

# ROCÍO LORENZO ÁLVAREZ



## POSIBILIDADES DEL ENTORNO VIRTUAL 3D SECOND LIFE EN EL APRENDIZAJE DE RADIOLOGÍA EN PREGRADO



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

Tesis doctoral

Septiembre 2018





UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

**Departamento de Radiología y Medicina  
Física, Oftalmología y Otorrinolaringología**

**Francisco Sendra Portero**, Profesor Titular de Universidad de Radiología y Medicina Física de la Universidad de Málaga

INFORMA

Que el trabajo que presenta al superior juicio de la Comisión que designe la Universidad de Málaga D<sup>ª</sup>. **Rocío Lorenzo Álvarez**, sobre el tema titulado **POSIBILIDADES DEL ENTORNO VIRTUAL 3D SECOND LIFE EN EL APRENDIZAJE DE RADIOLOGÍA EN PREGRADO**, realizado bajo mi tutela y dirección, presenta los contenidos y el rigor científico suficientes para ser defendido como trabajo de Tesis y optar al grado de doctor.

Por lo que, según la normativa vigente, **AUTORIZA** su presentación para ser admitida a trámite de lectura.

*En Málaga, a 18 de septiembre de 2018*

Fdo.: Francisco Sendra Portero

*Tutor y Director de la tesis doctoral*



## Agradecimientos

Al Profesor Francisco Sendra, director de esta tesis, por su implicación, entusiasmo y la constante ayuda para emprender y llevar a cabo este trabajo.

Al Profesor José Pavía, por su colaboración, su amabilidad permanente y el tiempo dedicado a la revisión de este manuscrito.

A Javi mi hermano, a Rafael López Ble mi magnífico amigo y compañero de piso durante la carrera y a mi gran amigo y compañero Jose María Lage por que fue su “frikismo” en el *League of Legends* la inspiración para crear *League of Rays*.

A mi amigo Teo Rudolphi, por su pasión y entrega desde el primer momento en este proyecto.

A mi Tutor, D. Andrés Ruz, mi maestro en el arte de la medicina, experto en interpretar silencios y acompañar al paciente, gracias por tu paciencia y dedicación incansable, y por ser los primeros ojos que leyeron este alumbramiento.

Y por supuesto a todos los estudiantes y compañeros de la medicina, que se han prestado a participar en Second Life como alumnos.



## **Dedicatoria**

A mi familia, mis raíces, mis orígenes... a mis padres Pá y Má, a mi mitad Mariadel, a mis hermanos Paquito y Javi, y a Robe. A mi manada Zauma, Gameto y Roco, por ser sin duda el sustento incondicional de mi vida.

A mi Sendra, por estar siempre, los sesenta segundos de cada minuto.

*“Pon amor en las cosas que haces y éstas tendrán sentido”.*

*S. Agustín*

## Producción científica

Los contenidos de esta tesis están incluidos en las siguientes publicaciones:

- Lorenzo-Alvarez R, Pavia-Molina J, Sendra-Portero F. **Posibilidades del entorno virtual tridimensional Second Life® para la formación en radiología.** Radiología. 2018;60(4):273-279. <https://doi.org/10.1016/j.rx.2018.02.006>
- Lorenzo-Alvarez R, Pavia-Molina J, Sendra-Portero F. **Exploring the Potential of Undergraduate Radiology Education in the Virtual World Second Life with First-cycle and Second-cycle Medical Students.** Academic Radiology. 2018;25(8):1087-1096. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2018.02.026>
- Lorenzo-Alvarez R, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero F. **Medical students' and family physicians' attitudes and perceptions toward radiology learning in the virtual world Second Life.** American Journal of Roentgenology. 2019;212;1295-1302. <https://doi.org/10.2214/AJR.18.20381>
- Lorenzo-Alvarez R, Rudolphi-Solero, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero F. **Medical student education for abdominal radiographs in a 3D virtual classroom versus traditional classroom: a randomized controlled trial.** American Journal of Roentgenology. 2019;213(3):644-650. <https://doi.org/10.2214/AJR.19.21131>
- Lorenzo-Alvarez R, Rudolphi-Solero, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero F. **A multiuser online game for medical undergraduate radiology learning within the virtual world of Second Life.** Anatomical Sciences Education. 2020;13(5):602-617. <https://doi.org/10.1002/ase.1927>

Las actividades formativas de esta Tesis Doctoral se han realizado en el contexto de los siguientes Proyectos de Innovación Educativa de la Universidad de Málaga:

- PIE 10-128 *Diseño de actividades educativas en el entorno inmersivo de Second Life para un máster multidisciplinar y semipresencial sobre avances en medicina, impartido en inglés.*
- PIE13-072 *The Medical Master Island: desarrollo de actividades educativas de pre y postgrado en entornos inmersivos.*

El análisis, desarrollo y publicación de los resultados se han realizado bajo los proyectos:

- PIE 15-150 *Desarrollo y estudios de entornos lúdicos virtuales en el aprendizaje de radiología.*
- PIE 17-113 *Profundizando en el aprendizaje de radiología en entornos inmersivos 3D.*

La Asociación de Radiólogos del Sur patrocina actualmente el mantenimiento del entorno gráfico 3D *The Medical Master Island*, donde se ha realizado este proyecto.

# Índice

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
I.1.	Los mundos virtuales.....	1
I.2.	Second Life .....	3
I.2.1.	El avatar y la comunicación entre avatares.....	8
I.2.2.	Los objetos y los media.....	10
I.3.	Aprendizaje en Second Life .....	11
I.3.1.	Aprendizaje en medicina y otras ciencias de la salud en Second Life.....	12
I.4.	Formación online en radiología .....	13
I.5.	Gamificación y aprendizaje basado en juegos.....	15
II.	JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.....	18
III.	MATERIAL Y MÉTODO .....	20
III.1.	The Medical Master Island.....	20
III.2.	Docencia de radiología para estudiantes de Medicina (Proyecto piloto).....	20
III.3.	Talleres de interpretación radiológica para estudiantes de medicina y médicos de atención primaria .....	21
III.4.	Ensayo aleatorizado para comparar la formación en SL y en la vida real .....	21
III.5.	Juego competitivo multiusuarios para el aprendizaje de radiología: “League of Rays” .....	21
III.6.	Gestión de datos y tratamiento estadístico .....	21
IV.	RESULTADOS .....	23
IV.1.	Docencia de radiología para estudiantes de Medicina (Proyecto piloto).....	23
IV.2.	Talleres de interpretación radiológica para estudiantes de medicina y médicos de atención primaria .....	23
IV.3.	Ensayo aleatorizado para comparar la formación en SL y la vida real.....	23
IV.4.	Juego competitivo multiusuarios para el aprendizaje de radiología.....	23
V.	DISCUSIÓN .....	25
V.1.	La formación médica en Second Life .....	25
V.2.	Análisis del proyecto piloto.....	26
V.3.	Talleres de radiología para estudiantes y médicos de atención primaria.....	26
V.4.	Comparación del aprendizaje en Second Life y en la vida real.....	26
V.5.	League of Rays .....	27
V.6.	Limitaciones del presente estudio .....	27

V.7.	Otras posibilidades de Second Life para la formación en radiología.....	28
V.8.	Perspectivas futuras.....	28
VI.	CONCLUSIONES.....	29
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	30
VIII.	Comentarios abiertos .....	41
VIII.1.	Docencia de radiología para estudiantes de Medicina (Proyecto piloto).....	41
VIII.2.	Talleres de interpretación radiológica para estudiantes de medicina y médicos de atención primaria .....	41
VIII.3.	Ensayo aleatorizado para comparar la formación en SL y la vida real.....	41
VIII.4.	Juego competitivo multiusuarios para el aprendizaje de radiología.....	41
IX.	League of Rays: Documentos adicionales.....	43
X.	Publicaciones .....	44

# **I. INTRODUCCIÓN**

## **I.1. Los mundos virtuales**

La comunicación virtual se ha convertido en un parte fundamental de la cultura del siglo XXI [Czepielewski et al. 2011]. La aplicación de las tecnologías de comunicación ha contribuido al desarrollo de espacios digitales virtuales, que permiten a los participantes desarrollar actividades en un mundo digital, en un entorno semejante a la realidad. Los usuarios pueden interaccionar con contenidos y otros participantes, igual que ocurre en la vida real, pero sin la necesidad de desplazarse físicamente al lugar donde se produce esta interacción. El rango de actividades que se pueden desarrollar en estos entornos es prácticamente ilimitado y depende fundamentalmente de las habilidades de los desarrolladores de estos espacios, pudiéndolos transformar en entornos particulares [Hassouneh y Brengman 2014].

Un entorno virtual tridimensional o mundo virtual es un espacio reproducido en el ordenador y al mismo tiempo una comunidad online [Mahaley y Teigland 2010; Zhang et al. 2010], donde el usuario, representado por un avatar, puede desplazarse, interactuar con objetos diversos, o comunicarse con otros avatares. Un avatar, es una identidad virtual que representa a un usuario de Internet en una aplicación o un sitio Web, el término proviene del hinduismo, refiriéndose a la encarnación terrestre de un dios. Estos espacios virtuales se denominan también entornos inmersivos, en una analogía con la inmersión subacuática [Murray 1999] o metaversos, un concepto creado en 1992 por Neal Stephenson en su novela Snow Crash [Stephenson 1992] que describe un mundo virtual en el que las personas se relacionan entre sí, social y económicamente, independientemente de su localización física.

Existen diversos mundos virtuales 3D que se utilizan para jugar, organizar reuniones y eventos, marketing, comercio electrónico, enseñanza mediante juegos de rol y para realizar experimentos de comportamiento o ciencias sociales. Algunos ejemplos conocidos de mundos virtuales 3D incluyen juegos como World of Warcraft (<http://eu.battle.net/wow/en>), Runescape (<http://www.runescape.com>) y Entropia Universe (<http://www.entropiauniverse.com>) [Minocha y Hardy 2016]. Profesores e instituciones en todo el mundo se han interesado mucho por los mundos virtuales, algunos han utilizado plataformas comercializadas como Second Life (<http://www.secondlife.com>) y ActiveWorlds (<https://www.activeworlds.com>), u otras de código abierto como OpenSim

(<http://www.opensimulator.org>), Open Wonderland (<http://opnewonderland.org>) y Open Cobalt (<http://opencobalt.net>) para crear mundos virtuales alojados en servidores internos o conectados en red. Otros, incluso han construido sus propias plataformas y sistemas a medida usando gran variedad de lenguajes de programación y motores de juegos para acomodarlas a sus necesidades y objetivos específicos [Lee et al. 2016].

Los mundos virtuales pueden simular la realidad según los diseñen sus creadores, con propósitos concretos (por ejemplo: un espacio de trabajo colaborativo, una clase, un laboratorio virtual, un patio de recreo, un foro de discusión, un lugar de encuentro con amigos, etc.). Por lo tanto, pueden llegar a ser lugares académicos donde los usuarios, estudiantes y profesores, interactúan con sus avatares, pudiendo hablar, chatear y visualizar contenidos, por ejemplo, de radiología, como tiene lugar en este estudio.

Aunque el desarrollo de los mundos virtuales ha sido muy elevado gracias al uso de los juegos de simulación, no deberían asimilarse a ellos. Pues, pese a que gran parte de los juegos multiusuarios de éxito se llevan a cabo en mundos virtuales, las posibilidades de éstos son ilimitadas, más allá del mundo de los videojuegos. En este sentido, una de las actividades que se ha probado con razonable éxito en los mundos virtuales es la educación básica en los campos de la ciencia y las artes. [Good et al. 2008; Jamaludin et al. 2009; Girvan y Savage 2010]. Los mundos virtuales permiten la creación de espacios educativos, participativos y visualmente atractivos, simulando el estilo del videojuego, que atrae más al usuario, sintiéndose protagonista de lo que ocurre al otro lado de la pantalla [Marquez 2011].

Se han descrito tres características fundamentales de los entornos virtuales [Castronova 2001]: 1) la interactividad, que permite al usuario relacionarse con los otros y con el medio en el que se desenvuelve; 2) la corporeidad que otorgan los avatares, que ocupan una altura y volumen determinados en un espacio con sus propias reglas físicas; y 3) la persistencia del mundo virtual, independientemente de que el usuario esté conectado.

## **I.2. Second Life**

Uno de los entornos virtuales más conocidos es Second Life (SL), creado en 2003 por Linden Research Inc. (San Francisco). Actualmente, supone un mundo virtual con más de 1500 millones de metros cuadrados [Boerger y Tietgens 2014], acumula en torno a 36 millones de cuentas, con más de un millón de visitas mensuales y la creación de 400.000 nuevos registros mensuales [Linden Research 2013a]. Además, más de 150 organizaciones académicas se encuentra presentes en SL [Linden Research 2013b].

A diferencia de los mundos virtuales diseñados para juegos de rol masivos multijugador en línea (MMORPG) como World of Warcraft que tienen un guión, trama o historia, SL no es un "juego" per se. Los contenidos y la narrativa en SL son creados por los usuarios y son propiedad de estos. Pues, en efecto SL es una comunidad virtual creada y/o desarrollada por los propios usuarios. Se puede encontrar información adicional sobre SL en su página principal [Linden Research 2018a] (Figura I.1).

Para acceder a SL el usuario debe crearse una cuenta, elegir un avatar y descargar el visor de SL [Linden Research 2018b] (Figura I.2) o cualquier otro visor compatible [Linden Research 2018c] para representar el mundo virtual en su ordenador. Crearse una cuenta básica es gratis, aunque se puede conseguir una cuenta Premium por unos 9 dólares mensuales. Los propietarios o administradores de terrenos deben pagar diferentes cantidades en función del tamaño del mismo.

Second Life está organizado en múltiples ubicaciones virtuales, gestionadas por propietarios diversos que tienen derechos de edición y construcción en la zona. La mayoría de estas regiones son parcelas de terreno cuadradas de 256 m de lado (65.536 m<sup>2</sup>) que reproducen el mundo real, con agua, tierra y cielo; muchas tienen el aspecto de una isla [Rymaszewski et al. 2007] (Figura I.3). El acceso a estos terrenos puede ser público o restringido, tanto total como parcialmente. Second Life tiene catalogadas 84.693 regiones, 23.703 de las cuales están activas actualmente [Sepherd 2018]. Estas regiones, gestionadas por sus propietarios, están dedicadas a aspectos muy diversos fomentando la creatividad, el entretenimiento, los contactos sociales y la educación (Figuras I.4, I.5).

Los mundos virtuales como SL ofrecen interesantes oportunidades para proyectos educativos y una nueva área de investigación en educación [Moschini 2010] (Figura I.6).

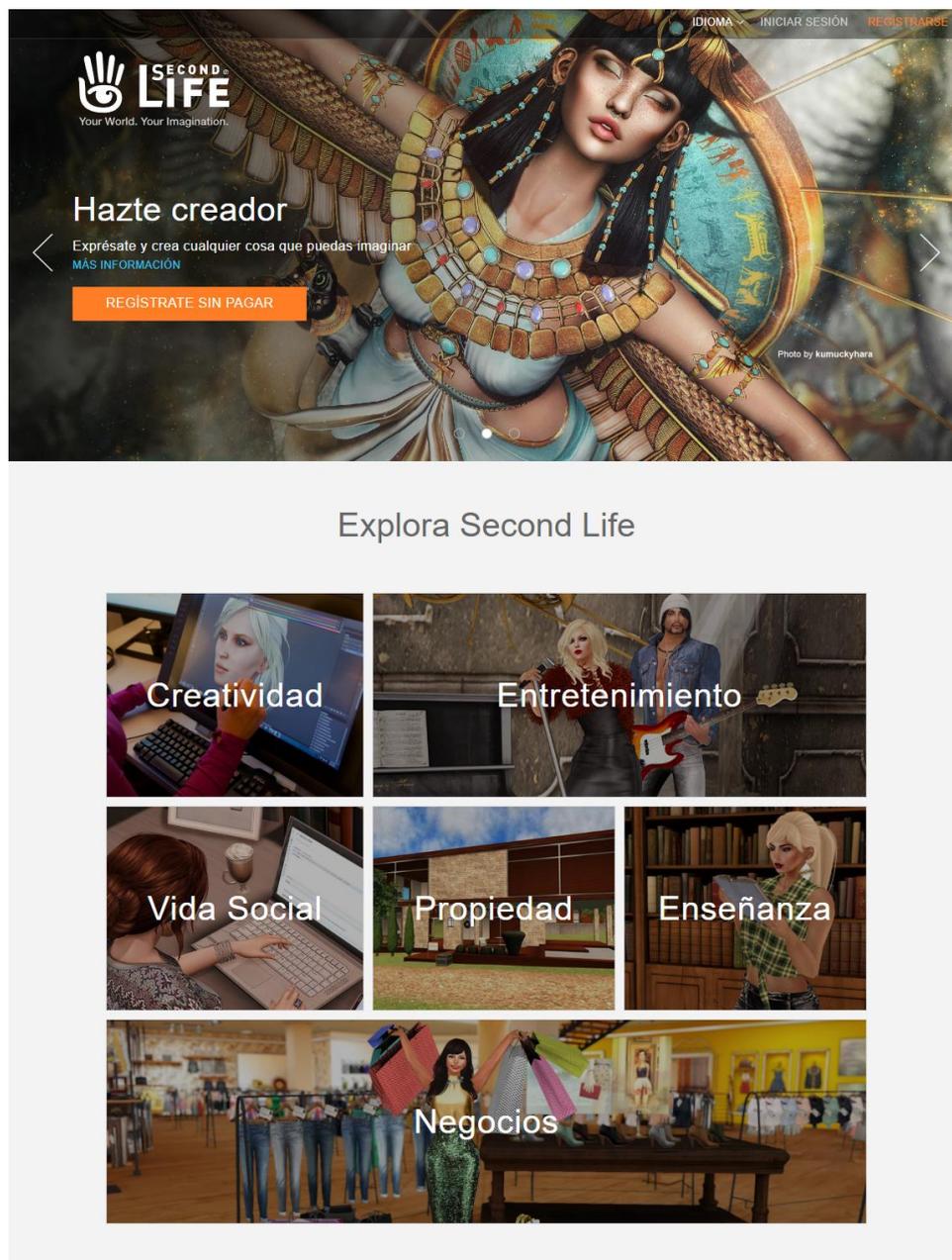
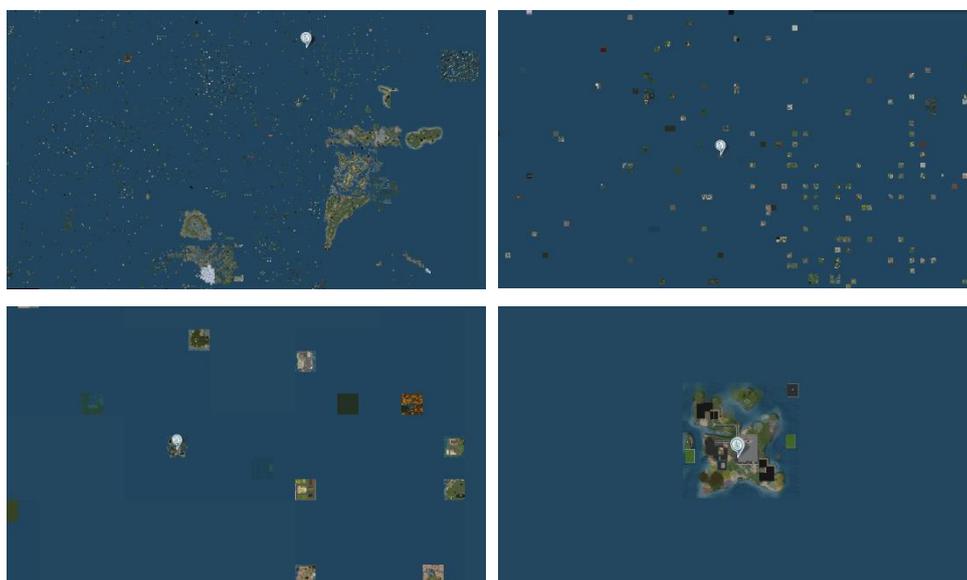


Figura I.1- Página principal de Second Life ([www.secondlife.com](http://www.secondlife.com)). Acceso 18/09/2018.



**Figura I.2-** Es imprescindible descargar el visor de Second Life para visualizar el mundo 3D (<https://secondlife.com/support/downloads/>). Acceso 12/9/2018.



**Figura I.3-** Las regiones de SL están organizadas en islas y continentes (mainland) que pueden visitarse en un mapa virtual (<https://maps.secondlife.com/>), que se muestra a diferentes escalas, identificando la isla del presente estudio, *The Medical Master Island*.



**Figura I.4-** Second Life permite recrear entornos reales o de fantasía. Las imágenes muestran el Antiguo Egipto, el Monte Saint Michel, la Torre Eiffel, y un barco flotando en el aire creado para celebrar el XIII Aniversario de SL.



**Figura I.5-** Existen regiones dedicadas específicamente a la educación, como, por ejemplo: la Isla de la Salud de SEMFYC (superior izquierda), la Isla de la Universidad de Texas (superior derecha) o la Isla de IAVANTE (inferior derecha) cuyo edificio principal se muestra junto al edificio real situado en el Campus de Ciencias de la Salud de Granada (inferior izquierda).

**SECOND LIFE**

## Enseña en el Mundo Virtual

Descubre nuevos modelos de enseñanza participativa y en colaboración en espacios 3D.

Más información

50% de descuento para los educadores que reúnan las condiciones

Las organizaciones docentes que cumplan las condiciones tienen un 50% de descuento en el precio de determinados terrenos de Second Life.

Más información

### ¿Por qué Second Life?

- Enseñanza inmersiva**  
Atrae a los estudiantes en entornos 3D divertidos e interactivos.
- Colaboración en tiempo real**  
Colabora, enseña y crea junto con otras personas mediante el chat de voz y texto.
- Comunidad global**  
Únete a centenares de educadores de todo el mundo.
- Campus seguros y protegidos**  
Controla el acceso de los estudiantes a tu campus o límitalo solamente a tu región.

### Casos prácticos de educación e investigación

En el aula

Investigación de simulaciones

**Figura I.6-** Linden Research inc muestra en su página diferentes recursos y posibilidades para educación e investigación (<http://go.secondlife.com/landing/education/es/?lang=es>). Acceso 12/09/2018.

### ***1.2.1. El avatar y la comunicación entre avatares.***

Cada usuario está representado por un avatar cuyo aspecto puede elegirse entre los que SL ofrece (Figura I.7), o personalizarse a demanda. Mediante su avatar, el usuario puede interactuar viendo el mundo con diferente foco y perspectiva, tocando objetos, respondiendo preguntas originadas por programas escritos en Linden Script Language (LSL), moviéndose o comunicándose con otros usuarios. LSL es el lenguaje en el que están escritos todos los scripts en SL, se basa principalmente en los lenguajes de programación Java y C, y requiere suficiente conocimiento de programación para usarlo. Un script en SL es un conjunto de instrucciones que pueden colocarse dentro de cualquier objeto en el mundo virtual, pero no dentro de un avatar. Los avatares, sin embargo, pueden llevar puestos objetos con scripts. LSL se interpreta y ejecuta en los servidores de SL (sims), no en el cliente (visor) [Hodge et al. 2011].

La comunicación entre avatares puede realizarse en tiempo real o de forma diferida. Los medios de comunicación son el chat de voz, el chat escrito y las notas. Se pueden crear grupos de avatares que les permiten comunicarse entre sí, o bien adquirir determinados privilegios (por ejemplo, acceder a un sitio restringido). El chat de voz da una sensación de presencialidad muy importante, confiere al usuario la percepción de que se encuentra frente a otros seres humanos y le permite percibir los matices de la comunicación verbal. Su uso puede ser público (todos los que están cerca pueden oírlo) o privado (la conversación es exclusiva de un avatar o grupo de avatares), pero sólo alternativamente, es decir, el uso del chat de voz público desactiva el privado y viceversa. El chat de voz permite actividades educativas como conferencias, debates, grupos de discusión, posibilita hacer preguntas al conferenciante o a alguien de la audiencia y es muy ágil para expresar opiniones.

El chat escrito también puede ser público (chat local) o privado (mensaje instantáneo). El chat local pueden leerlo todos los que están ubicados cerca, es excelente para hacer preguntas de respuesta breve y rápida a la audiencia, tipo si/no, verdadero/falso, etc. También permite a los asistentes establecer breves preguntas al presentador, sin interrumpir la exposición. Los mensajes instantáneos se envían de un avatar a otro que lo recibe inmediatamente si está conectado, o en cuanto se conecte.

Las notas son mensajes que se envían en SL y se almacenan en el inventario del avatar que lo recibe, registrándose fecha, hora de envío y avatar de procedencia. En las actividades formativas son muy útiles para recoger información de los alumnos, como prueba de su asistencia o para completar una tarea o un examen (de extensión libre o tipo test), solicitando que envíen la nota al avatar del profesor.



**Figura I.7-** Para acceder a Second Life hay que elegir un avatar, designar un nombre y asociarlo a una cuenta de correo y otros datos de seguridad (<https://join.secondlife.com/>). Acceso 12/9/2018.

### 1.2.2. Los objetos y los media.

Todos los objetos en SL están integrados a su vez por objetos primarios o prims. Los más sencillos de ellos son prismas, esferas o conos, aunque pueden ser muy elaborados, incluso esculpidos. Las caras de los objetos están tapizadas por texturas que les confieren aspecto diverso (metal, madera, ladrillo, etc.) y le dan verosimilitud a su apariencia (Figura I.8). Los prims pueden tener imágenes asociadas a una o varias de sus caras, lo que resulta de gran ayuda para mostrar imágenes radiográficas. Los objetos pueden realizar funciones mediante programas internos en LSL, cuando el usuario interacciona con ellos. También pueden reproducir vídeos o páginas Web en una de sus caras. Este último efecto lo hemos utilizado para crear paneles de presentación de contenidos, mediante presentaciones PowerPoint guardadas como imágenes e integradas en una sencilla página Web con botones de avance y retroceso. Se pueden usar a modo de pantallas de proyección en una conferencia o para que el usuario las utilice a demanda (por ejemplo, para realizar tareas, revisar contenidos o entrenar con casos).



**Figura I.8-** Objetos primarios “prims” en forma de cubo con diferentes texturas, madera, piedra, metal y presentando una página Web en una de sus caras.

### I.3. Aprendizaje en Second Life

Los mundos virtuales en general y SL en particular, tienen un potencial notable para la enseñanza y el aprendizaje [Boulos et al. 2007, Hansen et al. 2009]. Se pueden localizar actualmente 43 regiones en SL cuyo nombre incluye los términos “University” o “Universidad” [Shepherd 2018]. Se han descrito diversas ventajas de SL como plataforma educativa [Marquez 2011]:

- Permite a los estudiantes asistir a una clase, sesión o conferencia, sin tener que desplazarse físicamente a un espacio concreto.
- Permite utilizar contenidos de aprendizaje en diversos formatos, vídeos, textos, imágenes. Incluso puede grabarse la sesión para su posterior difusión.
- A diferencia de otras herramientas online, los contenidos se ofrecen en formato 3D, permitiendo una experiencia más interactiva, que capta la atención del usuario.
- Es un sistema persistente, pues continúa existiendo y desarrollándose aun cuando el usuario está desconectado.
- Permite el aprendizaje, mediante la creación y exploración de modelos tridimensionales. [Richardson-Hatcher et al. 2014]
- Posibilita el aprendizaje colaborativo, alumno-alumno y alumno-profesor.
- Permite el aprendizaje basado en juegos, mediante la simulación de misiones o juegos de rol, en los que los estudiantes participan de forma inmersiva.

También se han descrito una serie de limitaciones de SL:

- Existen fallos y caídas del sistema ocasionales.
- Requiere unos requisitos mínimos para la ejecución del visor, sin estos es imposible conectarse o el funcionamiento es inadecuado.
- No hay información de lo que pasa realmente al otro lado del interfaz. Por ejemplo, cuando alguien se desconecta no sabemos qué ocurre en realidad.
- Necesita entrenamiento y familiarizarse con el medio. A algunos usuarios, incluso jóvenes no les gusta o tienen poco conocimiento técnico.
- No existe lenguaje corporal del usuario, y el lenguaje corporal del avatar es muy limitado.

***1.3.1. Aprendizaje en medicina y otras ciencias de la salud en Second Life***

Hay una amplia gama de actividades relacionadas con la salud en SL, que ya hace casi 10 años fueron clasificados en un interesante estudio por Beard et al. [2009]. La mayoría de ellos están dedicados a la educación de pacientes o a concienciar a la población sobre problemas de salud, otros están dedicados a pacientes con enfermedades específicas o al apoyo de compañeros, comercialización y promoción de servicios de salud o realización de investigaciones sanitarias tanto en SL como en el mundo real. Second Life posibilita la creación de eventos online inmersivos, realistas y atractivos que pueden proporcionar educación médica de alta calidad a usuarios relacionados con la salud en ubicaciones remotas, como se ha demostrado en estudios previos [Wiecha et al. 2010, Melus-Palazon et al. 2012, Miller y Jensen, 2014]. De hecho, en la revisión de Beard et al. [2009] también se describen sitios de aprendizaje, a veces vinculados a centros universitarios, que ofrecen formación académica mediante aulas, debates, conferencias, simulación e interacción con el paciente. Así, en una revisión sistemática de literatura sobre el uso de mundos virtuales 3D [Ghanbarzadeh et al. 2014], la formación profesional y académica en atención médica contiene la mayor cantidad de artículos. Se han adoptado diferentes metodologías de aprendizaje, dedicadas a diversos grupos de profesionales de ciencias de la salud en diversas experiencias educativas. Algunas de ellas han desarrollado escenarios de simulación o pacientes virtuales dentro de SL, para entrenar: la formación de estudiantes paramédicos en emergencias [Conradi et al. 2009], el manejo de situaciones clínicas específicas para enfermeras [Patel et al. 2012], o la comunicación práctica y habilidades de evaluación por estudiantes de enfermería en salud mental [Kidd et al. 2012]. En otras experiencias se han realizado talleres de capacitación y sesiones clínicas [Melus-Palazon et al. 2012] o seminarios interactivos [Wiecha et al. 2010] en SL para médicos de atención primaria, o se ha utilizado el entorno virtual SL para simular un examen oral con residentes de medicina de emergencias [Schwaab et al. 2011].

Como nuestro estudio está dedicado a la educación médica de pregrado, queremos señalar que hay pocas experiencias académicas en SL dedicadas a estudiantes de medicina. En nuestro conocimiento, no hay experiencias previas en SL relacionadas con la enseñanza y el aprendizaje de radiología, por el contrario, sí existen en el ámbito de la anatomía, por ejemplo, un laboratorio virtual para la educación anatómica [Richardson et al. 2011], o evaluar el aprendizaje de anatomía mediante trabajo en equipo [Gazave y Hatcher 2017].

#### **I.4. Formación online en radiología**

La importancia de las imágenes médicas para la atención al paciente ha aumentado exponencialmente en los últimos años, sin embargo, el papel de la radiología en la enseñanza de pregrado no ha cambiado en consecuencia [Phillips et al. 2013]. Las acciones para adaptar la formación de radiología en pregrado al escenario clínico real incluyen aumentar la exposición a la formación en imágenes médicas en cada punto disponible en el plan de estudios de medicina [Straus et al. 2014].

El uso de e-learning y recursos online para impartir enseñanza de radiología a estudiantes de medicina, es una alternativa interesante y un método eficaz para mejorar el conocimiento y las habilidades radiológicas [Salajegheh et al. 2016]. Además, los estudiantes sienten que su conocimiento y comprensión de la radiología mejoran mediante el uso de e-learning [den Harder et al. 2016]. La formación online en radiología actualmente es muy oportuna tecnológicamente, pues tanto el manejo como el almacenamiento de las imágenes médicas es digital.

El aprendizaje es un proceso individual que realiza cada uno a su propio ritmo. La formación online se adapta al ritmo individual de aprendizaje, y ésta es su principal ventaja. Pero no puede sustituir, el contacto personal con el experto, la experiencia con la práctica clínica diaria y la adquisición de responsabilidad en la toma de decisiones, aunque sí emularlas [Sendra-Portero y Muñoz-Nuñez 2011]. Gracias a la formación online, surgen nuevos aspectos en el campo de la formación de radiología en pregrado, que han sido resumidos por Zafar et al. [2014] en una reciente revisión:

1. Se ha observado un aumento en el uso de entornos de aprendizaje combinado que utiliza principalmente sistemas de gestión de aprendizaje, personalizados o disponibles comercialmente (k-MED, Moodle, VLE y otros), así como PACS de simulación y herramientas de aprendizaje basado en casos.
2. El uso de sistemas de respuesta remota (Audience Response Systems) también está siendo empleado actualmente en la educación radiológica.
3. El desarrollo de una amplia gama de herramientas personalizadas (LVO, AMERAM, k-MED, herramienta de video basada en Web, etc.) y el diseño de juegos educativos altamente interactivos está revolucionando la formación en radiología.
4. Las conferencias virtuales están reemplazando las conferencias tradicionales sobre contenidos específicos de radiología.

5. Los tutoriales en video juegan un papel importante para que los estudiantes aprendan habilidades de radiología intervencionista en situaciones de falta de casos y escasez de profesorado.
6. Estamos asistiendo a una transición del aprendizaje basado en problemas (ABP) al aprendizaje interactivo basado en casos, debido a problemas del abordaje de ABP en radiología [Thurley y Denick 2008].
7. Las instituciones médicas están diseñando PACS personalizados considerando las evaluaciones de las necesidades educativas.

Los cambios generacionales también tienen repercusión en las necesidades formativas. Los estudiantes de medicina de hoy día, junto con los residentes, becarios, etc., constituyen la generación de los denominados Millennials. Éstos, se sienten cómodos con la tecnología inmersiva, las altas expectativas de éxito y el deseo de una retroalimentación constante, a diferencia de las generaciones anteriores [Chen y Scanlon 2018]. La revolución tecnológica actual proporciona entornos de aprendizaje autodirigidos, interactivos facilitar la formación de por vida de estos estudiantes con marcado carácter independiente, mejorando el rendimiento académico y, a la postre, los resultados de salud del paciente [Zafar et al. 2014].

Los recursos online para aprender radiología en pregrado, con y sin posibilidades de interpretación de imágenes son muy variados [Sendra-Portero y Muñoz-Núñez 2011, Zafar et al. 2014], pero aún no han incluido el uso y la dedicación específica de mundos virtuales como SL, donde el usuario interactúa con un avatar y se puede simular la realidad de un hospital, un servicio médico o un aula. Second Life y entornos similares tienen grandes expectativas en la formación médica [Wiecha et al. 2011] que, como hemos dicho, aún están por explorar en Radiología.

## I.5. Gamificación y aprendizaje basado en juegos

La gamificación es el proceso de utilizar el pensamiento y la mecánica de los juegos para atraer a los usuarios y resolver problemas [Zichermann y Cunningham 2011], consiste en la aplicación de elementos de diseño del juego a contextos tradicionalmente no relacionados con él. Se puede utilizar en una determinada actividad o en un plan de estudios para conseguir los objetivos docentes [Rutledge et al. 2018]. Las estrategias de gamificación se han incorporado a la educación médica para atraer e involucrar al alumno “millennial” y mejorar al “senior” en varios campos, como la cirugía [Kerfoot y Kissane 2014], la medicina interna [Nevin et al. 2014] o la radiología [Chen et al. 2017]. Estudios recientes destacan sus beneficios y la necesidad de investigar su percepción y efectividad [McCoy et al. 2016].

En un juego educativo pueden participar un solo jugador o varios jugadores. Un individuo puede jugar contra sí mismo (en cuyo caso se trataría de una competición donde el propósito es, por ejemplo, jugar la partida perfecta, o mejorar la puntuación previa en la siguiente partida), puede jugar con otros (lo que le daría al juego un carácter cooperativo) o puede jugar contra otros o contra el ordenador (lo que le daría al juego un carácter competitivo) [Sauvé et al. 2007].

Los juegos y las simulaciones a veces se mezclan y se confunden, pero son conceptos distintos [Sauvé et al. 2007]. Un juego es una situación ficticia o artificial regida por reglas que estructuran sus acciones en vista de un objetivo que es vencer o superar un obstáculo. Se integra en un contexto educativo cuando los objetivos de aprendizaje se asocian formalmente con el contenido y el juego mejora el aprendizaje cognitivo, afectivo y/o psicomotor. Una simulación, en cambio, no implica necesariamente competición, y los usuarios no están tratando de ganar. De hecho, muchas simulaciones educativas, a diferencia de los juegos, pueden funcionar sin intervención humana.

Se han identificado cuatro características que motivan la persistencia y el disfrute de los juegos [Toro-Troconis et al. 2010]:

- Desafío: un ambiente de aprendizaje que no sea ni demasiado simple ni demasiado difícil.
- Control: los jugadores deben sentir que sus acciones afectan los resultados del juego.
- Curiosidad: cuando los juegos ofrecen oportunidades de exploración que conducen a resultados impredecibles.

- Fantasía: la percepción del jugador de ser parte del juego.

También se ha propuesto que los juegos educativos deberían tener las siguientes características [Toro-Troconis et al. 2010]:

- Objetivos claros que los estudiantes encuentren significativos.
- Múltiples estructuras de objetivos y puntajes para darles a los estudiantes retroalimentación sobre su progreso.
- Múltiples niveles de dificultad para ajustar la dificultad del juego a la habilidad del aprendiz.
- Elementos aleatorios de sorpresa.
- Una fantasía y metáfora emocionalmente atractiva que esté relacionada con las habilidades del juego.

Respecto al soporte técnico de los juegos educativos, en una reciente revisión sobre gamificación en la educación médica [McCoy et al. 2016] se han clasificado las plataformas de aprendizaje basado en juegos en las siguientes:

- Juegos electrónicos: son métodos educativos que requieren que el alumno participe en una actividad competitiva con reglas pre-establecidas en formato electrónico [Akl et al. 2010].
- Aplicaciones médicas para dispositivos móviles: son aplicaciones de software médico que se utilizan en dispositivos como teléfonos móviles, tablets o asistentes digitales. Su uso se está incrementando entre los clínicos como parte de la práctica médica, y se incluyen aquí aplicaciones especialmente útiles en la práctica médica [Ventola 2014].
- Simuladores de pacientes virtuales: son simulaciones interactivas por ordenador o escenarios clínicos de la vida real reproducidos para la formación médica o la evaluación de habilidades [Ellaway et al. 2008].

Los mundos virtuales pueden promover la educación para la salud imitando el entorno y las prácticas del mundo real, reproduciendo entornos hospitalarios o entornos académicos [Liaw et al. 2018]. Al mismo tiempo, proporcionan una plataforma interesante para la gamificación, ya que la inmersión del avatar en el entorno es un tipo de juego en sí mismo, haciendo que el usuario se sienta más protagonista.

Second Life es una herramienta eficaz con un gran potencial para desarrollar actividades de aprendizaje basado en juegos [Toro-Troconis y Mellström 2010], y se ha explorado fundamentalmente para desarrollar juegos de rol con pacientes o escenarios clínicos virtuales [Toro-Troconis y Mellström 2010, Vallance et al. 2014, Conradi et al. 2009] pero en nuestro conocimiento, no se han explorado juegos competitivos de carácter académico, como el que se desarrolla en el presente estudio: *League of Rays*.

## II. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

### *Hipótesis*

Los entornos virtuales 3D o entornos inmersivos pueden reproducir un gran número de actividades formativas en radiología con similar eficacia a las tradicionales, y con las ventajas de la formación online: presencia remota, disminución de costes de desplazamiento, accesibilidad, etc. La metodología de estos entornos es muy atractiva para las nuevas generaciones de estudiantes, siendo además idónea para actividades de aprendizaje basado en juegos.

### *Objetivos*

El presente estudio pretende explorar las posibilidades del mundo virtual Second Life para la formación de radiología en estudiantes de medicina, con los siguientes objetivos específicos:

- Analizar los resultados de las actividades formativas realizadas en Second Life para el aprendizaje de Radiología en pregrado, valorando la percepción de los alumnos y el posible impacto en la formación en:
  - Una experiencia con alumnos de todos los cursos de medicina en la que se imparten por primera vez, contenidos básicos a alumnos de primer ciclo y, contenidos clínicos a alumnos de segundo ciclo.
  - Talleres interpretativos de radiología, durante la realización de la asignatura de tercer curso.
- Comparar la percepción de los estudiantes sobre estos talleres con médicos de atención primaria.
- Comparar la docencia en Second Life con los métodos convencionales, exactamente con los mismos contenidos, y evaluar los resultados formativos de ambos grupos.
- Diseñar un juego competitivo de aprendizaje de radiología para alumnos de tercer curso de grado.
- Analizar la percepción de los usuarios sobre ese juego y el potencial impacto en la formación.

Esta tesis comprende cuatro proyectos sucesivos incluidos en las siguientes publicaciones:

- Lorenzo-Alvarez R, Pavia-Molina J, Sendra-Portero F. **Exploring the Potential of Undergraduate Radiology Education in the Virtual World Second Life with First-cycle and Second-cycle Medical Students**. Academic Radiology. 2018;25(8):1087-1096. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2018.02.026>
- Lorenzo-Alvarez R, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero F. **Medical students' and family physicians' attitudes and perceptions toward radiology learning in the virtual world Second Life**. American Journal of Roentgenology. 2019;212;1295-1302. <https://doi.org/10.2214/AJR.18.20381>
- Lorenzo-Alvarez R, Rudolphi-Solero, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero F. **Medical student education for abdominal radiographs in a 3D virtual classroom versus traditional classroom: a randomized controlled trial**. American Journal of Roentgenology. 2019;213(3):644-650. <https://doi.org/10.2214/AJR.19.21131>
- Lorenzo-Alvarez R, Rudolphi-Solero, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero F. **A multiuser online game for medical undergraduate radiology learning within the virtual world of Second Life**. Anatomical Sciences Education. 2020;13(5):602-617. <https://doi.org/10.1002/ase.1927>

## III. MATERIAL Y MÉTODO

### III.1. The Medical Master Island

Esta sección está descrita en las siguientes publicaciones:

- Lorenzo-Alvarez R, Pavia-Molina J, Sendra-Portero F. **Posibilidades del entorno virtual tridimensional Second Life® para la formación en radiología.** Radiología. 2018;60(4):273-279. <https://doi.org/10.1016/j.rx.2018.02.006>
- Lorenzo-Alvarez R, Pavia-Molina J, Sendra-Portero F. **Exploring the Potential of Undergraduate Radiology Education in the Virtual World Second Life with First-cycle and Second-cycle Medical Students.** Academic Radiology. 2018;25(8):1087-1096. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2018.02.026>
- Lorenzo-Alvarez R, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero F. **Medical students' and family physicians' attitudes and perceptions toward radiology learning in the virtual world Second Life.** American Journal of Roentgenology. 2019;212;1295-1302. <https://doi.org/10.2214/AJR.18.20381>
- Lorenzo-Alvarez R, Rudolphi-Solero, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero F. **Medical student education for abdominal radiographs in a 3D virtual classroom versus traditional classroom: a randomized controlled trial.** American Journal of Roentgenology. 2019;213(3):644-650. <https://doi.org/10.2214/AJR.19.21131>
- Lorenzo-Alvarez R, Rudolphi-Solero, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero F. **A multiuser online game for medical undergraduate radiology learning within the virtual world of Second Life.** Anatomical Sciences Education. 2020;13(5):602-617. <https://doi.org/10.1002/ase.1927>

### III.2. Docencia de radiología para estudiantes de Medicina (Proyecto piloto).

Esta sección está descrita en la siguiente publicación:

- Lorenzo-Alvarez R, Pavia-Molina J, Sendra-Portero F. **Exploring the Potential of Undergraduate Radiology Education in the Virtual World Second Life with First-cycle and Second-cycle Medical Students.** Academic Radiology. 2018;25(8):1087-1096. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2018.02.026>

### III.3. Talleres de interpretación radiológica para estudiantes de medicina y médicos de atención primaria

Esta sección está descrita en la siguiente publicación:

- Lorenzo-Alvarez R, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero F. **Medical students' and family physicians' attitudes and perceptions toward radiology learning in the virtual world Second Life**. American Journal of Roentgenology. 2019;212;1295-1302. <https://doi.org/10.2214/AJR.18.20381>

### III.4. Ensayo aleatorizado para comparar la formación en SL y en la vida real.

Esta sección está descrita en la siguiente publicación:

- Lorenzo-Alvarez R, Rudolphi-Solero, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero F. **Medical student education for abdominal radiographs in a 3D virtual classroom versus traditional classroom: a randomized controlled trial**. American Journal of Roentgenology. 2019;213(3):644-650. <https://doi.org/10.2214/AJR.19.21131>

### III.5. Juego competitivo multiusuarios para el aprendizaje de radiología: "League of Rays"

Esta sección está descrita en la siguiente publicación:

- Lorenzo-Alvarez R, Rudolphi-Solero, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero F. **A multiuser online game for medical undergraduate radiology learning within the virtual world of Second Life**. Anatomical Sciences Education. 2020;13(5):602-617. <https://doi.org/10.1002/ase.1927>

### III.6. Gestión de datos y tratamiento estadístico

Esta sección está descrita en las siguientes publicaciones:

- Lorenzo-Alvarez R, Pavia-Molina J, Sendra-Portero F. **Exploring the Potential of Undergraduate Radiology Education in the Virtual World Second Life with First-cycle and Second-cycle Medical Students**. Academic Radiology. 2018;25(8):1087-1096. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2018.02.026>

- Lorenzo-Alvarez R, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero F. **Medical students' and family physicians' attitudes and perceptions toward radiology learning in the virtual world Second Life.** American Journal of Roentgenology. 2019;212;1295-1302. <https://doi.org/10.2214/AJR.18.20381>
- Lorenzo-Alvarez R, Rudolphi-Solero, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero F. **Medical student education for abdominal radiographs in a 3D virtual classroom versus traditional classroom: a randomized controlled trial.** American Journal of Roentgenology. 2019;213(3):644-650. <https://doi.org/10.2214/AJR.19.21131>
- Lorenzo-Alvarez R, Rudolphi-Solero, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero F. **A multiuser online game for medical undergraduate radiology learning within the virtual world of Second Life.** Anatomical Sciences Education. 2020;13(5):602-617. <https://doi.org/10.1002/ase.1927>

## IV. RESULTADOS

### IV.1. Docencia de radiología para estudiantes de Medicina (Proyecto piloto).

Esta sección está descrita en la siguiente publicación:

- Lorenzo-Alvarez R, Pavia-Molina J, Sendra-Portero F. **Exploring the Potential of Undergraduate Radiology Education in the Virtual World Second Life with First-cycle and Second-cycle Medical Students**. Academic Radiology. 2018;25(8):1087-1096. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2018.02.026>

### IV.2. Talleres de interpretación radiológica para estudiantes de medicina y médicos de atención primaria

Esta sección está descrita en la siguiente publicación:

- Lorenzo-Alvarez R, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero F. **Medical students' and family physicians' attitudes and perceptions toward radiology learning in the virtual world Second Life**. American Journal of Roentgenology. 2019;212;1295-1302. <https://doi.org/10.2214/AJR.18.20381>

### IV.3. Ensayo aleatorizado para comparar la formación en SL y la vida real.

Esta sección está descrita en la siguiente publicación:

- Lorenzo-Alvarez R, Rudolphi-Solero, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero F. **Medical student education for abdominal radiographs in a 3D virtual classroom versus traditional classroom: a randomized controlled trial**. American Journal of Roentgenology. 2019;213(3):644-650. <https://doi.org/10.2214/AJR.19.21131>

### IV.4. Juego competitivo multiusuarios para el aprendizaje de radiología.

Esta sección está descrita en la siguiente publicación:

- Lorenzo-Alvarez R, Rudolphi-Solero, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero F. **A multiuser online game for medical undergraduate radiology learning within the virtual**

**world of Second Life.** Anatomical Sciences Education. 2020;13(5):602-617.  
<https://doi.org/10.1002/ase.1927>

## V. DISCUSIÓN

### V.1. La formación médica en Second Life

La decisión de usar SL para esta tesis se basó en el hecho de que es la plataforma virtual más utilizada para la formación de profesionales de la salud [Liaw et al. 2018], es gratuita para los participantes (estudiantes y profesores) y no es compleja de utilizar para usuarios en torno a 20 años de edad, como los estudiantes de medicina, que constituyen el sujeto principal de estudio de este proyecto.

El proceso de diseñar proyectos de investigación en SL sigue el mismo ciclo que otros proyectos de investigación académica (identificar objetivos, el fundamento teórico, seleccionar el método y análisis, difundir los resultados). Sin embargo, trabajar en un entorno virtual presenta nuevos obstáculos y nuevas oportunidades [Moschini 2010]. Algunas de las herramientas de investigación disponibles en SL imitan a su equivalente en el mundo real, mientras que otras son totalmente nuevas y requieren cierto grado de familiaridad con SL. La necesidad de más investigación empírica para descubrir los resultados pedagógicos del aprendizaje en SL en particular, y en los mundos virtuales en general, ha sido resaltada en varias publicaciones [Hansen et al. 2009, Liaw et al. 2018].

Todos los subproyectos del presente estudio han mostrado que el conocimiento previo de los participantes sobre SL era escaso. Esto favorece el potencial educativo de los entornos virtuales, ya que, de acuerdo con Rosal et al. [2012], las personas que no están familiarizadas con los mundos virtuales son capaces de participar dentro de ellos con fines educativos de una forma eficaz y calificar la experiencia como favorable.

Aunque a priori SL pueda resultar una red social más, tiene un gran potencial para desarrollar una amplia variedad de actividades relacionadas con la salud, dirigidas a un grupo de usuarios muy diverso: incluyendo organizaciones, grupos de pacientes, profesionales y público en general [Beard et al. 2009, Ghanbarzadeh et al. 2011]. Estas actividades están principalmente dedicadas a la educación de los pacientes y al cuidado de temas de salud, y un número considerable de ellas están dedicadas a la formación de personal sanitario.

Estudios previos han explorado distintas posibilidades de SL en la educación de diferentes profesionales de la salud, por ejemplo: en odontología [Papadopoulos et al. 2013,

Antoniou et al. 2014], psicología clínica [Gorini et al. 2008], enfermería [Ahem y Wink 2010, Schaffer et al. 2016] y medicina [Wiecha et al. 2010, Mitchell 2011, Schwaab et al. 2011, Melus-Palazon et al. 2012]. También hay estudios específicamente dedicados a la educación de estudiantes de medicina en mundos virtuales [Richardson et al. 2011, Creutzfeldt et al. 2016, Gazave y Hatcher 2017]. En cuanto a los temas tratados en los proyectos de educación médica en SL estos pueden abarcar diversos aspectos del curriculum médico, como anatomía [Richardson et al. 2011, Gazave y Hatcher 2017], cuidados básicos en pediatría [Jane Cook 2012], reanimación cardio-pulmonar [Creutzfeldt et al. 2010, 2013] o cuidados críticos y urgencias [Schwaab et al. 2011] entre otros. Pero en nuestro conocimiento, los proyectos de este estudio, son los primeros que se realizan en SL específicamente dedicados a la enseñanza de pregrado en Radiología.

## V.2. Análisis del proyecto piloto

Esta sección está descrita en la siguiente publicación:

- Lorenzo-Alvarez R, Pavia-Molina J, Sendra-Portero F. **Exploring the Potential of Undergraduate Radiology Education in the Virtual World Second Life with First-cycle and Second-cycle Medical Students**. Academic Radiology. 2018;25(8):1087-1096. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2018.02.026>

## V.3. Talleres de radiología para estudiantes y médicos de atención primaria

Esta sección está descrita en la siguiente publicación:

- Lorenzo-Alvarez R, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero F. **Medical students' and family physicians' attitudes and perceptions toward radiology learning in the virtual world Second Life**. American Journal of Roentgenology. 2019;212;1295-1302. <https://doi.org/10.2214/AJR.18.20381>

## V.4. Comparación del aprendizaje en Second Life y en la vida real

Esta sección está descrita en la siguiente publicación:

- Lorenzo-Alvarez R, Rudolphi-Solero, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero F. **Medical student education for abdominal radiographs in a 3D virtual classroom versus**

**traditional classroom: a randomized controlled trial.** American Journal of Roentgenology. 2019;213(3):644-650. <https://doi.org/10.2214/AJR.19.21131>

### V.5. League of Rays

Esta sección está descrita en la siguiente publicación:

- Lorenzo-Alvarez R, Rudolphi-Solero, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero F. **A multiuser online game for medical undergraduate radiology learning within the virtual world of Second Life.** Anatomical Sciences Education. 2020;13(5):602-617. <https://doi.org/10.1002/ase.1927>

### V.6. Limitaciones del presente estudio

Esta sección está descrita en las siguientes publicaciones:

- Lorenzo-Alvarez R, Pavia-Molina J, Sendra-Portero F. **Exploring the Potential of Undergraduate Radiology Education in the Virtual World Second Life with First-cycle and Second-cycle Medical Students.** Academic Radiology. 2018;25(8):1087-1096. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2018.02.026>
- Lorenzo-Alvarez R, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero F. **Medical students' and family physicians' attitudes and perceptions toward radiology learning in the virtual world Second Life.** American Journal of Roentgenology. 2019;212;1295-1302. <https://doi.org/10.2214/AJR.18.20381>
- Lorenzo-Alvarez R, Rudolphi-Solero, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero F. **Medical student education for abdominal radiographs in a 3D virtual classroom versus traditional classroom: a randomized controlled trial.** American Journal of Roentgenology. 2019;213(3):644-650. <https://doi.org/10.2214/AJR.19.21131>
- Lorenzo-Alvarez R, Rudolphi-Solero, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero F. **A multiuser online game for medical undergraduate radiology learning within the virtual world of Second Life.** Anatomical Sciences Education. 2020;13(5):602-617. <https://doi.org/10.1002/ase.1927>

## V.7. Otras posibilidades de Second Life para la formación en radiología

Esta sección está descrita en la siguiente publicación:

- Lorenzo-Alvarez R, Pavia-Molina J, Sendra-Portero F. **Posibilidades del entorno virtual tridimensional Second Life® para la formación en radiología.** Radiología. 2018;60(4):273-279. <https://doi.org/10.1016/j.rx.2018.02.006>

## V.8. Perspectivas futuras

Esta sección está descrita en las siguientes publicaciones:

- Lorenzo-Alvarez R, Pavia-Molina J, Sendra-Portero F. **Posibilidades del entorno virtual tridimensional Second Life® para la formación en radiología.** Radiología. 2018;60(4):273-279. <https://doi.org/10.1016/j.rx.2018.02.006>
- Lorenzo-Alvarez R, Pavia-Molina J, Sendra-Portero F. **Exploring the Potential of Undergraduate Radiology Education in the Virtual World Second Life with First-cycle and Second-cycle Medical Students.** Academic Radiology. 2018;25(8):1087-1096. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2018.02.026>
- Lorenzo-Alvarez R, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero F. **Medical students' and family physicians' attitudes and perceptions toward radiology learning in the virtual world Second Life.** American Journal of Roentgenology. 2019;212:1295-1302. <https://doi.org/10.2214/AJR.18.20381>
- Lorenzo-Alvarez R, Rudolphi-Solero, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero F. **Medical student education for abdominal radiographs in a 3D virtual classroom versus traditional classroom: a randomized controlled trial.** American Journal of Roentgenology. 2019;213(3):644-650. <https://doi.org/10.2214/AJR.19.21131>
- Lorenzo-Alvarez R, Rudolphi-Solero, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero F. **A multiuser online game for medical undergraduate radiology learning within the virtual world of Second Life.** Anatomical Sciences Education. 2020;13(5):602-617. <https://doi.org/10.1002/ase.1927>

## VI. CONCLUSIONES

Esta sección está descrita en las siguientes publicaciones:

- Lorenzo-Alvarez R, Pavia-Molina J, Sendra-Portero F. **Posibilidades del entorno virtual tridimensional Second Life® para la formación en radiología.** Radiología. 2018;60(4):273-279. <https://doi.org/10.1016/j.rx.2018.02.006>
- Lorenzo-Alvarez R, Pavia-Molina J, Sendra-Portero F. **Exploring the Potential of Undergraduate Radiology Education in the Virtual World Second Life with First-cycle and Second-cycle Medical Students.** Academic Radiology. 2018;25(8):1087-1096. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2018.02.026>
- Lorenzo-Alvarez R, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero F. **Medical students' and family physicians' attitudes and perceptions toward radiology learning in the virtual world Second Life.** American Journal of Roentgenology. 2019;212;1295-1302. <https://doi.org/10.2214/AJR.18.20381>
- Lorenzo-Alvarez R, Rudolphi-Solero, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero F. **Medical student education for abdominal radiographs in a 3D virtual classroom versus traditional classroom: a randomized controlled trial.** American Journal of Roentgenology. 2019;213(3):644-650. <https://doi.org/10.2214/AJR.19.21131>
- Lorenzo-Alvarez R, Rudolphi-Solero, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero F. **A multiuser online game for medical undergraduate radiology learning within the virtual world of Second Life.** Anatomical Sciences Education. 2020;13(5):602-617. <https://doi.org/10.1002/ase.1927>

## VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Ahem N, Wink DM. 2010. Virtual learning environments: second life. *Nurse Educ.* 35(6):225-227.
2. Akl EA, Pretorius RW, Sackett K, Erdley WS, Bhoopathi PS, Alfarah Z, Schünemann HJ. 2010. The effect of educational games on medical students' learning outcomes: a systematic review: BEME Guide No 14. *Med Teach.* 32(1):16-27.
3. Al Aseri Z. 2009. Accuracy of chest radiograph interpretation by emergency physicians. *Emerg Radiol.* 16:111-114.
4. Antoniou PE, Athanasopoulou CA, Dafla E, Bamidis PD. 2014. Exploring design requirements for repurposing dental virtual patients from the web to second life: a focus group study. *J Med Internet Res.* 16(6):e151.
5. Baker SC, Wentz RK, Woods MM. 2009. Using virtual worlds in education: Second Life® as an educational tool. *Teach Psychol.* 36:59-64.
6. Beard L, Wilson K, Morra D, Keelan J. 2009. A survey of health-related activities on second life. *J Med Internet Res.* 11(2):e17.
7. Boulos MN, Hetherington L, Wheeler S. 2007. Second life: an overview of the potential of 3-D virtual worlds in medical and health education. *Health Info Libr J* (4):233-245.
8. Boeker M, Andel P, Vach W, Frankenschmidt A. 2013. Game-based e-learning is more effective than a conventional instructional method: a randomized controlled trial with third-year medical students. *PLoS One.* 8(12):e82328.
9. Boerger F, Tietgens H. 2014. TÜV NORD IN 3D: Avatars at Work—From Second Life to the Web 3D. En Hebbel-Seeger A, Reiners T, Schäffer D (editors). *Synthetic Worlds: Emerging Technologies in Education and Economics, Integrated Series in Information Systems 33.* New York. Springer Science+Business Media; p.3-62
10. Castronova E. 2001. *Virtual Worlds: A First-Hand Account of Market and Society on the Cyberian Frontier* CESifo Working Paper Series No. 618. [consultado 16 sep 2018] <https://ssrn.com/abstract=294828>

11. Chen PH, Roth H, Galperin-Aizenberg M, Ruutiainen AT, Gefter W, Cook TS. 2017. Improving abnormality detection on chest radiography using game-like reinforcement mechanics. *Acad Radiol.* 24(11):1428-1435.
12. Chen PH, Scanlon MH. 2018. Teaching radiology trainees from the perspective of a Millennial. *Acad Radiol.* 25(6):794-800.
13. Childress MD, Braswell R. 2006. Using massively multiplayer on line role-playing games for online learning. *Distance Educ.* 27:187-196.
14. Conradi E, Kavia S, Burden D, Rice A, Woodham L, Beaumont C, Savin-Baden M, Poulton T. 2009. Virtual patients in a virtual world: Training paramedic students for practice. *Med Teach.* 31(8):713-720.
15. Creutzfeldt J, Hedman L, Medin C, Heinrichs WL, Felländer-Tsai L. 2010. Exploring virtual worlds for scenario-based repeated team training of cardiopulmonary resuscitation in medical students. *J Med Internet Res.* 12(3):e38
16. Creutzfeldt J, Hedman L, Heinrichs L, Youngblood P, Felländer-Tsai L. 2013. Cardiopulmonary resuscitation training in high school using avatars in virtual worlds: an international feasibility study. *J Med Internet Res.* 15(1):e9
17. Creutzfeldt J, Hedman L, Felländer-Tsai L. 2016. Cardiopulmonary Resuscitation Training by Avatars: A Qualitative Study of Medical Students' Experiences Using a Multiplayer Virtual World. *JMIR Serious Games.* 4(2):e22.
18. Czepielewski S, Christodouloupoulou C, Kleiner J, Mirinaviciute W, Valencia E. 2011. Virtual 3D Tools in Online Language Learning. In Czepielewski S, editor. *Learning a Language in Virtual Worlds: A Review of Innovation and ICT in Language Teaching Methodology.* V-lang international conference, Warsaw. Warsaw Academy of Computer Science, Management and Administration. p.7-14.
19. De John N, Savin-Baden M, Cunningham AM, Verstegen DML. 2014. Blended learning in health education: three case studies. *Pespect Med Educ.* 3:278-288.
20. De Lucia A, Francese R, Passero I, Tortora G. 2009. Development and evaluation of a virtual campus on Second Life: The case of SecondDMI. *Comput Educ.* 52(1): 220-233.
21. Del Cura Rodríguez JL, Martínez Noguera A, Sendra-Portero F, Rodríguez González R, Puig Domingo J, Alguersuari Cabiscol A. 2008. The teaching of radiology in

- medical schools in Spain. Report of the Education Committee of the SERAM. *Radiologia*. 50(3):177-182.
22. Den Harder AM, Frijlingh M, Ravesloot CJ, Oosterbaan AE, van der Gijp A. 2016. The Importance of Human-Computer Interaction in Radiology E-learning. *J Digit Imaging*. 29(2):195-205.
  23. Ellaway R, Poulton T, Fors U, McGee JB, Albright S. 2008. Building a virtual patient commons. *Med Teach*. 32(2):170-174.
  24. Englund C, Gustafsson M, Gallego G. 2017. Pharmacy Students' Attitudes and Perceptions of "Virtual Worlds" as an Instructional Tool for Clinical Pharmacy Teaching. *Pharmacy* 5:5.
  25. Fredricks JA, McColskey W. 2012. The Measurement of Student Engagement: A Comparative Analysis of Various Methods and Student Self-report Instruments. In Christenson SL, Reschly AL, Wylie C, editors. *Handbook of Research on Student Engagement*. New York: Springer Science+Business Media, LLC; p.763-782.
  26. Gazave CM, Hatcher ER. 2017. Evaluating the Use of Second Life™ for Virtual Team-Based Learning in an Online Undergraduate Anatomy Course. *Med Sci Educ*. 27:217–227.
  27. Ghanbarzadeh R, Ghapanchi AH, Blumenstein M, Talaei-Khoei A. 2014. A decade of research on the use of three-dimensional virtual worlds in health care: a systematic literature review. *J Med Internet Res*. 16(2):e47.
  28. Girvan C, Savage T. 2010. Identifying an appropriate pedagogy for virtual worlds: A Communal Constructivism case study. *Comput Educ*. 55(1): 342-349,
  29. Good J, Howland K, Thackray L. 2008. Problem-based learning spanning real and virtual worlds: a case study in Second Life. *ALT-J, Res Learn Technol*. 16(3):163-172.
  30. Gorini A, Gaggioli A, Vigna C, Riva G. 2008. A second life for eHealth: prospects for the use of 3-D virtual worlds in clinical psychology. *J Med Internet Res*. 10(3):e21.
  31. Gregory S, Scutter S, Jacka L, McDonald M, Farley H, Newman C. 2015. Barriers and Enablers to the Use of Virtual Worlds in Higher Education: An Exploration of Educator Perception, Attitudes, and Experiences. *J Educ Technol Soc*. 18(1):3-12.

32. Gustafsson M, Englund C, Gallego G. 2017. The description and evaluation of virtual worlds in clinical pharmacy education in Northern Sweden. *Curr Pharm Teach Learn.* 9(5):887-892.
33. Hansen MM, Murray PJ, Erdley WS. 2009. The potential of 3-D virtual worlds in professional nursing education. *Stud Health Technol Inform.* 146:582-586.
34. Hassouneh D, Brengman M. 2014. A motivation-based typology of social virtual world users. *Comput Human Behav.* 33: 330-338.
35. Heptonstall NB, Ali T, Mankad K. 2016. Integrating Radiology and Anatomy Teaching in Medical Education in the UK-The Evidence, Current Trends, and Future Scope. *Acad Radiol.* 23(4):521-526.
36. Hodge E, Collins S, Giordano T. 2011. *The virtual worlds handbook: how to use Second Life® and other 3D virtual environments.* Sudbury, Jones and Bartlett Publishers, LLC.
37. Huang Y-C, Han SR. 2014. An Immersive Virtual Reality Museum via Second Life. Extending Art Appreciation from 2D to 3D. En: Stephanidis C, editor. *HCI International 2014 - Posters' Extended Abstracts.* International Conference, HCI International 2014, Heraklion, Crete, June 22-27, 2014. Proceedings, Part I. Switzerland: Springer International Publishing; p.579-584.
38. Jamaludin A, Chee YS, Ho CML. 2009. Fostering argumentative knowledge construction through enactive role play in Second Life. *Comput Educ.* 53(2): 317-329.
39. Jane Cook M. 2012. Design and initial evaluation of a virtual pediatric primary care clinic in Second Life(®). *J Am Acad Nurse Pract.* 24(9):521-527.
40. Jeffrey DR, Goddard PR, Callaway MP, Greenwood R. 2003. Chest radiograph interpretation by medical students. *Clin Radiol.* 58:478-481.
41. Kaur M, Singla S, Mahajan R. 2016. Item analysis of in use multiple choice questions in pharmacology. *Int J Appl Basic Med Res.* 6:170-173.
42. Ketelsen D, Schroedl F, Knickenberg I, Heckemann RA, Hothorn T, Neuhuber W, Bautz WA, Grunewald M. 2007. Modes of information delivery in radiologic anatomy education: impact on student performance. *Acad Radiol.* 14(1):93-99.

43. Kerfoot BP, Kissane N. 2014. The use of gamification to boost residents' engagement in simulation training. *JAMA Surg.* 149:1208-1209.
44. Kidd LI, Knisley SJ, Morgan KI. 2012. Effectiveness of a second life(®) simulation as a teaching strategy for undergraduate mental health nursing students. *J Psychosoc Nurs Ment Health Serv.* 50(7):28-37.
45. Kok EM, de Bruin AB, Leppink J, van Merriënboer JJ, Robben SG. 2015. Case Comparisons: An Efficient Way of Learning Radiology. *Acad Radiol.* 22(10):1226-1235.
46. Lee MJW, Dalgarno B, Gregory S, Tynan B. 2016. Introduction. En Gregory S, Lee MJW, Dalgarno B, Tynan B (eds.). *Learning in virtual worlds. Research and applications.* AU Press, Atabasca University. Edmonton, Canadá. p.xix-xxvii.
47. Liaw SY, Carpio GAC, Lau Y, Tan SC, Lim WS, Goh PS. Multiuser virtual worlds in healthcare education: A systematic review. *Nurse Educ Today.* 2018 Jun;65:136-149.
48. Linden Research Inc. 2013a. Second Life celebrates 10-year anniversary. [consultado 04 ene 2018].  
<https://www.lindenlab.com/releases/second-life-celebrates-10-year-anniversary>.
49. Linden Research Inc. 2013b. Second Life Education Directory. Academic organizations in Second Life. [consultado 04 ene 2018]  
[http://wiki.secondlife.com/wiki/Second\\_Life\\_Education\\_Directory](http://wiki.secondlife.com/wiki/Second_Life_Education_Directory).
50. Linden Research Inc. 2018a. Second Life Página Web principal (URL). [consultado 04 ene 2018] <http://www.secondlife.com>.
51. Linden Research Inc. 2018b. Second life viewer download. [consultado 04 ene 2018]  
<http://secondlife.com/support/downloads/>.
52. Linden Research Inc. 2018c. Second Life third party viewer directory. [consultado 04 ene 2018] [http://wiki.secondlife.com/wiki/Third\\_Party\\_Viewer\\_Directory](http://wiki.secondlife.com/wiki/Third_Party_Viewer_Directory).
53. Linden Research Inc. 2018d. The Medical Master Island. Second Life maps location (SLURL). [consultado 04 ene 2018]  
<http://maps.secondlife.com/secondlife/Medical%20Master%20Island/121/87/23>.

54. Linden Research Inc. 2018e. Linden Lab Inc. Art destination in Second Life. [consultado 04 ene 2018] <http://secondlife.com/destinations/arts>.
55. Linden Research Inc. 2018f. Second Life System requirements. [consultado 04 ene 2018] <https://secondlife.com/support/system-requirements/>.
56. Linden Research Inc. 2018g. Education and Non-Profit Discount Terms and Conditions. 2014. [consultado 04 ene 2018]  
[http://wiki.secondlife.com/wiki/Linden Lab Official:Education and Non-Profit Discount Terms and Conditions](http://wiki.secondlife.com/wiki/Linden_Lab_Official:Education_and_Non-Profit_Discount_Terms_and_Conditions).
57. Marker DR, Bansal AK, Juluru K, Magid D. 2010. Developing a radiology-based teaching approach for gross anatomy in the digital era. *Acad Radiol*. 17(8):1057-1065.
58. Márquez IV. 2011. Metaversos y educación: Second Life como plataforma educativa. *REVISTA ICONO14*. 2:151-166.
59. Mahaley S, Teigland R. 2010. Advancing learning through virtual worlds. In Murugesan S, editor. *Handbook of research on Web 2.0, 3.0, and x.0: technologies, business, and social applications*. Information Science Reference, Hershey; p.556-572.
60. Manjón Mostazo FJ. 2016. Creación, desarrollo y evaluación de un entorno inmersivos desatendido para el aprendizaje de Radiología basado en juegos 3D. Tesis doctoral. Universidad de Málaga. [consultado 16 sep 2018] <http://hdl.handle.net/10630/13060>
61. Massingham P, Herrington T. 2006. Does Attendance Matter? An Examination of Student Attitudes, Participation, Performance and Attendance. *J University Teach Learn Pract*. 3:80-103. [consultado 16 sep 2018]  
<http://ro.uow.edu.au/jutlp/vol3/iss2/3>
62. Mauldin Pereira M, Artemiou E, McGonigle D, Conan A, Sithole F, Yvorchuk-St Jean K. 2018. Using the Virtual World of Second Life in Veterinary Medicine: Student and Faculty Perceptions. *J Vet Med Educ*. 45(2):148-155.
63. McCoy L, Lewis JH, Dalton D. 2016. Gamification and Multimedia for Medical Education: A Landscape Review. *J Am Osteopath Assoc*. 116(1):22-34.

64. Melus-Palazon E, Bartolome-Moreno C, Palacin-Arbues JC, Lafuente-Lafuente A, Garcia IG, Guillen S, Esteban AB, Clemente S, Marco AM, Gargallo PM, Lopez C, Magallon-Botaya R. 2012. Experience with using second life for medical education in a family and community medicine education unit. *BMC Med Educ.* 12:30.
65. Miller M, Jensen R. 2014. Avatars in nursing: an integrative review. *Nurse Educ.* 39(1):38-41.
66. Milles KA. 2005. Diagnostic imaging in undergraduate medical education: an expanding role. *Clin Radiol.* 60(7):742-745.
67. Minocha S, Hardy C. 2016. Navigation and wayfinding in learning spaces in 3D virtual worlds. En: Gregory S, Lee MJW, Dalgarno B, Tynan B (eds.). *Learning in virtual worlds. Research and applications.* AU Press, Atabasca University. Edmonton, Canadá. p. 3-41.
68. Mitchell S, Heyden R, Heyden N, Schroy P, Andrew S, Sadikova E, Wiecha J. 2011. A pilot study of motivational interviewing training in a virtual world. *J Med Internet Res.* 13(3):e77.
69. Moschini E. 2010. The Second Life researcher toolkit. En Peachey A, Gillen J, Livingstone D, Smith-Robbins S. (eds.). *Researching learning in virtual worlds.* Human Computer Interaction Series. Springer London. The Open University. p. 17-51.
70. Murray JH. 1999. *Hamlet en la Holocubieta. El futuro de la narrativa en el ciberespacio.* Barcelona: Paidós.
71. Navarro-Sanchis EL, Sendra-Portero F. 2005. Informatics in Radiology (infoRAD): album of radiologic signs: a useful tool for training in radiologic semiology. *Radiographics.* 25(1):257-262.
72. Nevin C, Westfall AO, Rodriguez JM, Dempsey DM, Cherrington A, Roy B, Patel M, Willig JH. 2014. Gamification as a tool for enhancing graduate medical education. *Postgrad Med J.* 90:685-693.
73. Nyhsen CM, Lawson C, Higginson J. 2011. Radiology teaching for junior doctors: their expectations, preferences and suggestions for improvement. *Insights Imag.* 2(3):261-266.

74. Nyhsen CM, Steinberg LJ, O'Connell JE. 2013. Undergraduate radiology teaching from the student's perspective. *Insights Imag.* 4(1):103–109.
75. Olteanu RL, Bîzoi M, Gorghiu G, Suduc A-M. 2014. Working in the Second Life environment – A way for enhancing students' collaboration. *Procedia Soc Behav Sci.* 141:1089–1094.
76. Papadopoulos L, Pentzou AE, Louloudiadis K, Tsiatsos TK. 2013. Design and evaluation of a simulation for pediatric dentistry in virtual worlds. *J Med Internet Res.* 15(11):e240.
77. Patel V, Lee H, Taylor D, Aggarwal R, Kinross J, Darzi A. 2012. Virtual worlds are an innovative tool for medical device training in a simulated environment. *Stud Health Technol Inform.* 173:338-343.
78. Patil RN, Almale BD, Patil M, Gujrathi A, Dhakne-Palwe S, Patil AR, Gosavi S. 2016. Attitudes and Perceptions of Medical Undergraduates Towards Mobile Learning (M-learning). *J Clin Diagn Res.* 10:JC06–JC10.
79. Phillips AW, Smith SG, Straus CM. 2013. The role of radiology in preclinical anatomy: a critical review of the past, present, and future. *Acad Radiol.* 20(3):297-304.e1.
80. Retrouvey M, Trace AP, Goodmurphy CW, Shaves S. 2018. JOURNAL CLUB: Redefining the Radiology Curriculum in Medical School: Vertical Integration and Global Accessibility. *AJR.* 210:118–122.
81. Richardson A, Hazzard M, Challman SD, Morgenstein AM, Brueckner JK. 2011. A "Second Life" for gross anatomy: applications for multiuser virtual environments in teaching the anatomical sciences. *Anat Sci Educ.* 4(1):39-43.
82. Richardson-Hatcher A, Hazzard M, Ramirez-Yanez G. 2014. The cranial nerve skywalk: A 3D tutorial of cranial nerves in a virtual platform. *Anat Sci Educ* 7:469-478.
83. Rondon S, Sassi FC, Furquim de Andrade CR. 2013. Computer game-based and traditional learning method: a comparison regarding students' knowledge retention. *BMC Med Educ.* 13:30.
84. Rojas D, Kapralos B, Dubrowski A. 2016. The role of game elements in online learning within health professions education. *Stud Health Technol Inform.* 220:329–334.

85. Rosal MC, Heyden R, Mejilla R, Rizzodepaoli M, Chetty V, Wiecha JM. 2012. Design and methods for a comparative effectiveness pilot study: virtual world vs. face-to-face diabetes self-management. *JMIR Res Protoc.* 1(2):e24.
86. Rutledge C, Walsh CM, Swinger N, Auerbach M, Castro D, Dewan M, Khattab M, Rake A, Harwayne-Gidansky I, Raymond TT, Maa T, Chang TP. 2018. Gamification in Action: Theoretical and Practical Considerations for Medical Educators. *Acad Med.* 2018 Jul;93(7):1014-1020.
87. Rymaszewski M, Au WJ, Wallace M, Winters C, Ondrejka C, Batstone-Cunningham B. 2007. *Second Life®: the official guide.* Indianapolis, Wiley Publishing Inc.
88. Salajegheh A, Jahangiri A, Dolan-Evans E, Pakneshan S. 2016. A combination of traditional learning and e-learning can be more effective on radiological interpretation skills in medical students: a pre- and post-intervention study. *BMC Med Educ.* 16:46.
89. Sauvé L, Renaud L, Kaufman D, Marquis JS. 2007. Distinguishing between games and simulations: A Systematic review. *Educational Technology & Society* 10(3):247-256.
90. Schaffer MA, Tiffany JM, Kantack K, Anderson LJ. 2016. Second Life(®) Virtual Learning in Public Health Nursing. *J Nurs Educ.* 55(9):536-40.
91. Shepherd T. 2018. Second Life grid survey – Region database. [Consultado 12 septiembre 2018] <http://www.gridsurvey.com>.
92. Schoonheim M, Heyden R, Wiecha JM. 2014. Use of a virtual world computer environment for international distance education: lessons from a pilot project using Second Life. *BMC Med Educ.* 14:36.
93. Schwaab J, Kman N, Nagel R, Bahner D, Martin DR, Khandelwal S, Vozenilek J, Danforth DR, Nelson R. 2011. Using second life virtual simulation environment for mock oral emergency medicine examination. *Acad Emerg Med.* 18(5):559-62.
94. Sendra-Portero F, Muñoz-Núñez CF. 2011. Online training tools in radiology. *Radiologia.* 53(6):498-505.
95. Sendra-Portero F, Torales-Chaparro OE, Ruiz-Gómez MJ. 2012. Medical students' skills in image interpretation before and after training: a comparison between 3rd-

- year and 6th-year students from two different medical curricula. *Eur J Radiol.* 81(12):3931-3935.
96. Sendra-Portero F, Martín Montañez E, Barón López FJ, Pavía Molina J. 2013a. El proyecto The Medical Master Island: explorando las posibilidades del aprendizaje inmersivo 3D en pregrado y postgrado. En Pereira J, Nájera A, Arribas E, Arenas M (eds). *Actividades de innovación en la educación universitaria española*. Asociación de Profesores Universitarios de Radiología y Medicina Física (APURF). Creative Commons 3.0 España. P. 193-204.
  97. Sendra-Portero F, Torales-Chaparro OE, Ruiz-Gómez MJ, Martínez-Morillo M. 2013b. A pilot study to evaluate the use of virtual lectures for undergraduate radiology teaching. *Eur J Radiol.* 82:888–893.
  98. Stephenson N. 1992. *Snow Crash*. New York: Bantam Books.
  99. Straus CM, Webb EM, Kondo KL, Phillips AW, Naeger DM, Carrico CW, Herring W, Neutze JA, Haines GR, Dodd GD 3rd. 2014. Medical student radiology education: summary and recommendations from a national survey of medical school and radiology department leadership. *J Am Coll Radiol.* 11(6):606-10.
  100. Toro-Troconis M, Mellström U. 2010. Game-based learning in Second Life®. Do gender and age make a difference? *Journal of Gaming and Virtual Worlds.* 2(1): 53–76.
  101. Toro-Troconis M, Meeram M, Higham J, Mellström U, Partridge M. 2010. Design and delivery of game-based learning for virtual patients in Second Life: initial findings. En Peachey A, Gillen J, Livingstone D, Smith-Robbins S. (eds.). *Researching learning in virtual worlds*. Human Computer Interaction Series. Springer London. The Open University. p. 111-138.
  102. Thurley P, Dennick R. Problem-based learning and radiology. 2008. *Clin Radiol* 63(6):623–628.
  103. Vallance AK, Hemani A, Fernandez V, Livingstone D, McCusker K, Toro-Troconis M. 2014. Using virtual worlds for role play simulation in child and adolescent psychiatry: an evaluation study. *Psychiatr Bull* (2014). 38(5):204-210.
  104. Van Geel K, Kok EM, Dijkstra J, Robben SG, van Merriënboer JJ. 2017. Teaching Systematic Viewing to Final-Year Medical Students Improves Systematicity but Not Coverage or Detection of Radiologic Abnormalities. *J Am Coll Radiol*; 14:235–241.

105. Ventola CL. 2014. Mobile devices and apps for health care professionals: uses and benefits. *P T*. 39(5):356-364.
106. Veresova M, Mala D. 2016. Attitude toward School and Learning and Academic Achievement of Adolescents. *The European Proceedings of Social & Behavioural Sciences EpSBS*. [consultado 12 sep 2018]  
<http://dx.doi.org/10.15405/epsbs.2016.11.90>
107. Wiecha J, Heyden R, Sternthal E, Merialdi M. 2010. Learning in a virtual world: experience with using second life for medical education. *J Med Internet Res* 12(1):e1.
108. Wilson N, Valencia V, Smith-Bindman R. 2014. Virtual meetings: improving impact and accessibility of CME. *J Am Coll Radiol*. 11:231-232.
109. Zhang P, Ma X, Pan Z, Li X Xie K. 2010. Multi-agent cooperative reinforcement learning in 3D virtual world. In Tan Y, Shi Y, Tan KC, editors. *Advances in swarm intelligence. First international conference, ICSI 2010, Part I, LNCS 6145*. Springer-Verlag, Berlin. p. 731-739.
110. Zafar S, Safdar S, Zafar AN. 2014. Evaluation of use of e-Learning in undergraduate radiology education: a review. *Eur J Radiol*. 83(12):2277-2287.
111. Zichermann G, Cunningham C. 2011. Introduction. *Gamification by Design: Implementing Game Mechanics in Web and Mobile Apps*. O'Reilly Media, Inc., Sebastopol, CA. p. xiv.

## VIII. Comentarios abiertos

### VIII.1. Docencia de radiología para estudiantes de Medicina (Proyecto piloto).

Esta sección está descrita en el apéndice de la siguiente publicación:

- Lorenzo-Alvarez R, Pavia-Molina J, Sendra-Portero F. **Exploring the Potential of Undergraduate Radiology Education in the Virtual World Second Life with First-cycle and Second-cycle Medical Students**. Academic Radiology. 2018;25(8):1087-1096. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2018.02.026>

### VIII.2. Talleres de interpretación radiológica para estudiantes de medicina y médicos de atención primaria

Esta sección está descrita en el apéndice de la siguiente publicación:

- Lorenzo-Alvarez R, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero F. **Medical students' and family physicians' attitudes and perceptions toward radiology learning in the virtual world Second Life**. American Journal of Roentgenology. 2019;212;1295-1302. <https://doi.org/10.2214/AJR.18.20381>

### VIII.3. Ensayo aleatorizado para comparar la formación en SL y la vida real.

Esta sección está descrita en el apéndice de la siguiente publicación:

- Lorenzo-Alvarez R, Rudolphi-Solero, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero F. **Medical student education for abdominal radiographs in a 3D virtual classroom versus traditional classroom: a randomized controlled trial**. American Journal of Roentgenology. 2019;213(3):644-650. <https://doi.org/10.2214/AJR.19.21131>

### VIII.4. Juego competitivo multiusuarios para el aprendizaje de radiología.

Esta sección está descrita en el apéndice de la siguiente publicación:

- Lorenzo-Alvarez R, Rudolphi-Solero, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero F. **A multiuser online game for medical undergraduate radiology learning within the virtual**

**world of Second Life.** Anatomical Sciences Education. 2020;13(5):602-617.  
<https://doi.org/10.1002/ase.1927>

## IX. League of Rays: Documentos adicionales

Esta sección está descrita en el apéndice de la siguiente publicación:

- Lorenzo-Alvarez R, Rudolphi-Solero, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero F. **A multiuser online game for medical undergraduate radiology learning within the virtual world of Second Life.** Anatomical Sciences Education. 2020;13(5):602-617. <https://doi.org/10.1002/ase.1927>

