

Del TIC al TAC: Una aproximación al modelado e impresión 3D en educación superior.

JOSÉ JAVIER SANZ GIL*^a

RESUMEN

Introducción: Las dificultades de acceso al material cadavérico, han forzado a los anatomistas a reemplazar en las disecciones el uso de las preparaciones tratadas por el desarrollo de métodos de impresión 3D con modelos de segmentos corporales, utilizando imágenes de Tomografía Computarizada o escáner de superficie; de modo que, en la actualidad y mediante dicha tecnología se pueden realizar réplicas de secciones corporales o de disecciones humanas para aplicarlas con fines docentes en el estudio de la anatomía.

Objetivos: Describir la nueva metodología y estrategias de aprendizaje mediante la incorporación de la impresión y del modelado 3D.

Material y Método: Se presenta una experiencia centrada en la tecnología 3D, aplicada a la creación de réplicas corporales humanas.

Resultados: Este proyecto de innovación nos ha permitido generar un símil de la sección corporal, real y tangible, que conserva exactamente las proporciones y la veracidad morfológica mediante el modelado y la impresión 3D, junto con el análisis de sus posibilidades de aplicación en educación superior universitaria.

Conclusiones: El presente trabajo constituye un ejemplo definitivo de la importancia del paso de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) al TAC (Tecnologías del Aprendizaje y Conocimiento).

Palabras clave: TIC, Tecnologías del Aprendizaje y Conocimiento, Impresión 3D, FreeCAD, Educación, Aprendizaje.

SUMMARY

From ICT to LKT: An approach to modeling and printing 3D on higher education.

Introduction: The difficulties in access to cadaveric material have forced anatomists to replace dissections in the use of preparations treated by the development of 3D printing methods of body segment models using Computerized Tomography images or scans or surface scanners. So that, at present and through this technology can replicate body sections or human dissections to apply them for teaching purposes in the study of anatomy.

Objectives: To describe the new methodology and learning strategies through the incorporation of printing and 3D modeling.

Material and Method: It is presented an experience focused on 3D technology applied to the creation of human body replicas.

Results: This innovation project has allowed us to generate a comparison of body, real and tangible section, which retains exactly the proportions topographical relationships and morphological accuracy by modeling and 3D printing together with the analysis of its applicability in higher education.

Conclusions: The present work constitutes a definitive example of the importance of Information and Communication Technologies (ICT) to step to Technologies for Learning and Knowledge (LKT).

Key words: ICT, Technologies for Learning and Knowledge, 3D printing, FreeCAD, Education, Learning.

Recibido: el 02-11-16, Aceptado: el 01-02-17.

* Profesor de la Facultad de Ciencias de la Salud: Fisioterapia y Enfermería y del Master de Educación Secundaria de la Facultad de Ciencias Sociales y de la Educación, Universidad Camilo José Cela. Madrid, España.

a. Licenciado en Bioquímica (UAM) y Doctor en Ciencias de la Salud (UCJC).

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de innovación tiene como finalidad describir la nueva metodología y estrategias de aprendizaje, mediante la incorporación de la impresión y del modelado 3D a través del programa FreeCAD, dentro de las actividades prácticas de la asignatura de Histología y Anatomía del Grado de Enfermería en una Universidad Privada de la Comunidad de Madrid, con el fin de mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Cabe señalar que este proyecto no sólo se fundamenta en el desarrollo, conocimiento y utilización por parte de los docentes del modelado e impresión 3D; sino que, además, pretende conseguir un aprendizaje autónomo en los alumnos permitiéndoles poder desarrollar modelos de creación de estructuras anatómicas que afiancen sus conocimientos.

De esta manera, se plantea la actividad de la creación de una sección transversal del tercio superior del brazo para su estudio. Es necesario entender que este proyecto no pretende sustituir al docente, a su metodología o a su propia estrategia de aprendizaje de la disciplina. Tan solo consiste en ofrecer un recurso más y que, previsiblemente, permita a los alumnos mejorar su proceso de aprendizaje, conocimiento y generar un aspecto motivador frente a los contenidos propios de la asignatura en estudio.

Fundamento teórico

Podemos definir brevemente a las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) como al conjunto de tecnologías desarrolladas y puestas a disposición de las personas. Estas tecnologías nos permiten realizar distintas y variadas acciones con la información en relación a su almacenamiento, recuperación y manipulación¹. De esta manera, podemos entender cómo las TIC no sólo se han convertido en imprescindibles dentro de la sociedad sino también en su marcada influencia dentro de cualquier ámbito incluido en el ámbito educativo. Así, y mediante su utilización, se permite que cada estudiante tenga la alternativa de planificar y ejecutar su propio estilo de aprendizaje². Por otro lado, es necesario aclarar que las TIC, por sí mismas, no mejoran la educación, no dan ideas, pero sí son recursos que permiten la mejora y la ayuda en la creación de nuevas estrategias y metodologías basadas en las propias necesidades de los alumnos.

Así, y partiendo de estas ideas expuestas, es el momento de establecer una terminología adecuada a la hora de hablar de estas nuevas tecnologías y su

utilización dentro de la educación. Coincidentemente con los estudios de Moya¹, podemos entender que se ha producido el paso de la «Sociedad de la Información» en la que empezamos a manejar las TIC, con la intención de gestionar y acumular la información que se genera, a la «Sociedad del Conocimiento», en la que el manejo de las tecnologías ya no es tanto el acumular y gestionar información, sino que su importancia radica en que esa información se transforma en conocimiento. Por esta razón, las tecnologías deben facilitar el acceso al conocimiento y a su aprendizaje, a partir de lo cual se desprende que las tecnologías propias de la Sociedad del Conocimiento son las TAC (Tecnologías para el Aprendizaje y Conocimiento).

De esta forma podemos señalar que, si entre los problemas de las TIC destaca que el docente no sabe cómo implementarlas en su proceso de enseñanza o carece de las habilidades básicas necesarias para su uso, es en este escenario donde las denominadas TAC entran en juego. Se trata de entender las nuevas tecnologías desde un nuevo punto de vista, no sólo en aprender a utilizarlas y controlarlas, sino exprimir las al máximo para orientarlas en el aprendizaje, formación y conocimiento. Es decir, poder ver qué posibilidades educativas abarcan y cuáles pueden ser sus usos dentro de la educación en general y dentro de las aulas en particular. Por todo ello, con la introducción de las nuevas herramientas, debemos evaluar cómo estas encajan en nuestro plan de estudios, en nuestra metodología didáctica y ver el fondo y no sólo la forma³.

En los últimos años, ha surgido una nueva tecnología emergente, la impresión 3D. Ésta se podría describir como el proceso mediante el cual se fabrican objetos sólidos tridimensionales, de cualquier forma física, en base a un modelo generado digitalmente⁴. La impresión 3D se basa en modelos tridimensionales que definen lo que se va a imprimir mediante un software de modelado. De esta manera, se construye un modelo tangible o prototipo a partir del archivo electrónico, capa tras capa, a través de un proceso de extrusión usando plástico, materiales flexibles o mediante procesos de inyección de un componente aglutinador sobre una fina capa de polvo termoplástico⁵.

Esta nueva tecnología se trata, sin duda, de uno de los mayores avances tecnológicos de los últimos años llegando a conseguir, incluso, que la imaginación y la creatividad puedan hacerse realidad. Por ello, se hace interesante plantearnos hasta qué punto estas TIC pueden llegar a convertirse en TAC, que puedan llegar a los centros educativos y no sólo como un recurso o proceso de cambio sino como un modelo potencial

para el aprendizaje⁶.

Son abundantes las referencias que hacen prever la inmediata incorporación de las impresoras 3D dentro de los centros educativos. De hecho, y como señala el Informe Horizonte²¹ que se hace eco de cuáles serán las tecnologías a adoptar en los próximos cinco años dentro del ámbito educativo, la impresión 3D será una de las tendencias que se adoptarán en la enseñanza superior en un plazo de entre cuatro a cinco años⁴.

Tal y como se puede deducir de dicho informe, son numerosos los partidarios de la incorporación de la impresión 3D dentro de los sistemas educativos, aunque es también necesario basar su incorporación en alguna razón convincente que permita conocer su potencial, su alcance y su finalidad dentro del sistema.

Así y de esta forma, a través de réplicas impresas en 3D, se puede facilitar el acceso a elementos de forma fácil y sencilla tales como a partes de la anatomía animal u objetos frágiles como fósiles, permitiendo a los estudiantes manipular libremente estas réplicas para complementar sus conocimientos. En pocos años, las impresoras 3D pasarán a ser un dispositivo más. Junto al portátil, las pantallas y el sistema de audio, formarán parte del mobiliario imprescindible del aula⁷.

En la actualidad, dicha tecnología va siendo implementada en el aula, generándose elementos tridimensionales y físicos creados por los propios alumnos facilitando al estudiante a la apertura de un mundo de posibilidades no sólo en relación al conocimiento sino también en relación al aprendizaje. Así, la educación 3D puede ser la herramienta para pensar aquello «que quieres» y «cómo lo quieres», para materializar ideas y visualizar lo que se imagina en la realidad, para comprobar los diseños y prototipos generados, para la visualización del proceso de producción, para la toma de decisiones y ver los resultados y, en definitiva, para la personalización y fomento de la creatividad.

Son muchos los programas para modelar que permiten llevar a la práctica la impresión 3D. De hecho, en el modelado 3D se incluye una amplísima gama de herramientas a muy diferentes niveles, con usos y aplicaciones que van desde lo biomédico hasta el cine, pasando por la arquitectura, la ingeniería, los videojuegos o la ciencia; lo que hace que podamos encontrar programas de muy diversos tipos: Blender, Sketch-Up, 3D-Tin, Tinkercad, FreeCAD y OpenSCAD⁸.

De todos ellos, y coincidentemente con García⁹, uno de los programas más idóneos para trabajar en educación es el llamado FreeCAD, ya que es un programa que permite crear diseños en 2D y 3D de forma gratuita y simple, realizando funciones muy similares a

las del avanzado AutoCad. Presenta soporte para los principales sistemas operativos, muy completo y, además, existen infinidad de tutoriales de cara a la propia utilización del modelado lo que favorece una utilización pausada, sencilla y simple para su posterior aprendizaje y utilización efectiva.

Marco empírico

Como ya señaló Mendoza¹⁰, «Hay tres modos de estudiar la anatomía, ya en los libros, ya en el cadáver o ya a beneficio de las figuras imitadas en láminas, cera...».

En los últimos tiempos, la docencia para los cursos de anatomía se ha visto seriamente afectada por el menguado acceso al material cadavérico debido a la legislación nacional vigente⁴.

Esta situación ha forzado a los anatomistas a enfrentar de una manera distinta el desarrollo de sus programas. Así, en la mayoría de los cursos de anatomía se ha reemplazado la disección tradicional por la prospección de material cadavérico y el uso de preparaciones tratadas con diversos métodos de conservación (parafinado o plastinado). A esto, se ha agregado la utilización cada vez más frecuente de modelos anatómicos, elementos de alto costo que pretenden imitar a las preparaciones cadavéricas¹¹.

Ciertamente, no se puede pretender enseñar los temas anatómicos, al nivel de desempeño requerido para las carreras de medicina u odontología, sólo con preparaciones de segmentos corporales, modelos o fantasmas. La utilización de estos recursos docentes muestra a los estudiantes una realidad sesgada, inexacta y ficticia.

En la década pasada, Pommert et al.¹² y más recientemente Shin et al.¹³, lograron crear, a partir de imágenes fotográficas de secciones transversales de un cuerpo humano, una reconstrucción virtual 3D que permite visualizar y reconocer los diferentes órganos y sistemas corporales. Este recurso computacional, sin duda, ofrece amplias aplicaciones en la docencia de la anatomía humana; pero mantiene el sesgo de la conceptualización volumétrica, resultando muy útiles para el profesional que ha tenido experiencia en la proyección o disección de un cuerpo humano, quien puede entonces hacer fácilmente la extrapolación al sujeto vivo. Sin embargo, para el novel alumno de las carreras del área médica, la resolución del problema de la realidad volumétrica persiste y no será resuelta hasta que el aprendiz se enfrente, aunque sea por una vez, al objeto real y tangible.

En el último tiempo, se han desarrollado métodos

de impresión estereolitográfica de modelos de segmentos corporales utilizando imágenes de Tomografía Computarizada¹⁴ o escáner de superficie¹⁵; de modo que existe la tecnología para poder realizar réplicas 3D de secciones corporales o de disecciones humanas para aplicarlas con fines docentes. De hecho, recientemente esta tecnología se está incorporando al pabellón de anatomía¹⁶. En este trabajo presentamos nuestra experiencia mediante la tecnología de impresión 3D aplicada a la creación de réplicas de secciones corporales humanas.

Objetivos

Los objetivos que se pretenden lograr con la realización del presente proyecto de innovación son los siguientes:

- Incorporar la impresión y del modelado 3D a las actividades prácticas de la asignatura de Histología y Anatomía del Grado de Enfermería en una Universidad Privada de la Comunidad de Madrid.
- Fomentar la utilización de la impresión 3D como recurso educativo.
- Dar a conocer y potenciar el programa FreeCad como herramienta de software libre y educativo de modelado en 3D.
- Potenciar su utilización y aplicación en el proceso de enseñanza–aprendizaje gracias a su incorporación a la asignatura de Anatomía.

El trabajo, meramente descriptivo, busca compartir la implementación de modelado e impresión 3D en un curso de anatomía. Con la puesta en práctica de dicha experiencia se abre una puerta a la utilización de la impresión 3D como un elemento de ayuda al proceso de enseñanza–aprendizaje. Se podrá, con ello, aprender a diseñar de una forma lúdica diferentes elementos u objetos imaginados o reales que permitan darle al alumnado una visión más realista, obteniendo así un aprendizaje mucho más significativo.

Por tanto, la impresión 3D no debe estar basada en el uso exclusivo de una asignatura, como es la de programación, sino que su utilización puede llegar a ser global dentro del sector y de la comunidad educativa. Por todo ello, se trata que con la impresión 3D se

puedan mejorar diseños, estrategias y materiales didácticos y pedagógicos que permitan mejorar y mantener una enseñanza de calidad para poder crear diferentes materiales o diseños permitiendo crear una enseñanza adaptada a las necesidades de nuestros estudiantes.

La metodología que se va a seguir para desarrollar la actividad, es la denominada SAMR. Son las siglas en inglés del proceso que se debería seguir para mejorar la integración de las TIC en el diseño de actividades (Substitution, Augmentation, Modification, Redefinition). Dicha forma de evaluar la integración de tecnologías al aula se justifica en la necesidad de mejorar la calidad de la enseñanza y garantizar un sistema de promoción social que garantice la equidad¹⁷.

Se basa en un modelo de dos capas, cada una de ellas con cuatro niveles:

- Mejora:
 - Sustitución: La tecnología se aplica como un elemento sustitutorio de otro preexistente, pero no se produce ningún cambio metodológico.
 - Aumento: La tecnología se aplica como un sustituto de otro sistema existente, pero se producen mejoras funcionales.
- Transformación:
 - Modificación: A través de las tecnologías se consigue una redefinición significativamente mejor y adecuada de las tareas, produciéndose un cambio metodológico basado en las TIC.
 - Redefinición: Se crean nuevos ambientes de aprendizaje, que mejoran la calidad educativa y que sin su utilización serían impensables.

Dicha metodología proporciona una integración completa de la tecnología, pasando desde una simple sustitución hasta una compleja redefinición. De esta manera, la tecnología proporciona oportunidades para crear cosas que no serían posibles sin el uso de ésta. El objetivo es que, a través de las actividades, los alumnos creen contenido y aprendan en un ambiente rico en tecnología, con la oportunidad de aplicar sus habilidades de pensamiento crítico¹⁸.

Para integrar este modelo y conseguir llegar a la redefinición, se deben plantear una serie de preguntas, que se muestran en la Figura 1.

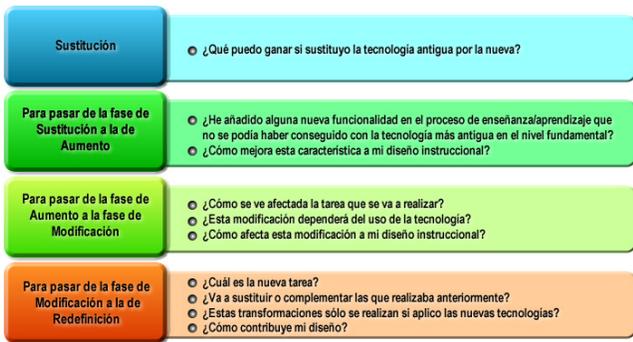


Figura 1. Diseño de experiencias de aprendizaje: el modelo SAMR. Extraído de Sesma¹⁹.

MATERIAL Y MÉTODO

El presente proyecto de innovación se planteó principalmente, dentro de las actividades prácticas de la asignatura de Histología y Anatomía, formándose tres grupos de trabajo diferentes; con el único objetivo de llevar a cabo la creación de una sección transversal del tercio superior del brazo para su estudio posterior, mediante la incorporación de la impresión y del modelado 3D a través del programa FreeCAD. Dicha actividad se llevó a cabo dentro de las actividades prácticas de la asignatura de Histología y Anatomía.

Para la adquisición y procesamiento de imágenes del proyecto de innovación, se utilizó una sección transversal de una sección plastinada del tercio distal del brazo humano. Dicha sección plastinada de brazo fue escaneada en su superficie con el equipo Go!Scan 3D, con una precisión de 0,1 mm, recorriendo todas las superficies del corte fotografiándose sus caras proximal y distal con una cámara Nikon D7000, para posteriormente pasar a la impresión 3D.

Se exploraron varias alternativas de impresoras existentes en el mercado para seleccionar la más adecuada para cada caso, seleccionándose la impresora Projet 660 Pro, por la capacidad de fabricar detalles de 0,1 mm, para la impresión de las proyecciones del brazo plastinado.

El resultado de la impresión 3D de la sección de brazo exhibe una alta similitud y proporcionalidad con el objeto real, llamando la atención que el post proceso de registro 3D logra una alta capacidad de reproducir la textura del corte.

RESULTADOS

Si bien el sólido conocimiento anatómico forjado

en el trabajo práctico con un material cadavérico constituye la mejor forma para que el aprendiz logre un buen desempeño en el examen clínico de sus pacientes y disponga en la práctica de procedimientos eficientes y seguros, la utilización de diferentes recursos tecnológicos para el registro y creación de modelos 3D mediante el escaneo de superficie y la realización de tomografías puede ser un método sustitutivo e innovador, ya que como hemos señalado en la presente experiencia, es posible crear réplicas de secciones transversales de distintos segmentos corporales mediante dicha tecnología²⁰.

Asimismo, y tras la realización de la experiencia, la fidelidad volumétrica de las réplicas obtenidas es notable, un tema relevante para el aprendizaje de la anatomía seccional. Para el experto, la extrapolación desde la imagen computacional al sujeto vivo resulta fácil, por la experiencia de los cursos de anatomía con preparados cadavéricos y por la vivencia clínica.

DISCUSIÓN

Actualmente, en nuestro país están disponibles modelos plásticos de alto costo, desarrollados como respuesta a la evidente escasez de muestras de secciones cadavéricas. Sin embargo, estos modelos anatómicos no logran una adecuada fidelidad con la realidad en términos de formas, colores, tamaños y detalles anatómicos, características que resultan fundamentales para el aprendizaje de la anatomía seccional¹¹. De esta manera, con la réplica física se cuenta con un símil de la sección corporal, real y tangible, que conserva exactamente las proporciones, las relaciones topográficas y la veracidad morfológica. Por otro lado, esta solución permitiría la accesibilidad a la realidad humana evitando los conflictos de disponibilidad, bioseguridad, culturales y religiosos que pudiesen presentarse, sin ir en desmedro de la formación del estudiante y/o profesional, al contar con una réplica exacta, evitando el sesgo hacia una realidad burda y ficticia de los modelos anatómicos. Por sus características, estas herramientas docentes permitirán la transferencia del conocimiento anatómico desde las réplicas anatómicas al reconocimiento práctico de estructuras, beneficiándose con este material didáctico los alumnos de las carreras del área médica, quienes serán los futuros usuarios de estas técnicas imagenológicas de amplia difusión.

Por otra parte, la importancia de la innovación generada a lo largo de este proyecto ha supuesto un

aprendizaje autónomo, ya que se ha permitido que no sólo los docentes sino también los propios alumnos, desarrollen un aprendizaje novedoso e individual, dejando abierta la posibilidad de realizar un aprendizaje colaborativo, ya que esta tecnología puede permitir además que se desarrollen estrategias de aprendizaje cooperativas y colaborativas. Mediante esta forma de trabajo, ellos son el centro de su propio aprendizaje, realizándolo de una forma lúdica y positiva, lo que hace que potencie la imaginación y la creatividad.

Si bien esta tecnología no está específicamente diseñada para el mundo educativo, ésta puede convertirse en un verdadero potencial de aprendizaje y considerarse como un recurso importante para ayudar a los estudiantes a mejorar y a fortalecer sus propias necesidades. Por otra parte, se debe recordar que esta tecnología no sustituye a ninguna otra y tan sólo pretende que los docentes puedan tener una amplia gama de recursos para que puedan elegir entre todos ellos, así como las actividades o estrategias que se consideren pertinentes. De esta forma, mediante su utilización, se permite realizar objetos que no era posible hacer anteriormente, ya que para pasar de un diseño en la computadora a un objeto físico no había una forma directa de hacerlo. En definitiva, ahora se puede diseñar algo y tenerlo en pocas horas. Para piezas de herramientas o máquinas hechas a medida, como pueden ser útiles de laboratorio, maquetas y prototipos, ahora es posible automatizar su construcción. Así, y en un contexto educativo, esta tecnología significa dar herramientas a los docentes y estudiantes para construir objetos físicos a bajo costo, liberando sus ideas y energías. Si bien la «teoría» es necesaria, «hacer» es lo que realmente enseña, y mediante esta

herramienta se podrán hacer muchas más cosas a un bajo costo y sin cometer errores.

Por otro lado, esta tecnología permite pasar fácilmente del plano abstracto del diseño al plano físico de objetos reales, ya que hasta el momento un diseño CAD, ya sea 2D o 3D, sólo podía visualizarse en papel o en 2D. Ahora, para muchas situaciones es posible imprimir el objeto y tenerlo en las manos, probar físicamente si funciona con otras partes y hacer prototipos para validar una idea o concepto, realizando las iteraciones necesarias para optimizarlo, permitiéndose así hacer cosas imposibles. Es una actividad lúdica, ya que se permite pasar de la abstracción a la realización física.

CONCLUSIONES

Podemos concluir que esta tecnología es adecuada para un aula, ya que se ha solucionado el problema de las impresoras al ser éstas más pequeñas, limpias y silenciosas, aparte de convertirse en asequibles respecto a su adquisición, mantenimiento y operación. Si bien sería deseable que pudieran imprimir más rápidamente o con aún una mayor precisión, ya son útiles y con su utilización se facilita el trabajo cooperativo distribuido, siendo por otro lado una tecnología aplicable a casi todas las disciplinas, incorporándose en numerosas disciplinas. Así por ejemplo, y en el área sanitaria, tenemos en medicina y biología varios ejemplos en la recreación de órganos, huesos, partes ortopédicas, piezas de paleontología y arqueología, junto con la recreación de fósiles, replicación de objetos, duplicación de objetos históricos e inclusive cambiando la escala del objeto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Moya M. De las TICs a las TACs: la importancia de crear contenidos educativos digitales. *Revista DIM* 2013; 27: 1-15.
- Ávila E. Las Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación como herramientas necesarias en la formación profesional de los estudiantes universitarios. *Revista online Etica.net*. Disponible en: http://www.ugr.es/~sevimeco/revista-eticanet/Numero1/Articulos/Las_TIC_como_herramienta.pdf [Consultado en octubre de 2016].
- Santos D. TICs y TACs: Un Paso Necesario. Disponible en: <https://www.examtme.com/es/blog/tics-y-tacs/> [Consultado en octubre de 2016].
- Johnson L, Adams S, Estrada V, Freeman A. NMC Horizon Report: 2014 Higher Education Edition. Austin, Texas: The New Media Consortium. Disponible en: <http://cdn.nmc.org/media/2014-nmc-horizon-report-he-EN-SC.pdf> [Consultado en octubre de 2016].
- Johnson L, Adams S, Estrada V, Freeman A. NMC Horizon Report: 2014 Higher Education Edition. Austin, Texas: The New Media Consortium. Traducción realizada por Universidad Internacional de la Rioja y su Cátedra UNESCO en eLearning. Disponible en: <http://www.puce.edu.ec/documentos/pucevirtual/2014-Horizon-Report.pdf> [Consultado en octubre de 2016].
- TerraMeddia. Introducción a las impresoras 3D. Disponible en: <http://blog.medianet.com/es/introduccion-a-las-impresoras-3d> [Consultado en octubre de 2016].
- Pérez M. La impresión 3D como recurso educativo. Disponible en: <http://blogthinkbig.com/impresion-3d-recurso-educativo/> [Consultado en octubre de 2016].
- Dans E. Modelado 3D: un panorama confuso. Disponible en: <http://www.enriquedans.com/2013/04/modelado-3d-un-panorama-confuso.html> [Consultado en octubre de 2016].
- García J. Alternativa gratuita a AutoCad, FreeCAD. Disponible en: <http://www.zonainformatica.org/5434/alternativa-gratuita-a-autocad-freecad/> [Consultado en octubre de 2016].
- Hurtado de Mendoza M. Tratado elemental completo de anatomía general o fisiológica; de anatomía especial o descriptiva; de anatomía de regiones quirúrgica, y de anatomía patológica o médica, con arreglo al estado actual de esta ciencia y progresos que ha hecho en estos últimos años. Tomo I. Madrid: Editorial García; 1829.
- Inzunza O, Salgado G. Evaluaciones Prácticas Objetivadas en Anatomía. Diferencias de Rendimiento en Preguntas Realizadas en Modelos, Preparaciones Anatómicas y Cadáveres. *Int. J. Morphol.* 2011; 29(2): 490-495.
- Pommert A, Heinz C, Pflesser B, Richter E, et al. Creating a high-resolution spatial/symbolic model of the inner organs based on the Visible Human. *Medical Image Analysis.* 2001; 5(3): 221-228.
- Shin D, Park J, Shin B, Chung M. Surface models of the male urogenital organs built from the Visible Korean using popular software. *Anat Cell Biol.* 2011; 44(2): 151-159.
- Knox K, Kerber C, Singel S, Bailey M, Imbesi S. Rapid Prototyping to Create Vascular Replicas From CT Scan Data: Making Tools to Teach, Rehearse, and Choose treatment strategies. *Catheterization and Cardiovascular Interventions.* 2005; 65: 47-53.
- Hatamleh M, Watson J. Construction of an Implant-Retained Auricular Prosthesis with the Aid of Contemporary Digital Technologies: A Clinical Report. *Journal of Prosthodontics.* 2013; 22: 132-136.
- McMenamin P, Quayle M, McHenry C, Adams J. The production of anatomical teaching resources using three-dimensional (3D) printing technology. *Anat Sci Educ.* 2014; 7: 479-486.
- Vallejo C. Monográfico: Introducción de las tecnologías en la educación. Disponible en: <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/fr/cajon-de-sastre/38-cajon-de-sastre/1092-monografico-introduccion-de-las-tecnologias-en-la-educacion> [Consultado en octubre de 2016].
- Gandol F. Modelo SAMR impacto tecnología en aprendizaje. Disponible en: <http://hezkuntza.blog.euskadi.eus/blog/2014/03/25/disenode-experiencias-de-aprendizaje-el-modelo-samr/> [Consultado en octubre de 2016].
- Sesma S. Diseño de experiencias de aprendizaje: el modelo SAMR. Disponible en: <http://hezkuntza.blog.euskadi.net/blog/2014/03/25/disenode-experiencias-de-aprendizaje-el-modelo-samr/> [Consultado en octubre de 2016].
- Trujillo C. Diseño 3D con Freecad. Disponible en: <http://ieshuelin.com/huelinwp/2015/01/disenode-3d-con-freecad/> [Consultado en octubre de 2016].
- Informe Horizon 2013 Primaria y Secundaria. Tecnologías 1 a 5 años. Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado. Disponible en: <http://blog.educalab.es/intef/2013/06/24/informe-horizon-2013-primaria-y-secundaria-tecnologias-1-a-5-anos/> [Consultado en octubre de 2016].

Dirección del autor:

José Javier Sanz Gil

Departamento de Enfermería,

Facultad de Ciencias de la Salud,

Universidad Camilo José Cela.

Villanueva de la Cañada.

Madrid, España.

E-mail: jj sanz@ucjc.edu