

DIDÁCTICA DE LA INTRODUCCIÓN Y USO DE SIMULADORES HÁPTICOS CON ENTORNOS 3D EN LA DOCENCIA ODONTOLÓGICA

**Coro Montanet, Gleyvis¹. Suárez García, Ana². Gómez Sánchez, Margarita³.
Gómez Polo, Fernando⁴.**

¹. Departamento de Odontología de Adultos. Facultad de Ciencias Biomédicas. Universidad Europea de Madrid. Dirección Postal: Avenida del Manzanares 152, Bajo A. Madrid. email:

gleyvis.coro@uem.es

². Directora de Departamento de Odontología de Adultos. Facultad de Ciencias Biomédicas. Universidad Europea de Madrid. Dirección postal: email: ana.suarez@uem.es

³. Directora de Departamento de Prótesis y Odontología Infantil. Facultad de Ciencias Biomédicas. Universidad Europea de Madrid. Dirección postal: email: margarita.gomez2@uem.es

⁴. Departamento de Odontología de Adultos. Facultad de Ciencias Biomédicas. Universidad Europea de Madrid. Dirección postal: email: fernando.gomez2@uem.es

Resumen. Ante el reto de introducir simuladores de última generación, con tecnología háptica vinculada a entornos de realidad virtual en la docencia odontológica, se diseñó un proyecto transversal, por fases, para las asignaturas Odontopediatría I y II y Odontología Restauradora II, de la titulación donde, según criterio de expertos, el simulador podría tener mejor aprovechamiento educativo. Con base en la metodología de investigación acción, se llevó a cabo un estudio cualitativo, exploratorio y descriptivo, basado en la creación de una comunidad de prácticas, constituida por una muestra de 22 docentes, de una población de 45 profesores que aplicaban el entrenamiento simulado. La recogida de evidencias mediante observación, entrevistas en profundidad, diarios reflexivos, registros audiovisuales y la comparación, el contraste, el análisis y la sistematización de los datos aportados por la muestra, permitió elaborar el presente informe que reúne los resultados obtenidos en la fase inicial (de diagnóstico) en cuanto a los elementos didácticos que deben orientar el uso de la nueva tecnología.

Palabras clave: Interfaz háptica, Realidad virtual, Educación dental, Aprendizaje interactivo, Ergonomía, Didáctica

INTRODUCCIÓN

El perfil de egresado en odontología, se corresponde con el de un profesional en diario desempeño quirúrgico, que debe desarrollar maniobras y protocolos invasivos, ejecutar acciones en campos operatorios reducidos, mal o poco iluminados, plagados de microorganismos –cepas de flora natural o no- con instrumentos punzantes, lacerantes, movidos a velocidades que llegan a alcanzar entre 100 000 y 500 000 rpm. Ante la diversidad y complejidad formativa descrita, la solución didáctica –e histórica- que encontraron las academias odontológicas para asegurar aprendizaje significativo del aprendiz y la mayor protección al paciente que en la fase clínica sería atendido por el aprendiz, fue la aplicación preclínica de métodos de ejercitación que recrearan la realidad mediante el entrenamiento con diversos tipos de técnicas de simulación (método del caso, juego de roles) y simuladores físicos instalados en espacios que imitaran a las clínicas (Núñez, Taleghani, Wathen & Abdellatif, 2012).

Urgía acortar, mediante simulación previa, la brecha existente entre la teoría y la práctica.

Así, las facultades de Odontología se avituallaron con simuladores; constituidos al principio por objetos inertes: modelos de resina y plástico que imitaban los maxilares superior e inferior, posteriormente insertados en un muñeco de apariencia humana, que adoptaba posiciones comunes a las del paciente reclinado en el sillón dental.

Finalmente, a los maniqués se les acoplaron sistemas de aspiración e instrumental rotatorio, jeringas de agua y aire y demás instrumentos dentales verdaderos, lo que mejoró la sensación de realidad experimentada por el alumno y le preparó mejor de cara a su ulterior desempeño clínico en escenarios reales.

Con todo, y el desarrollo de las nuevas tecnologías y la aparición de una nueva brecha entre el aprendizaje con modelos inertes y reproducciones sintéticas -nada semejantes a las estructuras orales-, se impuso la necesidad de buscar mejores alternativas.

Lo que se hizo más accesible en la medida en que se desarrollaban los sistemas operativos de los ordenadores, los teléfonos y las tabletas inteligentes y las nuevas generaciones se hacían de un lenguaje neoconformado por códigos cada vez más digitales y más vinculados a terminales con interfaces que les permitían interactuar con los aparatos mediante manualidades (Hung, 2001 y Hung & Chen, 2001).

Cristian Luciano, Banerjee & DeFanti (2009), repasaron la evolución tecnológica de los simuladores médicos y odontológicos y relacionaron una lista de progreso de simuladores que marcaron hitos y que parten desde los modelos DSEplus (comercializados por KaVo) e implementados por sistemas neumáticos, con módulos de agua y de succión, pasa luego por los primeros modelos asistidos por ordenador, como el DentSim (desarrollado por DenX Ltd) conformado por un maniquí conectado a dos computadoras a través de una cámara de infrarrojos acoplada a la pieza de mano. Y termina en los modelos hápticos, considerándolos la última generación, asistida por tecnología de punta.

A juicio de este investigador (Luciano et al., 2006) y de Boer, Bakker, Wesselink & Vervoor (2012), los modelos hápticos son mucho más rentables para el estudiante, toda vez que solucionan la necesidad de invertir en modelos e instrumentos rotatorios físicos. Y, finalmente, contribuyen a la sostenibilidad económica y ambiental de las universidades, aportando al aprendiz el valor añadido de trabajar en entornos patológicos.

Un simulador háptico o con interfaz háptica incorporada, consiste en un elemento tecnológico que reproduce, con alto nivel de fidelidad, la sensación del tacto que el operador experimenta con los objetos reales, sin estar en contacto físico con elementos reales.

Entre los simuladores más conocidos de este tipo, Luciano et al., citan (2006: 71):

- Virtual Reality Dental Training System (VRDTS), desarrollado por Novint Technologies en colaboración con la Escuela de Medicina Dental de la Universidad de Harvard. Con un software que simula un solo molar con sus tejidos dentarios (esmalte, dentina, pulpa y tejido carioso) un conjunto de instrumentos dentales como el micromotor, el explorador, excavadores y materiales como la amalgama y cementos cavitarios.
- Iowa Dental Surgical Simulator (IDDSS), proyecto conjunto entre la Facultad de Odontología de la Universidad de Iowa y GROK Lab, en que se podía sentir las características tácticas del esmalte, la dentina sana y cariada.

- 3DDental, comercializado por SimuLife, diseñado para proporcionar sensación táctil similar a la real durante el sondeo de la caries, la perforación o el relleno de cavidades.
- Simulador dental hápticamente habilitado (desarrollado por Montgomery, Herbranson, & Brown, 2005), con dientes obtenidos mediante escaneo previo con micro-CT y fotografías de alta resolución para generar un diente 3D que proveyera al usuario de una sensación o retorno táctil bastante similar al que se experimenta cuando se realiza una preparación cavitaria.
- Simulador dental que combinaba el modelado tridimensional (mediante mallas poligonales) con la interacción háptica (Kim & Parque, 2006), dispuestos para el sondaje dental, el diagnóstico de, la realización de preparaciones cavitarias lesiones

Otros estudios revisados abordan la generación de modelos que explotan la realidad virtual, como los de DentSim System (Buchanan, 2004) y háptica y de VR (Virtual Reality), como el PerioSIM de la Universidad de Illinois (Luciano et al., 2009), más otros estudios que describen la aplicabilidad de combinar programas simulados de realidad virtual con una interfaz de retroalimentación háptica -PHANToM Omni haptic device, desarrollado por SensAble Technologies Inc.-. Esto es un dispositivo háptico tridimensional, tipo lápiz, que le permite al usuario sentir una retroalimentación sensitiva muy realista cuando toca objetos generados por ordenador (Rhienmora, Haddawy, Khanal, Suebnukarn, & Dailey, 2010)

1.2. Moog Simodont Dental Trainer (Simodont)

Estos modelos de simuladores comenzaron a usarse por el Academic Centre for Dentistry Amsterdam (ACTA) desde septiembre de 2010 como finalización de un estudio experimental que había comenzado un año antes en un pequeño laboratorio, donde fueron instaladas las 6 primeras unidades (Boer et al., 2012).

Los equipos actuales han evolucionado hacia un diseño que consta de una columna principal ergonómica, en cuya mitad superior se disponen un campo háptico (interfaz háptica) con elementos de uso manual y, sobre este campo, una pantalla de proyección en 3D, ambos escenarios situados en el lugar donde normalmente se ubica la cabeza del paciente.

El entorno virtual de tercera dimensión (Visor 3D), requiere del uso de gafas anaglíficas negras para que el operador perciba la profundidad de la imagen (diente, arcada u objeto de ejercitación para aprendices). El operador se sumerge, entonces, en una bóveda multipantallas y de desarrollo de capacidades visuales, habilidades manuales y sensaciones auditivas -se hace acompañar por un módulo acústico que reproduce, con volúmenes ajustables al gusto, el sonido de los aparatos reales-, y desarrolla fundamentales sincronismos entre mano rectora y pie que regula la velocidad del taladro acoplado, para su control, a un pedal de pie. Maniobras que reproducen, con alto grado de semejanza, la situación clínica real que desempeñará luego con el paciente odontológico en la clínica, con el valor añadido de que, con Simodont -en consonancia con los simuladores que vinculan VR con una interfaz háptica-, no hay gasto de fresas, ni de agua, no sufren los rotores de las piezas de mano despenándose contra la consistencia incómoda de los dientes de plástico.

La interacción manual sensitiva con el campo háptico, se acompaña de la visualización de la pantalla 3D y se combina con la visualización/interacción con el panel o pantalla táctil -sostenido por un brazo de acople que sale del lado izquierdo de la columna matriz- y que queda a la derecha del operador. Pantalla que, además de servir como

terminal de integración usuario/courseware para manejar lo háptico y lo virtual, permite que el mismo operador sea evaluado mediante el desarrollo de casos que incluyen preguntas; requiere la cumplimentación de respuestas de desarrollo que pueden ser grabadas y le brinda feedback magnificado –en forma de vídeo- al docente entrenador en simulación (Boer et al., 2012).

Los materiales de simulación y formación están acoplados al ordenador (los softwares de maniobras se corresponden con guiones de casos donde se aportan imágenes complementarias y ejercicios de comprobación de conocimientos en cuanto a protocolos de actuación), lo que permite integrar la formación teórica con la práctica.

También, para el desarrollo de las habilidades iniciales de control muscular, regulación de presión y extensión de corte, se han diseñado unos prototipos de cubos virtuales con zonas dispuestas para desgaste y zonas de peligro que deben conservarse y que otorgan una puntuación que evalúa la destreza manual del estudiante que necesita desarrollar las primeras destrezas básicas (Boer et al., 2012).

Estos procedimientos de ejercitación inicial, repiten las características de sensación táctil similar al trabajo de carácter avanzado –mayor grado de dificultad- en los dientes virtuales. Y permiten satisfacer principios ergonómicos esenciales para la capacitación integral del estudiante, mediante la asimilación más fidedigna de su rol de operador, desde edades formativas tempranas.

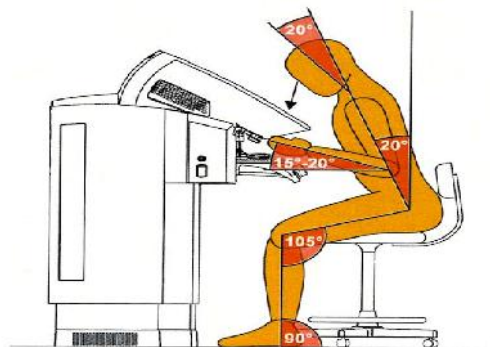


Figura 1. Posición óptima del operador durante el uso de Simodont. Imagen cedida por Moog, mediante permiso escrito.

Un factor importante en Simodont, viene a ser su intención de desarrollar la ergonomía física (Figura 1), en tanto favorece la adaptación anatómica, antropométrica y biomecánica del usuario a la máquina, mediante una columna central ajustable en altura y torso del usuario y una ubicación dinámica de las interfaces virtual y háptica. Pero otros aspectos de ergonomía cognitiva, entendida como el acoplamiento de los procesos mentales (percepción, razonamiento, memoria, respuesta motriz y, finalmente, aprendizaje significativo) facilitan la relación usuario-máquina-ambiente, constituyendo este un campo a explorar por la didáctica, toda vez que, en el uso de elementos de simulación de vanguardia, se entrelazan tareas cognitivas como la búsqueda de información, la interpretación de la misma, la toma de decisiones por parte del usuario y la solución de problemas (Cañas & Waern, 2001).

De forma análoga al anterior enfoque de orden psicopedagógico, los conceptos modernos en simulación biomédica, apuntan a la combinación de estrategias proactivas con los diversos recursos tradicionales y tecnológicos de punta, de manera que

homologuen, de la forma más fidedigna posible, las situaciones simuladas con las reales.

Según Diekmann (2009) todo entrenamiento en simulación debe constituir, de base, un contrato de ficción entre alumno, docente y simulador durante un ejercicio de asimilación que debe ser regulado, estudiado y perfeccionado. De manera que en las prácticas simuladas modernas, se plantea un diseño por fases -Aportación de información/Práctica de Simulación/Debriefing/Seguimiento- (Pales & Gomar, 2010).

Con el fin de determinar convergencias y aplicaciones didácticas entre constructos que trazan pautas paralelas en la introducción de lo tecnológico en lo educativo, es que se realizó la presente investigación.

2. OBJETIVO

Identificar las principales prestaciones educativas que aporta la introducción de simuladores con tecnología de vanguardia en la docencia odontológica.

3. MATERIAL Y MÉTODO

Se diseñó un proyecto transversal, por fases, para las asignaturas de la titulación odontológica donde, según criterio de expertos, un simulador de última generación podría tener mejor aprovechamiento educativo.

Con base en la metodología de Investigación Acción, se llevó a cabo un estudio cualitativo, exploratorio y descriptivo, mediante la creación de una comunidad de prácticas, con una muestra de 22 docentes, de una población de 45 profesores que aplicaban el entrenamiento simulado en las asignaturas Odontopediatría I y II y Odontología Restauradora II.

La puesta en común de criterios sobre simulación con tecnología de punta, se realizó con el objetivo de estandarizar criterios sobre un tema prácticamente inexplorado en el ámbito formativo en odontología.

A la muestra docente seleccionada, se le citó para un contacto inicial práctico con 3 simuladores Simodont, desarrollados por Moog y ACTA (Figura 2).



Figura 2. Simodont

Se estableció –previa consulta con estudios similares y consenso del grupo investigador- un mínimo de 30 minutos de entrenamiento. La recogida de evidencias sobre la utilidad educativa del simulador, se realizó mediante observación, entrevistas en profundidad, diarios reflexivos, registros audiovisuales y se empleó la comparación y el análisis para la sistematización de los datos aportados por la muestra.

4.DISCUSIÓN Y RESULTADOS

Dieckmann (2009) plantea el aprendizaje simulado como el proceso interactivo entre profesor y alumno, con la mediación del simulador. Pero cuando el simulador tiene características técnicas interactivas, e interfaces múltiples, el proceso se complejiza y enriquece. De ahí la importancia -evidenciada en los datos recogidos en el presente estudio-, de que el instructor de simulación sea perspicaz para no desperdiciar ninguno de los valores añadidos del simulador y crear oportunidades de aprendizaje significativo. Esto es, que un profesor oriente el aprendizaje en el sentido del aprovechamiento de las oportunidades fundamentales y las adicionales del simulador. Puesto que, como también apunta Dieckmann (2009), mientras más cómodos se sientan instructor y aprendiz con el simulador, menos asustados o tensos estarán durante el escenario.

En esta investigación, la trascendencia educativa de Simodont fue altamente valorada por la muestra docente, lo que señala la importancia de dominar los principios didácticos y cognitivos que rigen el uso del aparato.

Tras la puesta en común de conceptos y análisis de estrategias aportadas por el grupo de docentes consultados, se evidenció la necesidad de establecer vínculos entre los constructos que orientan el ejercicio simulado y la ergonomía cognitiva cuando los aparatos de simulación son de naturaleza compleja.

La Figura 3 detalla, como resultado, una propuesta de combinación de ambos universos, y lo que cada fase entraña y significa.

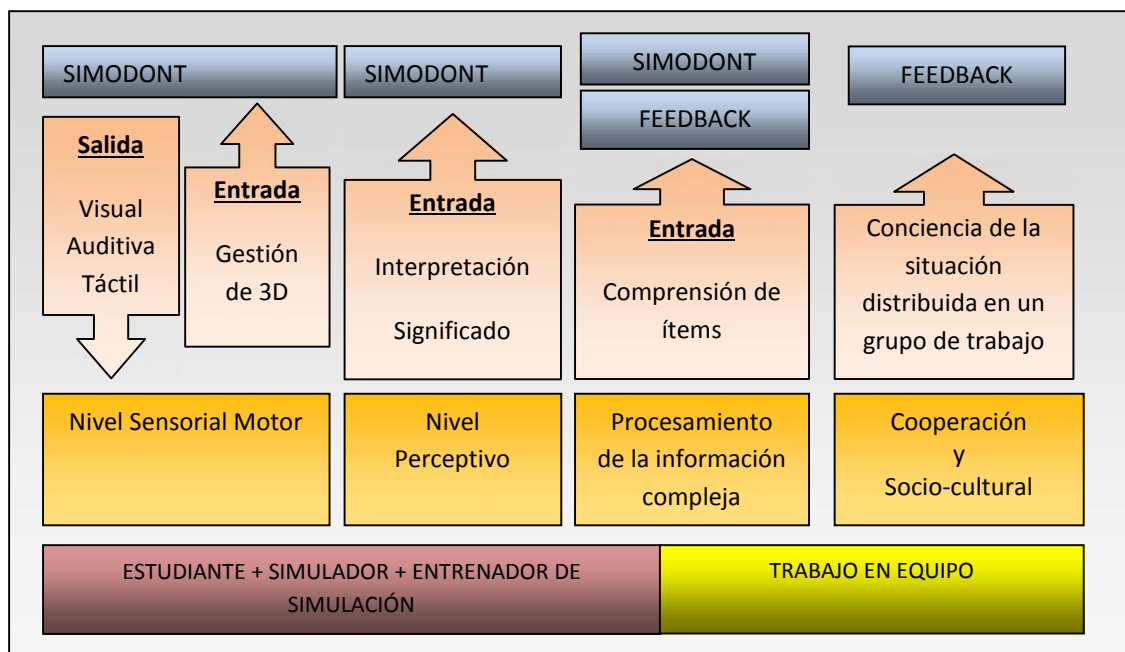


Figura 3. Confluencia entre los niveles de ergonomía cognitiva (Cañas & Vaern, 2001) y las fases de simulación para aparatos complejos. Elaboración propia.

Esta convergencia, obtenida por elaboración conjunta tras las aportaciones de la muestra, permitió el reconocimiento de los factores de salida del equipo, y la identificación de las habilidades y competencias de entrada que, durante las fases de trabajo, estructuran el pensamiento pedagógico, tanto de manera individual (competencia de autonomía) como grupal (trabajo en equipo).

A juicio de los profesores entrevistados, la conjunción entre el desarrollo trazado del aprendizaje y las fases de la simulación, adquiere su mayor despliegue didáctico durante la puesta en común y discusión de los procedimientos realizados con el equipo.

La psicología cognitiva, explica este resultado y las nuevas tendencias en la aplicación simulada también lo hacen, mediante constructos que se evidenciaron como resultados palpables en la presente investigación: la expresión de los modelos mentales del instructor y el aprendiz, entran, por intermedio del trabajo en equipo, en un contacto favorecedor de constante reconstrucción y feedback. Así, la conciencia de lo conocido se socializa, y se somete constantemente a verificación, a recreación y a mejora. Este trabajo de conjunto sobre los modelos mentales resulta, a juicio de los entrevistados, más enriquecedor que el puramente dirigido a la satisfacción de modelos conceptuales y, finalmente, más apegado a la necesidad de los contextos de aprendizaje.

Este nivel de logro es sustantivo dentro de la docencia de la titulación, y según la experiencia desarrollada, “contamina” favorablemente la práctica con equipos menos complejos. Pues, al recibir retroalimentación del trabajo individual y grupal, el alumno ya no es un ente solitario, batallando a solas con una tarea manual ardua de la que no va quedando memoria a medida que trabaja.

En concordancia con Boer y colaboradores (2012), la muestra docente refirió que Simodont ofrece la oportunidad de grabar la evolución de las destrezas, de detectar dónde, cómo y por qué aparecieron los errores y al magnificar las maniobras intraorales y generar documentos archivables de las mismas, consideraron que se facilita el borrado, sin costes, de la tarea; la repetición correcta de la misma, el tratamiento al diente como órgano.

Los profesores también identificaron, dentro de las prestaciones educativas de mayor significado, la capacidad de combinación del uso de la tecnología de punta con estrategias de aprendizaje como role playings, métodos del caso y feedbacks, hasta ahora sólo destinadas a especialidades centradas en campos operatorios amplios, visibles y de fácil acceso.

Un logro sustantivo encontrado en las respuestas, fue que la evaluación dejaba de estar sujeta a criterios subjetivos, medidos por un evaluador que tampoco contaba – como ocurre en los modelos tradicionales- con la referencia de la patología.

Otro de los resultados apreciables, fue la todavía insuficiente formación del cuerpo docente en torno a cuestiones de tecnología, lo que, según los datos contrastados, debe resolverse con métodos híbridos, con formación tecnológica y pedagógica, toda vez que el verdadero dominio de la tecnología, en educación, no supone sólo el manejo de lo técnico puro, sino, sobre todo, el desarrollo de un concepto de aplicación verdaderamente didáctico de lo novedoso.

5. CONCLUSIONES

De la comparación y el análisis de los datos aportados por la muestra consultada, es posible enunciar los siguientes aspectos que deben orientar la introducción y uso de simuladores hápticos, con realidad virtual, en la docencia odontológica.

- La introducción de un simulador interactivo con prestaciones virtuales y hápticas, tecnológicas y educativas, supone el procesamiento de una situación educativa compleja.
- Entre las fases del ejercicio simulado y el desarrollo de la ergonomía cognoscitiva en interacción con el equipo, existen zonas de confluencias para el logro de objetivos didácticos y el desarrollo de competencias de perfil individual y grupal.
- Se identificaron oportunidades de combinar técnicas de role playing, estudio de casos y feedbacks con la nueva tecnología.

- Las prestaciones educativas de Simodont objetivan la evaluación y permiten aprender del error.
- La falta de formación docente en el manejo de Simodont se consideró que debía resolverse desde perspectivas de solución híbridas, con formación tecnológica y pedagógica.
- El trabajo de equipo y la interacción y contradicción existente entre los modelos mentales de alumnos e instructores, se identificaron como elementos generadores de una práctica más significativa que aquella que se dirige a la satisfacción de modelos conceptuales cerrados.

REFERENCIAS

- Boer, I.R., Bakker, D.R., Wesselink P.R. & Vervoorn J.M. (2012). De Simodont in het onderwijs. *Ned Tijdschr Tandheelkd*, 119, 294-300. DOI: <http://dx.doi.org/10.5177/ntvt.2012.06.12105>
- Buchanan, J. (2004). Experience with Virtual Reality Based Technology in Teaching Restorative Dental Procedures. *J Dent Ed*, 68(12), 1258-1265.
- Cañas, J. & Waern, Y. (2001). *Ergonomía cognitiva. Aspectos psicológicos de la interacción de las personas con la tecnología de la información*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Diekmann, P. (2009). *Using simulations for Education, Training and Reseach*. Lengerich: Pabst.
- Hung, D. (2001). Theories of learning and computer-mediated instructional technologies. *Educational Media International*, 38 (4), 281-287.
- Hung, D., Chen, D.T. (2001). Situated cognition, Vygotskian thought and learning from the communities of practice perspective: Implications for the design of web-based e-learning. *Educational Media International*, 38 (1), 3-12.
- Kim, L., Park, S.H. (2006) Haptic interaction and volume modeling techniques for realistic dental simulation. *Vis Comput*, 22:90–98
- Luciano, C., Banerjee, P. & DeFanti, T. (2009). Haptics-based virtual reality periodontal training simulator. *Virtual reality*, 13(2), 69-85. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10055-009-0112-7>.
- Montgomery, K., Herbranson, E. & Brown, P. (2005) A haptically enabled dental simulator. *MMVR 13, studies in health technology and informatics*. Amsterdam: IOS Press.
- Núñez, D.W., Taleghani, M., Wathen, W.F. & Abdellatif, H.M. (2012). Typodont versus live patient: Predicting Dental Students' Clinical Performance. *J Dent Educ*, 76(4), 407-413.
- Palés, J.L. & Gomar, C. (2010): El uso de las simulaciones en Educación Médica. En J. A. Juanes Méndez (Coord.) *Avances tecnológicos digitales en metodologías de innovación docente en el campo de las Ciencias de la Salud en España*. Revista Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información (pp. 147-169). Salamanca: USAL.
- Rhienmora, P., Haddawy, P., Khanal, P., Suebnukarn, M. & Dailey, M.N. (2010) A virtual reality simulator for teaching and evaluating dental procedures. *Methods Inf Med*, 49(4) 396–405. DOI: <http://dx.doi.org/10.3414/ME9310>