

Órganos plastinados: recursos para una propuesta de innovación educativa STEM en Educación Secundaria

Plastinated organs: resources for a STEM educational innovation proposal for Secondary Education

M.^a Carmen Delgado-Ruiz 

Universidad de Murcia (España)
mcarmen.delgador@um.es

Rocío Bernal-Sánchez 

Universidad de Murcia (España)
rocio.bernal@um.es

Octavio López-Albors 

Universidad de Murcia (España)
albors@um.es

Rafael Latorre-Reviriego 

Universidad de Murcia (España)
latorre@um.es

Recibido: 29/06/2023

Aceptado: 13/11/2023

Publicado: 1/12/2023

RESUMEN

Los órganos plastinados son piezas anatómicas reales producidas en un laboratorio, imperecederas, carentes de toxicidad y que pueden usarse en cualquier escenario docente. En este trabajo se expone una experiencia educativa novedosa para el ámbito STEM basada en la utilización de órganos plastinados de origen animal. Se diseñó una propuesta didáctica innovadora para el 3^{er} curso de ESO que fue evaluada en cuatro centros de Educación Secundaria durante un periodo de cuatro semanas. El diseño instruccional de la propuesta se apoyó en métodos activos con manipulación directa de los órganos plastinados y de forma complementaria una serie de recursos digitales en forma de vídeos, materiales para actividades gamificadas, cuestionarios y recursos educativos interactivos. Para evaluar la experiencia se utilizó un método mixto que incluyó una recogida de datos cuantitativos y cualitativos mediante cuestionarios y grupos focales con el profesorado y los estudiantes. Los resultados mostraron un alto índice de satisfacción de todos los agentes educativos implicados en la experiencia. Las principales limitaciones señaladas fueron la falta de tiempo, falta de adecuación al calendario y a la programación didáctica de los centros, la experimentación con solo uno de los segmentos del ámbito STEM y la falta de homogeneidad de las muestras participantes. A pesar de todo ello, se puede concluir que el uso de los órganos plastinados en educación secundaria ofrece amplias posibilidades para promover la innovación en educación STEM, a la vez que garantiza unos elevados índices de satisfacción del profesorado y del estudiantado.

PALABRAS CLAVE

STEM; plastinación; recursos educativos; educación secundaria; métodos activos.

ABSTRACT

Plastinated organs are real anatomical parts obtained in a laboratory, imperishable, non-toxic, and can be used in any educational scenario. This paper presents a novel educational experience for the STEM field based on the use of plastinated organs of animal origin. An innovative educational proposal was designed for the 3rd year of ESO and was evaluated in four secondary schools during four weeks. The instructional design of the proposal was based on active methods with direct manipulation of the plastinated organs and a series of digital resources in the form of videos, materials for gamified activities, questionnaires and interactive educational resources. To evaluate the experience, a mixed method was used that included the collection of quantitative and qualitative data through questionnaires and focus groups with teachers and students. The results showed a high level of satisfaction among all the educational agents involved in the experience, both teachers and students. The main limitations pointed out were the lack of time, the lack of adaptation to the timetables and teaching programs of the centers, the experimentation with only one of the segments of the STEM field and the lack of homogeneity of the participating samples. In spite of all this, it can be concluded that the use of plastinated organs in secondary education offers ample possibilities for promoting the use of these organs in the STEM field, while guaranteeing high rates of teacher and student satisfaction.

KEYWORDS

STEM; plastination; educational resources; secondary education; active methodologies.

CITA RECOMENDADA:

Delgado-Ruiz, M.C., Bernal-Sánchez, R., López-Albors, O. y Latorre-Reviriego, R. (2023). Órganos plastinados: recursos para una propuesta de innovación educativa STEM en Educación Secundaria. *RiiTE Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, 15, 103-119. <https://doi.org/10.6018/riite.575831>

Principales aportaciones del artículo y futuras líneas de investigación:

- Evaluar el uso de recursos plastinados en el enfoque STEM, tanto desde la dimensión de su impacto en el aprendizaje, como la satisfacción de docentes y discentes. Este tipo de recursos pueden enriquecer la enseñanza STEM, según muestra nuestra investigación.
- Fomentar diversas perspectivas dentro de la metodología STEM tomando en consideración los diferentes niveles educativos y contextos culturales.

1. INTRODUCCIÓN

La educación moderna se enfrenta a retos sin precedentes, en los que los conocimientos y habilidades tradicionales resultan insuficientes para preparar a los estudiantes para los entornos laborales y sociales actuales. En este sentido, las disciplinas STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) se han destacado como críticas para la formación de nuevas generaciones capaces de contribuir al desarrollo de las tecnologías emergentes (Comisión Europea, 2012). A pesar de que las políticas educativas de algunos países han comenzado a reconocer la importancia de las disciplinas STEM (Keon, 2006), han surgido preocupaciones sobre la eficacia de los modelos implementados (Pitt, 2009). En consecuencia, se ha propuesto un nuevo enfoque STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas) que incorpora el arte como disciplina innovadora para fomentar la creatividad y el pensamiento crítico del alumnado (Yakman, 2008) y que complementa las STEM. Nos referiremos a STEM en este artículo, pues

en nuestra experiencia no se ha podido integrar la disciplina de Artes, solo contenidos propios de las STEM.

La metodología STEM se distingue por su enfoque estructurado y multidisciplinar para la integración de cinco disciplinas científico-técnicas (Santillán et al., 2019), lo que permite establecer entornos de aprendizaje significativos e integrados para los estudiantes. Esta metodología ha sido teorizada como un enfoque educativo estructurado que promueve la resolución de problemas en situaciones abiertas y no estructuradas (Reinking y Martin, 2018).

Los proyectos STEM se inspiran en el movimiento *maker*, con procedimientos que incluyen definir retos, experimentar con soluciones, materializar prototipos y probarlos. Teniendo en cuenta que el movimiento *maker* carece de raíces educativas, las escuelas han adoptado y fusionado sus ideologías para crear la "*mentalidad maker*" (Dougherty, 2013). Como afirma Papert (1987), el crecimiento de la educación requiere la integración de prácticas tradicionales con conceptos novedosos. Esto se logrará utilizando la metodología STEM/STEAM, que incorpora la ciencia, la tecnología, la ingeniería, el arte y las matemáticas en los currículos académicos (Asinc y Alvarado, 2019).

Por otro lado, las metodologías activas de enseñanza, propuestas por Aiche (2011), buscan fomentar en los estudiantes la autonomía, el trabajo en equipo, la comunicación, la resolución de problemas, la creatividad, entre otras habilidades. Además, estos métodos se centran en el aprendizaje como una construcción más que como un proceso de recepción, lo que está respaldado por la investigación en psicología cognitiva (Jones et al., 2022). La interacción activa entre alumnado, profesorado y materiales educativos es fundamental para el proceso de aprendizaje (Noguero, 2005).

En el campo de las ciencias biológicas, el uso de recursos didácticos es imprescindible para optimizar el aprendizaje de los estudiantes (Suárez, 2017). Además, se recomienda que los profesores utilicen estos recursos a la hora de desarrollar estrategias didácticas. Aparte de la estimulación visual, los recursos didácticos también pueden promover una educación de calidad en los currículos de ciencias. Aunque en algunos casos se siguen utilizando materiales tradicionales como lápices, libros y rotuladores, cada vez son más populares nuevos materiales como películas, simulaciones y software interactivo (Díaz y Guzmán, 2019).

Los órganos plastinados son órganos reales obtenidos en el laboratorio a partir de órganos frescos. Mediante la plastinación se sustituye el agua y parte de la grasa de los tejidos por un polímero (Henry et al., 2019; Autores, 2019). El resultado son piezas anatómicas de duración ilimitada, completamente atóxicas y fáciles de transportar, manejar y almacenar. Además, destacan por su realismo anatómico, ya que cualquier detalle o estructura de interés se mantiene en su posición y morfología originales. Los órganos plastinados se emplean desde hace años en la enseñanza universitaria de anatomía (humana o animal), siendo materiales de innovación docente que favorecen el aprendizaje y la motivación del alumnado. Sin embargo, en enseñanza secundaria apenas existen evidencias científicas que respalden su uso. Únicamente, algunas experiencias piloto con alumnado americano y español, y siempre restringidas al ámbito concreto de la biología (Douglas y Glover, 2003; William y Rae, 2019).

En síntesis, la metodología STEM proporciona un enfoque innovador e interdisciplinar de la educación con el objetivo de cultivar habilidades y competencias esenciales para afrontar los retos contemporáneos (Asinc y Alvarado, 2019). El enfoque STEM es altamente personalizable, dando tanto a los profesores como a los estudiantes la oportunidad de aprender holísticamente teniendo en cuenta la singularidad de cada individuo. Sin embargo, como toda innovación, necesita de procesos de

adaptación y desarrollo educativo para ser utilizado de manera efectiva y adecuada (Celis y González, 2021).

El propósito de este artículo es recoger los principales resultados de nuestra investigación sobre STEM usando métodos activos, recursos digitales y órganos plastinados. La experiencia educativa que aquí se expone consiste en una novedosa experiencia educativa para el ámbito STEM basada en la utilización de un innovador recurso educativo manipulable (órganos plastinados) junto a otros recursos digitales y todo ello a partir de una propuesta didáctica usando métodos activos que ha sido evaluada en cuatro centros de Educación Secundaria.

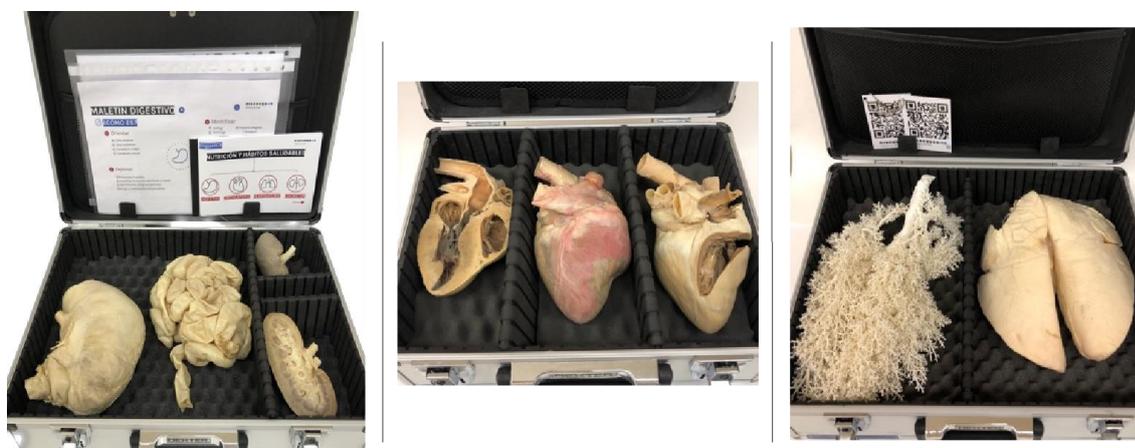
2. PROPUESTA EDUCATIVA CON ÓRGANOS PLASTINADOS PARA ENSEÑANZA DE STEM

2.1. Preparación de los órganos plastinados

Se prepararon un total de 10 colecciones de órganos de origen animal (porcino u ovino) pertenecientes a los aparatos digestivo, circulatorio, respiratorio y urinario, todos ellos en relación con la denominada función de nutrición, según se describe en el currículo de 3^{er} curso de ESO. Los órganos se obtuvieron en mataderos locales y se procesaron en la Facultad de Veterinaria (Universidad de Murcia). Para la parte del aparato digestivo se incluía un estómago, con parte del esófago y duodeno, así como una porción de yeyuno. Para el aparato circulatorio dos corazones completos (uno de ellos con disección de aurículas y ventrículos), y un hemicorazón cortado sagitalmente. Para el aparato respiratorio un bloque pulmonar con tráquea y un árbol bronquial. Para el aparato urinario, un riñón completo y otro seccionado sagitalmente. Tras una limpieza previa, todos los órganos (excepto los árboles bronquiales) se fijaron inmediatamente en una solución de formol (5-10%) durante 5-15 días. A continuación, se procesaron según el protocolo común de plastinación (S10 technique, Biodur®.), con adaptaciones puntuales en algunos casos según la experiencia previa de los autores. En cuanto a los moldes de los árboles bronquiales se obtuvieron tras una inyección directa de silicona (RTV) a través de la tráquea, con un posterior hervido de la pieza y minuciosa limpieza manual.

Figura 1.

Colecciones de órganos plastinados. De izquierda a derecha: órganos del aparato digestivo y renal, corazones, órganos del aparato respiratorio.



2.2. Maletines de órganos

Las 10 colecciones de órganos se distribuyeron en maletines de aluminio, según se muestra en la Figura 1. Además, para la visualización intraluminal de órganos huecos como el estómago y los pulmones se incluyó un endoscopio no profesional con conexión wifi (Inskam®109-130). En los maletines también se incluyeron algunos materiales complementarios como códigos QR y un atlas anatómico.

2.3. Recursos complementarios

Como complemento a los maletines de órganos plastinados, se crearon recursos educativos digitales para enriquecer las situaciones de aprendizaje. El contenido de dichos recursos se relacionó siempre con los requerimientos curriculares del 3^{er} curso de ESO. Todos los recursos complementarios se organizaron y presentaron en una guía didáctica elaborada con el programa Genially®. Con el fin de atender tanto a grupos en español como en inglés, todos los recursos complementarios se elaboraron en versión bilingüe. Además de una ficha que servía de guía para el profesorado, se incluyeron videotutoriales, actividades gamificadas y cuestionarios de evaluación. Estos últimos, además de recurso complementario, sirvieron como herramienta de recogida de datos para la investigación.

2.4. Experiencia de innovación con los órganos plastinados

La investigación se ha llevado a cabo durante el desarrollo de un proyecto de innovación que consistió en facilitar la implementación de la metodología STEM mediante el uso de órganos plastinados en las aulas de 3^o de secundaria. El equipo investigador finalmente contactó con 4 institutos de educación secundaria de la Región de Murcia que participaron de forma voluntaria. El proyecto se implementó desde septiembre a diciembre de 2022. Además de los recursos (tanto digitales como los órganos plastinados) se dieron indicaciones sobre los métodos activos y cómo integrar los órganos plastinados en experiencias de carácter multidisciplinar y aprendizaje basado en proyectos. No obstante, dadas las limitaciones temporales y la necesidad de ajustarse a la programación de los centros, se centró la experiencia en asignaturas de Biología.

Durante la implementación del proyecto, los docentes de cada centro han tenido la oportunidad de trabajar con la colección completa de órganos plastinados. Por razones organizativas de cada centro, según la planificación de la asignatura, los profesores escogieron a su discreción qué aparatos trabajar en sus aulas. Por esta razón, en algún caso ocurrió que no en todos los centros se han trabajado todos los aparatos. La disponibilidad de cada aparato por centro fue de un mínimo de dos semanas.

La secuencia seguida para el uso de cada maletín con su aparato correspondiente ha sido similar en cada aparato, habiendo seguido el correspondiente orden:

- Vídeos explicativos introductorios acerca del aparato a estudiar, tanto para saber su morfología como su fisiología.
- Juegos dinámicos e interactivos sobre cada órgano explorado, para conocerlo de forma más profunda.
- Aprendizaje manipulativo con los órganos plastinados.
- Actividades gamificadas sobre Nutrición y Hábitos Saludables.

3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Problema y objetivos de investigación

El proyecto surge de la siguiente pregunta de investigación: ¿los órganos plastinados son un recurso adecuado para innovar en STEAM en la etapa de enseñanza secundaria? En torno a ello se diseñó la propuesta de innovación descrita y se articuló una investigación con el objetivo de evaluar el uso de materiales plastinados en una experiencia innovadora en el ámbito de STEAM y para la enseñanza en secundaria. A partir de este objetivo general, como objetivos específicos se plantean los siguientes:

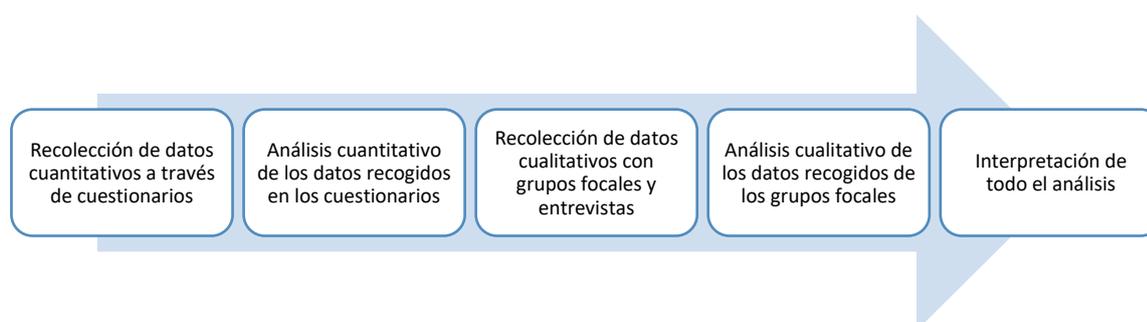
- Analizar la satisfacción de los agentes educativos (profesorado y alumnado) con el uso de órganos plastinados.
- Analizar los resultados de aprendizaje en procesos de enseñanza apoyados en el uso de maletines de órganos plastinados.
- Valorar la usabilidad de los órganos plastinados y los maletines como recursos para la enseñanza en secundaria.

3.2. Método y diseño de investigación

Se ha llevado a cabo una investigación evaluativa que permite la recolección y evaluación sistemática de información para precisar la validez de un currículum, programa o práctica educativa (McMillan y Schumacher, 2005). En este caso la investigación evaluativa ha versado sobre el uso de los órganos plastinados como recurso educativo en la asignatura de Biología en centros de secundaria de la Región de Murcia. El método de investigación utilizado ha sido de corte mixto, es decir, apoyada en el uso de técnicas e instrumentos tanto cuantitativos como cualitativos de recogida y análisis de información, para una triangulación de datos de distinta naturaleza y así otorgar robustez a los mismos. En el diseño de investigación se ha seguido el modelo de Creswell (2009, p. 190). Atendiendo a la perspectiva temporal, se ha utilizado un diseño transversal, pues la recogida de información se ha realizado en un mismo momento del tiempo con diferentes grupos de estudiantes y en diferentes centros educativos. En definitiva, tal y como muestra la Figura 2, se trata de un diseño explicativo secuencial (Creswell 2009, p. 193).

Figura 2.

Diseño explicativo secuencial de la investigación



Nota: elaboración propia adaptada de Creswell (2009, p. 193)

3.3. Muestra

Se ha realizado un muestreo por conveniencia, dado que los docentes participantes en este estudio lo han realizado de forma voluntaria y contaban ya con experiencias anteriores de colaboración con los investigadores de la Universidad de Murcia. Se trata de docentes en cuatro centros diferentes de secundaria de la Región de Murcia que por razones de anonimato y privacidad de datos, a partir de ahora se les denominará como IES1, IES2, IES3 e IES4. Los datos finales de la muestra participante son los siguientes (Tabla 1).

Tabla 1.

Muestra participante de la investigación

APARATOS TRABAJADOS	PROFESORADO				ALUMNADO
	IES1	IES2	IES3	IES4	
Circulatorio	2	3	3	1	66
Digestivo	2	2	2	1	155
Respiratorio	0	2	0	1	93
Excretor	1	2	0	1	91

Nota: los números en las columnas de profesorado indican el número de docentes y por tanto de grupos de estudiantes.

3.4. Dimensiones de análisis

En esta investigación evaluativa se ha trabajado con las dimensiones de satisfacción y aprendizaje. Para la dimensión de satisfacción, se han obtenido datos de diferente naturaleza y mediante diferentes técnicas. Se han recogido datos tanto del profesorado, como del alumnado, principales agentes educativos participantes en la experiencia. Sobre la dimensión de aprendizaje, estos datos solo se han recogido del alumnado, son de naturaleza cuantitativa y fueron contrastados a posteriori con el grupo focal organizado con los discentes.

3.5. Instrumentos

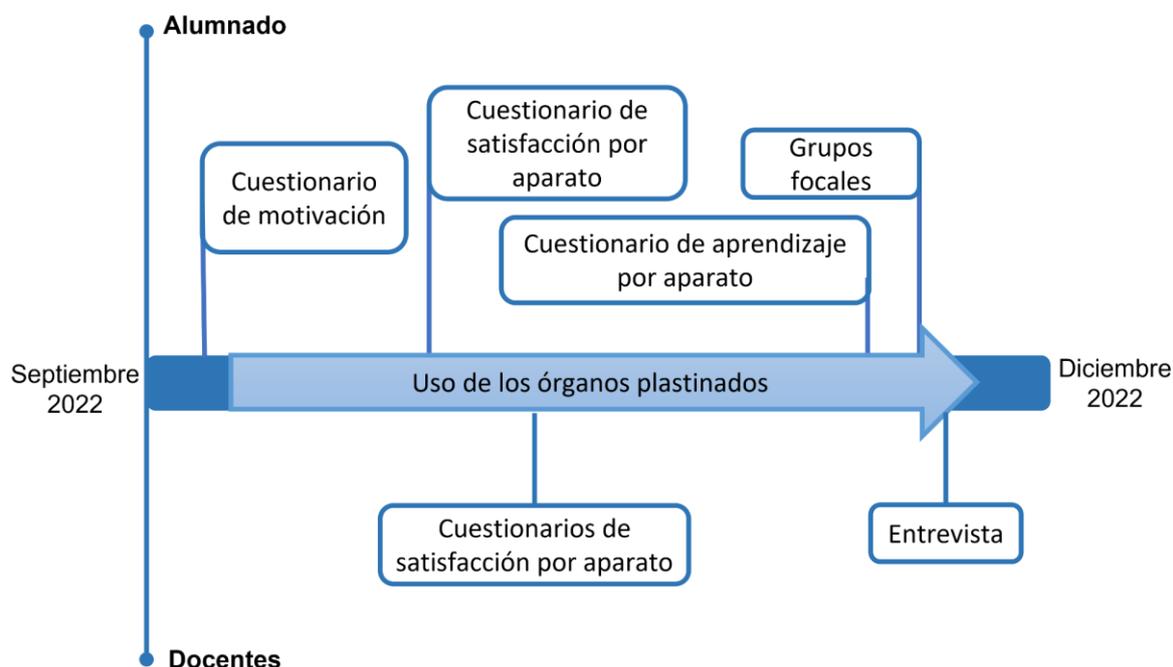
Para la recogida de datos de esta investigación se han utilizado técnicas cualitativas y cuantitativas, tanto para docentes como para el alumnado, y de la siguiente manera (Figura 3). Los instrumentos han pasado por una fase inicial de validación de contenido vinculada a los objetivos de la investigación y usando para ellos un juicio de expertos (tres expertos en Tecnología Educativa del Grupo de Investigación en Tecnología Educativa de la Universidad de Murcia que han revisado los instrumentos en una secuencia de dos etapas previa a su implementación con la muestra participante).

No se ha considerado necesario llevar a cabo una validación más compleja porque el enfoque del proyecto de investigación responde a una prueba de concepto sustentada en una evaluación cualitativa y ligada a un contexto específico, aunque se hayan recogido también datos cuantitativos desde un enfoque mixto.

Para los cuestionarios, una vez analizados los datos, se ha calculado el Alpha de Cronbach como medida de fiabilidad interna. Con los instrumentos cualitativos se han utilizado técnicas de triangulación (tanto entre instrumentos como entre agentes participantes en la muestra).

Figura 3.

Instrumentos y momentos de recogida de datos



3.5.1. Instrumentos cuantitativos

Las dimensiones de investigación han sido las mismas tanto para las técnicas cuantitativas como cualitativas, pues la finalidad en este caso era poder triangular los datos de cara a garantizar la fiabilidad de nuestro análisis de resultados y nuestras conclusiones.

- Cuestionarios de motivación para el alumnado: se trata de un cuestionario de escala tipo Likert sobre 4 puntos, que contiene 32 ítems a responder por el alumnado, tanto al inicio del uso de los órganos plastinados como al final. Este cuestionario se trata del SRQ-A, tomado de Deci et al., (1989) en el que se pretende medir si el perfil del alumnado posee regulación externa, introyectada, identificada o intrínseca.
- Cuestionario de valoración de los recursos plastinados: este cuestionario está compuesto a su vez de dos bloques en los que, por un lado, se ha medido la satisfacción de los discentes con respecto a los órganos plastinados y por otro, un bloque específico para analizar los resultados de aprendizaje de los contenidos trabajados con estos recursos.
 - Bloque sobre satisfacción para el alumnado: se trata de un cuestionario a realizar por aparato trabajado durante la investigación. Este cuestionario se compone de una escala tipo Likert sobre 4 puntos, en los que contiene 15 ítems a valorar por el alumnado además de una pregunta abierta, y mide dimensiones de aprendizaje, sensaciones y satisfacción sobre los órganos plastinados, así como la satisfacción sobre el maletín, recursos complementarios usados y las actividades realizadas.
 - Bloque sobre resultados de aprendizaje: este cuestionario fue diseñado para medir la adquisición de conocimientos y fue diseñado conjuntamente por los docentes de los diferentes centros que usaron los órganos plastinados.

- Cuestionario de satisfacción del profesorado: se aplicó un cuestionario por aparato (maletín) trabajado. Se trata de un cuestionario combinado de escala Likert con 5 puntos, que contiene 9 ítems de satisfacción y 3 preguntas de respuesta abierta en el que describe los tipos de actividades desarrolladas y los comentarios que los docentes quieran realizar. Lo que se valora en este cuestionario es la manejabilidad del maletín, los órganos, la atención prestada en clase y la motivación de los alumnos, el aprendizaje de conceptos y de funcionamiento de los distintos aparatos, complementación con otros recursos, la aplicación de la metodología activa, y el trabajo del alumnado en casa sobre lo abordado en el aula.

3.5.2. Instrumentos cualitativos

- Guion para las entrevistas del profesorado: se diseñó una entrevista dirigida a los docentes en la que se preguntaba por dimensiones como el maletín, el tiempo de uso de los maletines, los contenidos trabajados, los resultados de aprendizaje de los alumnos, diferencias entre aparatos, la adecuación de órganos al maletín, el método de uso y los recursos complementarios.
- Guion para el grupo focal con estudiantes: se diseñó un guion en el que se recogieron datos sobre dimensiones concernientes al aprendizaje y de satisfacción con el uso tanto de los maletines como de los órganos plastinados.

3.6. Procedimiento

En cada centro se acordó una secuencia diferente de uso de los maletines de órganos plastinados, como hemos explicado en el apartado 2.4. Para la recogida de información se fijó un procedimiento similar en todos los centros:

- Cada maletín podía ser utilizado durante una semana o máximo dos semanas.
- Después del uso de cada maletín (aparato), los estudiantes debían cumplimentar el cuestionario de satisfacción y el cuestionario de valoración de resultados de aprendizaje.
- Después de recoger los datos de los estudiantes y antes de continuar con el siguiente aparato, los profesores debían cumplimentar su cuestionario de satisfacción de los órganos.
- Tras concluir el periodo de trabajo con todos los maletines (aparatos), se hizo un análisis preliminar de los datos recogidos y se llevaron a cabo los grupos focales con estudiantes y entrevistas con el profesorado.

3.7. Técnicas de análisis de datos

3.7.1. Técnicas cuantitativas

Para el análisis cuantitativo de los datos recogidos de los cuestionarios se ha usado el programa estadístico de licencia libre JASP y se ha seguido el siguiente proceso:

- Motivación del alumnado: se ha desestimado el análisis comparativo del pretest y el posttest, puesto que la muestra del pretest (n=431) era muchísimo mayor a la del posttest (n=30) y por tanto no se ha considerado viable el estudio comparativo previsto en el diseño inicial de la investigación.

- Satisfacción profesores: se ha realizado un análisis estadístico exploratorio en el que se dilucidan los resultados promedios obtenidos sobre cada pregunta medida. Por otro lado, se ha realizado la prueba de Shapiro-Wilk para constatar si la distribución de los datos se rige a la normalidad. En última instancia, para medir la consistencia interna del instrumento y datos recogidos, se ha aplicado el Alfa de Cronbach (Hernández et al., 2014). Por otro lado, se han analizado los comentarios aportados en las preguntas abiertas del cuestionario, para determinar las dimensiones a tener en cuenta en las entrevistas posteriores, aplicadas al final del procedimiento.
- Satisfacción alumnos: se ha seguido el mismo proceso de análisis estadístico exploratorio que se ha realizado con los cuestionarios de satisfacción del profesorado.
- Aprendizaje del alumnado: se ha desestimado el análisis, dado que no pueden interpretarse de forma concluyente porque el uso de cada aparato ha sido dispar entre centros. Ha de considerarse a este respecto que no fue posible homogeneizar algunos aspectos por las dificultades encontradas en los centros y es por ello que en nuestra experiencia difieren los tiempos de uso de los órganos y en algunos casos las preguntas de evaluación de aprendizajes que habían sido consensuadas y formuladas por los docentes no se correspondían con lo trabajado en el aula.

3.7.2. Técnicas cualitativas

Para el análisis de los datos cualitativos, se ha procedido de forma similar tanto con los grupos focales de los alumnos, como con las entrevistas con los docentes. Se ha utilizado para el análisis el software para el análisis de datos cualitativos ATLAS TI. El proceso ha sido el siguiente.

En primer lugar, se ha generado una nube de palabras con las transcripciones, para determinar sobre qué términos se ha hablado más y hacer así una primera aproximación a la información. Posteriormente, se ha realizado una categorización y codificación de las palabras de las aportaciones de cada uno de los participantes, para conocer con exactitud qué opinan sobre cada dimensión evaluada sobre la experiencia de uso de los órganos plastinados.

4. RESULTADOS

4.1. Resultados del alumnado

Los cuestionarios de satisfacción del alumnado han mostrado los resultados reflejados en la Tabla 3. Cabe recalcar, en primer lugar, que se ha calculado el Alfa de Cronbach para estos datos, cuyo resultado ha sido de 0.92, lo que indica que el cuestionario posee consistencia interna.

Con respecto a la distribución normal de los datos, la p value de la prueba Shapiro-Wilk indica en este caso en particular, que los datos no tienen una distribución normal. Por otro lado, la desviación estándar muestra que se percibe cierta dispersión de los datos, pero no tan significativa como con el cuestionario de los docentes.

Tabla 3.*Resultados de los cuestionarios de satisfacción del alumnado de escala Likert sobre 4*

Ítem	Media	Desviación estándar	Shapiro-Wilk
Con los órganos plastinados he entendido mejor cómo funciona el aparato	3.305	0.819	0.745
Me ha sido más fácil aprender usando estos órganos plastinados	3.251	0.801	0.779
Me gusta ver y tocar órganos plastinados	3.074	0.967	0.807
Me gustaría que se trabajase más a menudo en clase con órganos plastinados	3.400	0.833	0.710
El maletín con los órganos plastinados dentro es manejable para usarlo en el aula	3.360	0.839	0.722
El maletín de aluminio me gusta.	3.347	0.843	0.728
El uso de vídeos del aparato ha sido útil como complemento al maletín	3.132	0.875	0.807
El tiempo dedicado los órganos plastinados ha sido útil para aprender sobre el aparato	3.266	0.859	0.757
Las actividades en grupo han sido interesantes	3.355	0.808	0.738
Trabajar con estos recursos ha sido divertido	3.454	0.795	0.684

En general, el alumnado está bastante satisfecho con el uso de los órganos plastinados, especialmente porque les resulta divertido (3.45), quisieran usarlo más a menudo en clase (3.40) y por el manejo del maletín con los órganos plastinados dentro de clase. En cuanto a la dimensión del aprendizaje, alegan que el uso de estos recursos les ayuda a interiorizar tanto los conceptos (3.25), como el proceso de funcionamiento del aparato a estudiar con el maletín (3.30).

A tenor de los grupos focales del alumnado, se han obtenido los siguientes resultados.

De los 18 estudiantes que han participado en los grupos focales, y con respecto a la dimensión del aprendizaje, 17 indicaron que los órganos plastinados son un recurso motivador, que contribuye significativamente a la adquisición de conocimientos y entendimiento del funcionamiento porque son un elemento manipulativo. Indican además que los recursos complementarios a los maletines son enriquecedores. Todos coinciden en que lo seguirían usando para aprender en clase si tuvieran los maletines disponibles todo el año.

Con respecto a la dimensión del orden de uso, en general los alumnos, 16 de 18, indican que no influye tanto el orden de uso, sino la coincidencia temporal con la planificación, aunque algunos indican que sí que influyen, dado que para entender el respiratorio se habría de saber previamente el circulatorio, por ejemplo. 14% del alumnado considera que se han usado mejor al final de la experiencia, porque ya se han familiarizado con los maletines y los órganos, y se pueden focalizar en el aprendizaje. Por último, 16 de 18 discentes indican que el factor sorpresa influye, sobre todo al principio de la experiencia, pero también por conocer y visualizar más nítidamente los órganos en cuestión.

4.2. Resultados de los docentes

En cuanto a los cuestionarios de satisfacción de los docentes sobre el uso de los órganos plastinados, se han obtenido los siguientes resultados (Tabla 4).

Tabla 4.

Resultados de los cuestionarios de satisfacción de los docentes de escala Likert sobre 5

Ítem	Media	Desviación estándar	Shapiro-Wilk
El MALETÍN, su manejabilidad y comodidad	4.261	0.752	0.788
ÓRGANOS que están dentro de este maletín	4.043	1.107	0.761
ATENCIÓN que prestaban los estudiantes	3.826	0.887	0.864
MOTIVACIÓN de los estudiantes durante el uso de los órganos	4.000	1.044	0.821
Facilitar el APRENDIZAJE de CONCEPTOS sobre el aparato	4.130	1.014	0.760
El uso de órganos plastinados para facilitar el APRENDIZAJE sobre CÓMO FUNCIONA el aparato	3.957	1.147	0.791
Complementar el maletín con los otros recursos	4.350	0.875	0.687
Uso de MÉTODOS ACTIVOS para las actividades	4.190	0.928	0.712
Trabajo de los estudiantes en casa	3.045	1.133	0.927

Al calcular el Alfa de Cronbach se ha obtenido un resultado de 0.90, lo que indica un alto índice de coherencia interna.

Se observa que en general se ha obtenido un alto grado de satisfacción con respecto al uso de los órganos plastinados, destacando la complementación del maletín con otros recursos (4.35), la manejabilidad del maletín (4.2) y el uso de métodos activos para las actividades (4.19). La valoración más baja ha sido sobre el trabajo de los estudiantes en casa (3.04).

Los valores de la desviación estándar indican que hay una dispersión destacada de los datos lo que indica que, de haber más muestra, probablemente los resultados de las valoraciones podrían ser diferentes.

El nivel de significación (p) de la prueba de Shapiro-Wilk indica que los datos no vienen de una distribución normal.

En la parte cualitativa del cuestionario destaca la coincidencia de todos los docentes al indicar que ha faltado tiempo de disponibilidad de los maletines para implementarlos todos correctamente.

En cuanto a las entrevistas de profesorado, se han entrevistado a seis docentes y se ha obtenido la siguiente información.

Sobre la dimensión del propio maletín, cinco de cada seis docentes indican que es cómodo para transportar y trabajar en el aula. Además, sí que coinciden en su totalidad al indicar que el material no es pesado, y el aspecto externo del aluminio suscita curiosidad al alumnado.

En referencia al método de uso de los órganos plastinados, todos los docentes señalan que no influye tanto el orden de aplicación de los aparatos, sino la adecuación de su uso a la programación, es decir, a la coincidencia del uso del recurso con la planificación curricular. Ha resultado de interés el método activo utilizado para incorporar los órganos plastinados en las aulas, pues permite a los estudiantes manipular de forma directa los recursos y potenciar así el conocimiento en profundidad de su forma y funcionamiento en el organismo.

En adición, cinco de cada seis docentes consideran que los órganos plastinados son un valioso recurso para la enseñanza en secundaria, tanto desde el punto de vista de los aprendizajes como desde un punto de vista motivacional. En relación con los aprendizajes, han resultado útiles tanto para consolidar conocimientos anteriores, como para realizar aprendizajes nuevos. La excepción corresponde a un docente, que indica que el alumnado *per sé* no estaban motivados para estudiar, no se han motivado con el uso de estos recursos.

Para la totalidad de los docentes los recursos complementarios como son los videos y materiales para actividades gamificadas, han resultado de utilidad, como comenta una docente: “Muchas gracias, ha sido muy interesante cómo se han integrado los materiales en mis clases. Para mí han supuesto un componente motivacional muy interesante. Además creo que el haber participado en el programa (dándole el carácter de programa de la universidad experimental) nos ha dado más entidad de grupo”.

A propósito de los órganos que contenían los maletines en cada aparato, de forma unánime indican que el más completo es el aparato circulatorio, seguido del respiratorio, y que requerirían de más órganos en aparatos como el digestivo, o la exposición de esos mismos órganos con otro corte que dé lugar a otras vistas.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En el contexto educativo actual, se está observando una creciente aplicación de la metodología STEM. Este fenómeno es precedido a la variedad de disciplinas que se aborda en este método, y en parte, al aumento en el uso de enfoques activos que permiten consolidar el aprendizaje de los discentes de forma participativa y significativa. Este afianzamiento se alcanza mediante la interacción del alumnado con los docentes y los materiales didácticos utilizados para el proceso de E-A. Los recursos didácticos están teniendo una trascendencia cada vez mayor para el aprendizaje en la aplicación de las metodologías activas. Para ello, los recursos educativos deberán facilitar la comprensión, estimular la creatividad y fomentar la participación de los discentes, permitiendo a los docentes diversificar y complementar sus estrategias de enseñanza.

Así lo dilucidan los datos de esta investigación con órganos plastinados, donde su uso ha generado un alto índice de satisfacción a los agentes educativos implicados durante la implementación del estudio. En concreto, el uso de los aparatos suscita una motivación intrínseca con la asignatura de biología en secundaria, máxime si se complementa con otros recursos didácticos.

A tenor de los resultados de aprendizaje, las puntuaciones obtenidas en los cuestionarios no han sido concluyentes. Sin embargo, discentes y docentes destacan que la aplicación de estos recursos propicia y mejoran el aprendizaje, tanto de los conceptos teóricos como de los procesos biológicos a través de la experiencia manipulativa y vivencial de los órganos plastinados.

En lo concerniente a la usabilidad de los órganos plastinados y los maletines como recurso para la enseñanza, indican que el maletín, como contenedor, resulta un elemento que potencia la curiosidad

innata del alumnado, y sus materiales son adecuados para su transporte, protección de los órganos y el manejo en el aula. Asimismo, de los cuatro aparatos estudiados (digestivo, circulatorio, etc.), se vislumbra que la experiencia ha sido muy heterogénea, siendo los aparatos circulatorio y respiratorio los considerados más completos y didácticos en su conjunto, ofreciendo una visión más detallada de cada uno de los órganos, y generando un impacto directo en su aprendizaje.

En este estudio se ha observado que tanto estudiantes como docentes perciben la falta de tiempo como una limitación importante en la implementación efectiva de la planificación curricular. Además, se ha identificado que existen limitaciones en la disponibilidad y adecuación de los recursos didácticos, lo que afecta a la calidad de la enseñanza y el aprendizaje. Asimismo, se ha señalado la necesidad de contar con más órganos y recursos visuales de alta calidad para mejorar la comprensión y la percepción de los contenidos educativos.

A pesar de los resultados obtenidos, el diseño de este estudio presenta algunas limitaciones, como la selección de una muestra específica y la falta de medidas objetivas para evaluar la calidad de los recursos didácticos. Con respecto a la metodología STEM, el uso de estos recursos presenta limitaciones en cuanto a que no aborda todas las disciplinas que la engloba, trabajando conceptos principalmente sobre ciencia, más concretamente la biología.

Para abordar la superación de las limitaciones identificadas en este estudio, se pueden llevar a cabo varias estrategias. En primer lugar, se podría ampliar la muestra de participantes para obtener una muestra más representativa y diversa. Además, se podrían utilizar medidas estandarizadas para evaluar la calidad de los recursos didácticos, lo que permitiría identificar aquellos que son más efectivos y adecuados para la enseñanza y el aprendizaje. Asimismo, se podría promover la creación de más recursos audiovisuales de alta calidad para mejorar la comprensión y la percepción de los contenidos educativos. Por último, se podrían explorar nuevas formas de planificación curricular que permitan optimizar el uso del tiempo y mejorar la calidad educativa en general. Todo esto permitiría superar las limitaciones identificadas en este estudio y mejorar la calidad de la enseñanza y el aprendizaje en el futuro.

Los estudios precedentes que versan sobre los órganos plastinados, coinciden en los resultados obtenidos en nuestra investigación, demostrando que el uso de los órganos plastinados son una alternativa eficaz y satisfactoria para mejorar la del aprendizaje y la enseñanza en biología y anatomía de la ESO, Bachillerato y estudios universitarios, como se refleja en los estudios de Latorre et al. (2007), López Albors et al. (2021) y Nguyen et al. (2019). La satisfacción y el rendimiento académico de los estudiantes han mejorado significativamente con el uso de estos recursos didácticos (Douglas y Glover, 2003; Latorre et al., 2007; López Albors et al., 2021; Nguyen et al., 2019; William y Rae, 2019). Además, los órganos plastinados presentan ventajas sustanciales en términos de seguridad, durabilidad y almacenamiento en comparación con otros materiales utilizados tradicionalmente en la enseñanza de la anatomía (Latorre et al., 2007; Nguyen et al., 2019). Este proyecto sirve como modelo para la disseminación del conocimiento de estos materiales a otros centros de educación secundaria (López Albors et al., 2021) siendo un factor primordial para las instituciones educativas plantearse incorporar estos recursos a sus currículos (Douglas y Glover, 2003; Nguyen et al., 2019).

6. ENLACES

Itinerario formativo del alumnado:

Inglés: <https://view.genial.ly/634f0a76f65bfb0018798756>

Español: <https://view.genial.ly/6311ac9926d30b0010fa9bee>

Cuestionario de motivación: https://docs.google.com/forms/d/1Ut_PTnFBROeoAMmMlsr4Cro-y9ft4BhVViFDzL04IKk/edit

Cuestionarios de satisfacción de los docentes:

- Aparato circulatorio: <https://docs.google.com/forms/d/157ZenzZcnQns-QzRQC0luarZ13PmkQA9H9ZQX1onLeM/edit>

- Aparato digestivo:

https://docs.google.com/forms/d/1uURhPxhzBWqhPe8SHbs_zdZh88i19BOB4Hscngd2r5Y/edit

- Aparato excretor: <https://docs.google.com/forms/d/1nkLR5yhABwgC-g-wQqvAJ-KkrXm71qipu6PSaTXEwGk/edit>

- Aparato respiratorio: <https://docs.google.com/forms/d/1XTSdlpMuyMRGbjv323vo-nkw7M-X5ZrL1D8Yn2VSQ6M/edit>

7. ÉTICA DE LA INVESTIGACIÓN

Todo el alumnado firmó un documento de declaración de consentimiento informado. Igualmente se recogieron declaraciones de consentimiento informado del profesorado participante, las familias y el equipo directivo del centro. Dicha documentación garantiza la protección de los datos de los participantes, les informa sobre el proceso a seguir en la experiencia con los órganos plastinados e indica que pueden dejar de participar en cualquier momento si lo consideran preciso.

8. FINANCIACIÓN O RECONOCIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por la CARM a través del "Programa Regional de Apoyo a la Transferencia y Valorización del Conocimiento y el Emprendimiento Científico 2021" de la Fundación Séneca- Agencia de Ciencia y Tecnología de la Región de Murcia, proyecto de referencia 21673/PDC/21.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aiche, M. (2011). *Enseigner le projet d'architecture: Analyse des pratiques pédagogiques à la lumière des méthodes pédagogiques actives d'apprentissage*. OmniScriptum.

Asinc Benites, E. y Alvarado Barzallo, S. (2019). Steam como enfoque interdisciplinario e inclusivo para desarrollar las potencialidades y competencias actuales. *Identidad Bolivariana*, 13(1), 1-12. <http://bitly.ws/CDLV>

Celis Cuervo, D. A. y González Reyes, R. A. (2021). Aporte de la metodología Steam en los procesos curriculares. *Revista Boletín Redipe*, 10(8), 279-302. <https://doi.org/10.36260/rbr.v10i8.1405>

- Creswell, J. W. (2009). *Research Design. Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Approaches*. s. (V. Knight, Ed.). SAGE Publication Inc. <http://bitly.ws/xfiG>
- Comisión Europea. (2012). *El desarrollo de las competencias clave en el contexto escolar en Europa: Desafíos y oportunidades para la política en la materia*. Informe de Eurydice. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. <http://bitly.ws/CDN4>
- Deci, E. L., Connell, J. P. & Ryan, R. M. (1989). Self-determination in a work organization. *Journal of Applied Psychology*, 74(4), 580–590. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.74.4.580>
- Díaz Loaísiga, J. J. y Guzmán Mercado, S. Y. (2019). *Uso de los medios didácticos para el aprendizaje de las Ciencias Naturales* [Trabajo investigativo de Seminario de graduación para optar al Título de Técnico Superior en Pedagogía con mención en Educación Primaria]. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. <https://bitly.ws/ZYLM>
- Dougherty, D. (2013). *The maker mindset*. In *Desing, make, play*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203108352>
- Douglas, C. & Glover, R. (2003). Plastination: Preservation Technology Enhances Biology Teaching. *The American Biology Teacher*, 65(7), 503–510. <https://doi.org/10.2307/4451549>
- Henry, R., von Hagens, G. & Seamans G. (2019) Cold temperature/Biodur®/S10/von Hagens'—Silicone plastination technique. *Anat Histol Embryol*, 48, 532–538. <http://doi.org/10.1111/ah.12472>
- Hernández, S. R., Fernández, C. C. y Baptista, L.P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill. <http://bitly.ws/wxLH>
- Jones, E. A., Jiménez, C. A., Ormeño, P. I. y Poblete, N. A. (2022). Metodologías activas para la enseñanza de programación a estudiantes de ingeniería civil informática. *Formación universitaria*, 15(3), 53-60. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062022000300053>
- Keon, M. (2006). *Carl D. Perkins career and technical education improvement act of 2006*. Washington D.C: Government Publishing Office. <http://bitly.ws/CDPV>
- Latorre, R., García-Sanz, M.P., Moreno, M., Hernández, F., Gil, F., López Albors, O., Ayala, M.D., Ramírez, G., Vázquez, JM., Arencibia, A. y Henry. R.H. (2007). How useful is plastination in learning anatomy? *Journal Veterinary Medical Education*, 34(2), 172-176 <http://doi.org/10.3138/jvme.34.2.172>
- López Albors, O., Gil Cano, F. & Latorre Reviriego, R. (2021). Órganos plastinados como recurso de innovación docente en biología de educación secundaria. *EDUCA. Revista Internacional Para La Calidad Educativa*, 2(1), 86–99. <http://bitly.ws/CD85>
- McMillan, J.H. y Schumacher, S. (2005). *Investigación educativa*. Pearson. <http://bitly.ws/CDL8>
- Nguyen, V.H., Pham, P.T., Joo, K. & Jeter, C.B. (2019) Dental students' and residents' opinions and performance of anatomy learning via cadavers or plastinated specimens. *Journal of Plastination*, 31(1), 6-13. <https://doi.org/10.56507/KMZL8564>
- Noguero, F. L. (2005). *Metodología participativa en la enseñanza universitaria* (Vol. 9). Narcea Ediciones.
- Papert, S. (1987). *Desafío a la mente: computadoras y Educación*. Galápagos.
- Pitt, J. (2009). Blurring the boundaries STEM education and education for sustainable development. *Design and technology education: an international journal*, 14(1), 37-48. <http://bitly.ws/CDQo>
- Reinking, A. & Martin, B. (2018). The gender gap in STEM fields: Theories, movements, and ideas to engage girls in STEM. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 7(2), 148-153. <https://doi.org/10.7821/naer.2018.7.271>

- Santillán Aguirre, J. P., Cadena Vaca, V. del C. y Cadena Vaca, M. (2019). Educación Steam: entrada a la sociedad del conocimiento. *Ciencia Digital*, 3(34), 212-227. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.4.847>
- Suárez-Ramos, J. C. (2017). Importancia del uso de recursos didácticos en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias biológicas para la estimulación visual del estudiantado. *Revista Electrónica Educare*, 21(2), 1. <https://doi.org/10.15359/ree.21-2.22>
- William, S. & Rae, G. (2019). Exciting New Orleans youth with plastinated anatomical specimens. *Faseb Journal: Experimental Biology 2019 Meeting Abstracts*, 33(1), 441.2-441.2. https://doi.org/10.1096/fasebj.2019.33.1_supplement.441.2
- Yakman, G. (2008). STEAM education: An overview of creating a model of integrative education. [Conference]. En *Pupils' Attitudes Towards Technology (PATT-15)*. Salt Lake City, USA. <https://bitly.ws/ZYIU>

INFORMACIÓN SOBRE LOS AUTORES

M.ª Carmen Delgado-Ruiz

Universidad de Murcia

Maestra de Educación Primaria y estudiante del Máster Oficial Interuniversitario en Tecnología Educativa: e-Learning y Gestión del Conocimiento por la Universidad de Murcia.

Rocío Bernal-Sánchez

Universidad de Murcia

Diseñadora Instruccional y estudiante del Máster Oficial Interuniversitario en Tecnología Educativa: e-Learning y Gestión del Conocimiento por la Universidad de Murcia.

Octavio M. López-Albors

Universidad de Murcia

Catedrático de Anatomía y Anatomía Patológica Comparadas. Experiencia en plastinación desde el año 2000, mediante diferentes técnicas: silicona (S10), poliéster (P40) y epoxi (técnicas E12+E1 y E12+E6+E600). Profesor y organizador de los [Seminarios de Plastinación de la Universidad de Murcia](#). Responsable del Grupo de Innovación Docente Anatomía y Embriología Veterinarias. Miembro de la [International Society for Plastination](#) (ISP) desde 2004. [Publicaciones científicas](#).

Rafael Latorre-Reviriego

Universidad de Murcia

Catedrático de Anatomía y Anat Patol Comparadas. Experiencia en plastinación desde el año 1992, mediante diferentes técnicas: silicona (S10), poliéster (P40) y epoxi (técnicas E12+E1 y E12+E6+E600). Profesor y director de los Seminarios de Plastinación de la Universidad de Murcia. Responsable del Grupo de Investigación Anatomía y Embriología Veterinarias de la Universidad de Murcia. Miembro de la International Society for Plastination (ISP) desde 1998. [Publicaciones científicas](#) [[Orcid](#)].



Los textos publicados en esta revista están sujetos a una licencia de Reconocimiento 4.0 España de Creative Commons. Puede copiarlos, distribuirlos, comunicarlos públicamente y hacer obras derivadas siempre que reconozca los créditos de las obras (autoría, nombre de la revista, institución editora) de la manera especificada por los autores o por la revista. La licencia completa se puede consultar en: [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-Compartir por igual 4.0 Internacional](#).