomical specimens as teaching and learning tools in veterinary gross anatomy in the Caribbean”, *J. Adv. Vet. Anim. Res.*, 5(1), 44–52 (2018).

[18] Chisholm, F. y Varsou, O., "Resin-embedded anatomical cross-sections as a teaching adjunct for medical curricula: Is this technique an alternative to potting and plastination?" *J. Anat.*, 233(1), 98-105 (2018).

AGRADECIMIENTOS

CONVOCATORIA DE LAS AYUDAS PARA LA RECUALIFICACIÓN DEL SISTEMA UNIVERSITARIO ESPAÑOL 2021-2023. Ministerio de Universidades. Financiación por la Unión Europea - Fondos Next Generation EU