

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/386371335>

# Pensamiento Visible en el Aula de Fisica y Quimica: El Concepto de Densidad

Chapter · July 2024

CITATIONS  
0

READS  
348

2 authors:



Susana Quirós-Alpera  
International University of La Rioja  
20 PUBLICATIONS 276 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Ana María Gallego  
University of Valladolid  
13 PUBLICATIONS 318 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

# Técnicas inmersivas y aplicaciones tecnológicas para la innovación



Carmen Rodríguez-Rodríguez  
Natalia González Valdés  
Luis N. Sanguinet García  
(COORDINADORES)



**EGREGIUS**  
ediciones



TÉCNICAS INMERSIVAS Y APLICACIONES  
TECNOLÓGICAS PARA LA INNOVACIÓN





---

## TÉCNICAS INMERSIVAS Y APLICACIONES TECNOLÓGICAS PARA LA INNOVACIÓN

---

Coords.

CARMEN RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ  
NATALIA GONZÁLEZ VALDÉS  
LUIS N. SANGUINET GARCÍA





Esta obra de distribuye bajo licencia  
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0)

Egregius editorial autoriza a incluir esta obra en repositorios institucionales de acceso abierto para facilitar su difusión.

## TÉCNICAS INMERSIVAS Y APLICACIONES TECNOLÓGICAS PARA LA INNOVACIÓN

Diseño de cubierta: Marta Rubio González  
Maquetación: Francisco Anaya Benítez

© de los textos: los autores  
© de la presente edición: Egregius editorial  
Sevilla – 2024  
N.º 28 de la colección Horizonte Académico  
Primera edición, 2024

ISBN: 978-84-1177-053-8

NOTA EDITORIAL: Los puntos de vista, opiniones y contenidos expresados en esta obra son de exclusiva responsabilidad de sus respectivos autores. Dichas posturas y contenidos no reflejan necesariamente los puntos de vista de Egregius editorial, ni de los editores o coordinadores de la obra. Los autores asumen la responsabilidad total y absoluta de garantizar que todo el contenido que contribuyen a la obra es original, no ha sido plagiado y no infringe los derechos de autor de terceros. Es responsabilidad de los autores obtener los permisos adecuados para incluir material previamente publicado en otro lugar. Egregius editorial no asume ninguna responsabilidad por posibles infracciones a los derechos de autor, actos de plagio u otras formas de responsabilidad relacionadas con los contenidos de la obra. En caso de disputas legales que surjan debido a dichas infracciones, los autores serán los únicos responsables.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN. EXPERIENCIA Y TECNOLOGÍA: SU PAPEL INNOVADOR PARA EL CONOCIMIENTO.....	9
CARMEN RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ	
LUIS N. SANGUINET GARCÍA	
NATALIA GONZÁLEZ VALDÉS	
CAPÍTULO I. PENSAMIENTO VISIBLE EN EL AULA DE FÍSICA Y QUÍMICA: EL CONCEPTO DE DENSIDAD .....	27
SUSANA QUIRÓS-ALPERA	
ANA M. GALLEGOS DÍAZ	
CAPÍTULO II. LA ENSEÑANZA DE GEOLOGÍA APLICADA EN PRÁCTICAS DE CAMPO: INTEGRANDO TEORÍA Y EXPERIENCIA EN EL APRENDIZAJE .....	47
EFRÉN GARCÍA ORDALES	
ANTONIO LUIS MARQUÉS SIERRA	
PABLO CIENFUEGOS SUÁREZ	
CAPÍTULO III. <i>DOSSIER</i> DE PATROCINIO PARA LA RED DE EMPLEABILIDAD DEL DEPORTE MEDIANTE EL APRENDIZAJE BASADO EN RETOS .....	65
CARLOS SERRANO LUENGO	
ANTONIO HERNÁDEZ-MARTÍN	
JORGE LÓPEZ-FERNÁDEZ	
MARÍA LUISA MARTÍN-SÁNCHEZ	
CAPÍTULO IV. PROPENSITY COMO HERRAMIENTA TECNOLÓGICA PARA ANALIZAR LA OSTEONECROSIS DE MAXILARES .....	83
MARLENE DEL CARMEN GARCÍA QUINTANA	
CAPÍTULO V. VIDEOJUEGOS Y DOCENCIA DE HISTORIA MEDIEVAL. UNA ACTIVIDAD CON RISKY WOODS DE SEGA MEGA DRIVE PARA ALUMNOS DE GRADO .....	103
PLÁCIDO FERNÁNDEZ-VIAGAS ESCUDERO	

CAPÍTULO VI. DE LA INNOVACIÓN A LA INVESTIGACIÓN A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE DATOS DE SOLUCIONES TECNOLÓGICAS EDUCATIVAS.....	127
EMILIA LÓPEZ-IÑESTA	
DANIEL GARCÍA-COSTA	
MARÍA T. SANZ	
FRANCISCO GRIMALDO	
CAPÍTULO VII. EL USO DEL PORTAFOLIO COMO HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN INTEGRADORA: PROPUESTA DE INNOVACIÓN EN LA ASIGNATURA INGENIERIA Y SOCIEDAD.....	143
MARIANA VERÓNICA GONZÁLEZ	
CAPÍTULO VIII. INNOVACIÓN DOCENTE EN FISIOTERAPIA ONCOLÓGICA A TRAVÉS DE LA TELEREHABILITACIÓN: UNA PROPUESTA DE AVANCE EDUCATIVO .....	157
ANA BELÉN ROMOJARO RODRÍGUEZ	
CAPÍTULO IX. REAL-WORLD EXPLOITATION OF DRONE TECHNOLOGY AND EXPERT SYSTEMS FOR ENHANCED LAST-MILE DELIVERY OPERATIONS .....	187
DAVID SANCHEZ-WELLS	
PEDRO L. GONZALEZ-R.	
JOSE L. ANDRADE-PINEDA	

## EXPERIENCIA Y TECNOLOGÍA: SU PAPEL INNOVADOR PARA EL CONOCIMIENTO

---

CARMEN RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ  
*Universidade da Coruña*

LUIS N. SANGUINET GARCÍA  
*Universidad Rey Juan Carlos*

NATALIA GONZÁLEZ VALDÉS  
*Universidad Rey Juan Carlos*

En este texto analizamos la importancia de la innovación en el campo del conocimiento y cómo abordarla a través de dos rutas diferenciadas, pero con elementos en común: las técnicas inmersivas y las aplicaciones tecnológicas. Ambas responden a las transformaciones que han configurado la sociedad contemporánea, ambas destacan por su innegable carácter social y ambas han tomado cuerpo en la normativa de la educación superior en España.

La vertiginosa rapidez y la amplia expansión de los cambios sociales en las sociedades contemporáneas configuran las nuevas necesidades del proceso de enseñanza-aprendizaje. Marcan un nuevo ritmo y nuevos requisitos para la conexión con la realidad que se intenta conocer y para la que se intenta formar. Una realidad cuyos miembros, sometidos también a estos cambios, son los coprotagonistas del proceso educativo.

Se requiere una adaptación, a través de la innovación metodológica y técnica, de la educación a un mundo cambiante, líquido (Bauman, 2003), que necesita ser aprendido y aprehendido, que necesita ser escuchado y para el que se necesita dar respuestas. La innovación tecnológica llega a los espacios laborales, reformulándolos y adaptándolos a los nuevos contextos sociales, especialmente mediante su digitalización. Estos nuevos entornos digitales requieren también de una pedagogía digital, indispensable por los avances tecnológicos de los entornos como la

sanidad (Mc Donald et al., 2018) o la ingeniería (Sartor, 2012 y Cukierman, 2018), entre otros campos; por lo que las tecnologías emergentes conllevan e implican, de manera directa e indirecta, la necesidad de la innovación docente. Y esto es especialmente significativo en el sector educativo, que resulta ser, a la vez, un espacio laboral en sí mismo y un espacio de preparación para el trabajo, para el mundo laboral.

De esta manera, la actualización de un sector estratégico como es el educativo constituye un elemento esencial para una exitosa socialización del individuo en el mundo laboral, en particular, y en la sociedad, en general. Pero la forma de implementar las mejoras en el ámbito de la enseñanza-aprendizaje ha de ser consciente, reflexiva y coherente. Ha de ser pensada. Y esto es especialmente importante si consideramos el carácter social de los dos elementos vertebradores de la innovación educativa que estamos analizando aquí: el aprendizaje inmersivo, activo y experiencial y la tecnología. Las técnicas inmersivas y las aplicaciones tecnológicas son dos formas distintas de acercarse a la innovación en la adquisición de conocimiento, pero marcadas por el carácter social que impregna toda actividad humana y que se escapa de una irreal neutralidad aséptica.

Las técnicas inmersivas y el aprendizaje experiencial, en sus múltiples formas, suponen un reconocimiento del discente como sujeto activo, sometido a un acercamiento en primera persona a la realidad que pretende conocer. Su correcta aplicación supone la inserción de la persona de forma plena en un contexto real del que obtener aprendizaje y cuenta con que la motivación, el interés y la actitud del discente jueguen un papel motor fundamental. Este tipo de técnica reconoce (y aprovecha a su favor) el papel de la emoción en el conocimiento y trae a la mente la propuesta de Allison Jaggar (1989) de que “en lugar de excluir la emoción de la epistemología se hace necesario repensar la relación entre conocimiento y emoción, reconociendo su papel protagónico y decisivo dentro de éste” (Torres-Quintero y Granados-García, 2023, p.11). Sin embargo, las evidentes ventajas de esta propuesta se pueden ver empañadas por los requisitos de una objetividad que funciona como objetivo, pero no como realidad. Al fin y al cabo,

en la generación de conocimiento no somos neutrales; entramos al campo de estudio con intereses de indagación, valores y emociones que condicionan nuestra mirada y tenemos apuestas teóricas, éticas y políticas que inciden activamente en la producción de las realidades que conocemos (Torres-Quintero y Granados-García, 2023, p.5)

Pero el reconocimiento de esta subjetividad cognoscitiva no conduce necesariamente al abandono del sujeto a su suerte, sino que exige una reflexividad que dé cuenta de su posición y que permita el distanciamiento crítico que posibilite el conocimiento de lo real.

En cuanto a la tecnología, ya Bruno Latour advertía que lo tecnológico es social (2001), reconociendo que lo tecnológico no es un elemento neutro pasivo, sino que está configurado y configura lo social. De ahí la necesidad de pensar de una forma reflexiva y consciente sobre la tecnología, su enseñanza, su uso y su aplicación en la educación.

Tanto las técnicas inmersivas como las aplicaciones tecnológicas necesitan distancia y reflexión, conciencia de su carácter social, subjetivo y orientado y requieren, por tanto, conciencia crítica. Su aplicación atropellada, carente de sentido, las vacía de contenido. Por eso resulta de especial importancia su planificación.

El de la experiencia y el de la tecnología, son dos caminos cuyo trazado se observa en los contextos de enseñanza-aprendizaje más informales, pero que también se distingue en la legislación universitaria española actual que, de una manera formal, buscan la adaptación de las personas a su entorno a través del proceso educativo. Un hito fundamental en este sentido fue la convergencia de las universidades españolas al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), que supuso una reorganización de los idearios educativos tomando como punto de partida la LOU y el documento marco *La integración del sistema universitario español en el espacio europeo de enseñanza superior de febrero de 2003*, y formalizándose en los posteriores desarrollos de la normativa. Esta adaptación ha llevado una serie de cambios en la enseñanza universitaria española que han supuesto una reestructuración de la filosofía educativa y han transformado el concepto de adquisición de conocimiento. Los planes de estudio de las titulaciones tendrán a partir de ahí como objetivo no solo

la obtención de conocimiento basado en el aprendizaje de contenidos, sino también la adquisición de competencias a partir de las que se vertebrará el proceso de enseñanza-aprendizaje. Es un cambio que va más allá de lo formal y que se sustenta en una transformación pedagógica cuya puesta en marcha ha requerido una amplia inversión de tiempo y esfuerzo.

Continuando en esta tarea de actualización de este planteamiento y prestando especial atención a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, destaca la formulación del Real Decreto 822/2021, de 28 de septiembre, por el que se establece la organización de las enseñanzas universitarias y del procedimiento de aseguramiento de su calidad, en el que se señala:

la necesidad de redefinir la organización y las estructuras de las enseñanzas universitarias oficiales, recogidas en este real decreto, atendiendo a la experiencia acumulada en el transcurso de esta década de implementación del EEES en las instituciones de educación superior del país, y teniendo muy presentes las demandas de unas sociedades locales y globales crecientemente interconectadas y caracterizadas por unos mercados laborales en reestructuración. (BOE, 29 de septiembre 2021: 119538)

En este documento se subraya así la necesidad de mantener unos los estudios superiores actualizados ante una sociedad cambiante, interconectada y configurada por elementos, estructuras y demandas en continua transformación. La revisión y la renovación se convierten casi en un imperativo. El papel de la innovación cobra fuerza. ¿Cómo dejar que la innovación entre en la universidad? A través de los protagonistas del hecho educativo.

Este llamamiento a la adaptación al contexto se vuelve a observar en la revisión a la normativa universitaria que supone la *Ley Orgánica 2/2023, de 22 de marzo, del Sistema Universitario* (LOSU) con sus novedades en los ámbitos de la gobernanza y de la carrera académica. En cuanto a la docencia, la LOSU destaca por insistir en la necesidad de formación docente y de evaluación permanente de la actividad docente, mejora la consideración de los méritos docentes en los concursos de acceso a puestos de PDI (equiparándolos a los méritos en investigación) y reconoce la importancia que tienen la innovación y la actualización del profesorado en lo referente a nuevas metodologías y técnicas de enseñanza.

La normativa responde así, de forma reflexiva y planificada, a las necesidades de la sociedad y de la universidad actual. Su aplicación y su adaptación al hecho educativo real serán dos de los objetivos de la educación superior en nuestro país. Ese descenso de la teoría a la práctica configura el presente de la universidad española y define parte de su problemática.

Cabero (2018) afirma que en las universidades actuales confluyen diversos factores como la presencia de las tecnologías de la información y comunicación (TIC), la digitalización, la globalización, así como las características que presentan los nuevos estudiantes que llegan a estos centros. Esta situación conlleva que el docente haga un mayor uso de las TIC y le permite crear de forma más asequible nuevos escenarios con el fin de formar a sus estudiantes (Cabero, 2018). Como consecuencia, el profesorado debe adquirir nuevas competencias digitales y transformarse en lo que, este autor, define como un «diseñador de medidas de aprendizaje», es decir, aquel que guía al estudiante para que pueda alcanzar los objetivos y competencias propuestas previamente.

Esta nueva realidad colabora a configurar la educación moderna, de la que Prensky (2015) destaca tres aspectos:

1. El cambio producido en los discentes que acuden a las aulas a consecuencia del acceso y experiencia con la tecnología que tienen fuera de estas.
2. La confirmación de cómo las clases magistrales y su posterior evaluación en un único examen es cada vez menos efectiva con los estudiantes.
3. Cómo el uso correcto de la tecnología disponible actualmente en las aulas puede conllevar a un aprendizaje conectado con la realidad, además de ser atractivo y útil para su futuro.

Es importante recalcar el cambio significativo que puede observarse en los estudiantes que acuden a las aulas en lo que respecta a su experiencia con la tecnología fuera de estas. De hecho, el concepto nativo digital refiere a una distinción mucho más relacionada con la actitud que con el conocimiento (Presky, 2017). No obstante, este autor indica que ningún alumno va a saber todo lo que tiene que saber de tecnología; no

existe una correlación directa entre nacer en esta era digital y saberlo todo de ese campo. Por ello, el profesor debe estimular todo lo posible el compartir, es decir, que los discentes sientan el beneficio de uso común frente a un recurso o espacio, así como el aprendizaje entre iguales.

Este autor proyecta un pensamiento optimista al afirmar que los docentes disponen actualmente de las herramientas necesarias para cubrir las nuevas necesidades que plantea el estudiantado. Tras entrevistar a casi mil alumnos (atendiendo a diversos factores sociológicos como edad, estatus social, económico, intelectual...), clasifica cuáles son las necesidades a las que los docentes deben atender (Prensky, 2015):

- No quieren charlas teóricas.
- Quieren que se les respete, se confíe en ellos, y que sus opiniones se valoren y se tengan en cuenta.
- Quieren seguir sus pasiones e intereses.
- Quieren crear, usando las herramientas de su tiempo.
- Quieren trabajar con sus compañeros (iguales) en trabajos de grupo y proyectos.
- Quieren tomar decisiones y compartir el control.
- Quieren conectar con sus iguales para expresar y compartir sus opiniones, en clase y alrededor del mundo.
- Quieren cooperar y competir entre sí.
- Quieren una educación que no sea únicamente relevante, sino conectada con la realidad.

De esta forma, presenta un modelo pedagógico que denomina *coasociación*, en el que el docente o formador y el aprendiz trabajan juntos, pero en el que el uso de la tecnología recae en el alumno:

El trabajo del profesor consiste en actuar como orientador y guía del uso de la tecnología para el aprendizaje efectivo. Para hacer esto, los profesores necesitan centrarse y volverse incluso más expertos en cosas que ya forman parte de su trabajo, incluido hacer buenas preguntas, proporcionar contextos, garantizar el rigor y evaluar la calidad del trabajo de los alumnos. (Prensky, 2011, p.14)

El uso de las “herramientas de su tiempo” y la participación activa en su proceso de aprendizaje (alejándose de la desconexión del espacio

educativo con respecto a la sociedad de la que forma parte y de la unilateralidad de la lección magistral), son reconocidos por el estudiantado como necesidades que deben ser atendidas, como requisitos para una coproducción de conocimiento y competencias que debe alcanzarse para conseguir lo que consideran un aprendizaje exitoso.

No se debe obviar que el denominado aprendizaje significativo también juega un papel importante en este proceso que ha de convertir al alumnado en protagonista de su propio aprendizaje. Según Matienzo (2020, p.17), este concepto que actualmente se encuentra en boga, pero que fue propuesto hace más de cincuenta años, debe tener en cuenta los conocimientos previos del estudiante como la variable más influyente en la adquisición de nuevos contenidos, pues funciona como nexo cognitivo que ayuda a dar significado a los conocimientos: “Si se logra que el estudiante universitario aplique la información recibida en el aula de manera activa y no como una mera memorización de textos, entonces realmente se hablaría de un proceso educativo exitoso”.

Este autor explica, cómo otro factor indispensable que no debe faltar es la predisposición del alumno para adquirir los conocimientos. Para ello, el docente debe trabajar la motivación del estudiantado y utilizar distintos materiales y diferentes estrategias didácticas que estimulen la participación del alumno. No existe un solo método que consiga involucrar del mismo modo a todos los participantes de una sesión educativa, pero sí que hay una diversidad de metodologías cuyo objetivo es fomentar el aprendizaje experiencial, el análisis crítico, la resolución de problemas, la retroalimentación externa e interna, etc. Se trata de trabajar diversas competencias mediante el uso de diferentes mecánicas que se pueden englobar dentro de la denominación de aprendizaje experiencial y que utilizan las técnicas inmersivas. Algunos ejemplos son los siguientes:

- Aprendizaje Servicio (ApS): consiste en un aprendizaje basado en la experiencia que combina el aprendizaje académico con el servicio a la comunidad.
- Aprendizaje basado en problemas (PBL; *Problem Based Learning*): parte de un aprendizaje colaborativo para resolver casos prácticos. Se plantea un problema inicial, real o ficticio, y a

través de una serie de preguntas los estudiantes deben pensar de forma creativa, aplicando los conocimientos adquiridos que estén relacionados con el problema para diseñar una solución. Un subtipo de esta metodología puede ser el aprendizaje basado en retos (CBL; *Challenge Based Learning*). Este se diferencia en que, el primero expone un caso más específico y en el segundo, por su parte, se realiza un planteamiento más general con diferentes modos de resolución.

- Aprendizaje basado en proyectos (ABP; *Project Based Learning*): en este tipo de metodología lo que se pretende es que los estudiantes planeen, implementen y evalúen proyectos con aplicación más allá del aula. Es muy útil para desarrollar competencias transversales y profesionales.
- Estudio de casos: es una metodología antigua parecida al PBL e incluso se considera una variante de esta. Se diferencia en que esta se ofrece en formato narrativo o historia y se fundamenta, por lo general, en problemas y personas reales.
- *Learning by doing*: es una metodología activa basada en el poder de la experiencia para asimilar conceptos. Mediante la acción se propicia que el alumno aprenda de los errores y tras la práctica saque conclusiones.
- Aprendizaje basado en juegos (ABJ; *Play Based Learning*): esta metodología recurre a un juego de entretenimiento con una finalidad educativa, que mantiene sus aspectos inherentes como son la motivación, narrativa, diversión, etc., con el fin de mantener atento y dentro de la dinámica de la actividad al estudiante.

Para observar de una forma concreta cómo la teoría aterriza en el mundo real, a continuación, exploramos brevemente cómo en los capítulos de este libro diversos autores abordan la aplicación de las técnicas inmersivas y de la tecnología para la innovación educativa.

Dentro de la temática referida a las técnicas inmersivas y el aprendizaje experiencial, Susana Quirós-Alpera de la Universidad Internacional de

la Rioja y Ana M. Gallego Díaz de la Universidad de Valladolid, abordan cómo trabajar el concepto de densidad, mediante la puesta en marcha del Aprendizaje Basado en Problemas con el estudiantado del Grado de Educación Primaria. Estas autoras exponen el diseño de una actividad cuyo fin es que el alumnado, tras la aplicación práctica de una serie de directrices previas, observen, comprueben y comprendan el concepto y objeto de aprendizaje de esa actividad.,

En otro capítulo, Efrén García Ordiales, Antonio Luis Marqués Sierra y Pablo Cienfuegos Suárez, de la Universidad de Oviedo y José Ignacio Barquero Peralbo de la Universidad de Castilla la Mancha, se decantan por la aplicación de una metodología activa fuera del aula para la enseñanza de Geología Aplicada mediante la ejecución de prácticas de campo. Expresan la buena acogida de los estudiantes pues permite a estos últimos contactar con problemas reales. Además, mencionan la importancia y necesidad del avance de las nuevas tecnologías y la posibilidad de su uso en las aulas para la obtención de resultados.

Cabe resaltar también el trabajo realizado por Carlos Serrano Luego, Antonio Hernández Martín, Jorge López Hernández y María Luisa Martín Sánchez profesores de la *Faculty of Sport Sciences*, de la Universidad Europea de Madrid, cuyo enfoque se basa en el aprendizaje basado en retos. Estos autores muestran la labor llevada a cabo con los alumnos de la asignatura optativa de Comercialización y Marketing del Deporte y Ocio, dentro del Grado de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, en el desarrollo del branding y el dossier de Patrocinio de la Red de Empleabilidad en el Deporte. Para ello, exponen a los discentes a problemas reales, mediante la colaboración de un profesional externo, y deberán ser ellos los que de forma activa y participativa aporten una resolución a dicho al problema descrito previamente.

Asimismo, en este libro se presentan prácticas innovadoras en otras áreas del conocimiento y disciplinas. Un ejemplo es el trabajo realizado por la doctora Marlene del Carmen García Quintana, perteneciente al Grupo de Investigación Soc-Dig en la Universidad de las Palmas de Gran Canaria (ULPGG), a través del uso de una metodología que guarda relación con las prácticas de campo, como es el estudio de casos. Realiza un

estudio directo con pacientes de Osteonecrosis de maxilares donde, tras el análisis de los resultados obtenidos, concluye con la confirmación de una hipótesis valiosa para en lo que a la investigación de la salud se refiere.

El presente libro también recoge diferentes casos en los que, principalmente debido a las nuevas tecnologías, los espacios educativos tienen la posibilidad, cuando no la urgencia, de adaptarse al futuro tecnológico y de complementarse con herramientas con las que hasta hace muy poco no parecieran guardar relación alguna. Estos nuevos entornos digitales permiten y favorecen la multidisciplinariedad, compatibilizando las innovaciones de diferentes ámbitos y generando nuevas sinergias. Las universidades, como espacio de formación para los empleos del futuro, son un importante laboratorio de investigación donde implementar esas nuevas formas de trabajo, para formular las nuevas ventajas, usos y desafíos de las innovaciones tecnológicas y así lo plantean los capítulos dedicados a esta temática.

El capítulo de Fernández-Viagras, profesor de la Universidad de Sevilla, expone el caso de la utilización de un videojuego para complementar el temario de la asignatura Historia de la civilización medieval y de la cultura europea. El videojuego utilizado en clase es *Risky Woods*, un videojuego español de ambientación medieval producido en la década de 1990 y complementa otras investigaciones similares previas del mismo profesor (Fernández-Viagras 2022a, 2022b, 2022c y 2023). La actividad, voluntaria para los alumnos, implica la investigación en torno a la presencia de elementos medievales en dicho juego, además de la práctica inmersiva que implica jugarlo en clase. Para ello se escogió la versión de la consola Mega Drive.

La investigación de esta propuesta innovativa incluye encuestas para tener en cuenta la familiarización de los estudiantes con el entorno de los videojuegos, más en concreto con la producción española. El trabajo realizado en clase junto a los estudiantes se centra en atender a las pretensiones de verosimilitud de los elementos estéticos del videojuego, que participan de la construcción de una atmósfera medieval. Entre los aspectos señalados en la publicación, se estudia si estos elementos buscan retratar con mayor o menor fidelidad una época medieval o si, por el

contrario, están orientados más hacia la creación de un ambiente espectacular idóneo para acoger narrativas de aventuras. Buscando responder a estas cuestiones, profesor y estudiantes llevan a cabo una investigación de la iconografía medieval y elementos narrativos presentes en el juego. Para ello se tienen en cuenta las alteraciones del imaginario medieval ya presentes incluso en las novelas artúricas (Leandro, 2004). Este método permite incluir de manera lúdica la incorporación de conocimientos históricos al indagar sobre las posibles incorrecciones geográficas e históricas del videojuego. Esta innovación docente utiliza una tecnología antigua como es un software para Mega Drive, si bien su accesibilidad está mediada por softwares actuales para emular videojuegos antiguos. La innovación radica en la novedad de incorporar un videojuego como herramienta educativa.

Abordando casos bien diferentes a este, otros capítulos recogen investigaciones suscitadas por la implementación en el aula de tecnologías emergentes, casos todos ellos marcados por la forzosa virtualización de la docencia debido a la pandemia de Covid-19. El trabajo de López-Iñesta, García-Costa, Sanz y Grimaldo aborda concretamente esta situación con una perspectiva general, atendiendo a los cambios experimentado por el sistema universitario español, a cómo se enmarca en el contexto universitario europeo y a la investigación como herramienta para comprobar y evaluar los efectos de la incorporación de las nuevas tecnologías en la universidad.

El texto ahonda en las circunstancias que han precedido y propiciado el espacio educativo europeo a raíz de las declaraciones de la Sorbona en 1998 y de Bolonia en 1999, que han facilitado la creación de un EEES (Espacio Europeo de Educación Superior), una normativa común entre países de la UE. Se toma en consideración el valor el rol de la universidad en el modelo triple hélice (Cai y Etzkowitz, 2020), en el cual el organismo se relaciona con Industria y Gobierno, con objeto de adaptar la educación mediante la investigación a los requerimientos de las sociedades del futuro (Etzkowitz y Leydesdorff, 1995). El capítulo aborda la adaptación de la innovación docente al EEES y atiende como caso particular al Grupo de Enseñanza Colaboración Cooperación y Competitividad en el Departamento de Informática de Valencia, y la red de

investigación que forma con la Universitat Jaume I y la Universidad Católica de Valencia. A partir de 2011, el grupo investiga sobre la implementación en las aulas universitarias de herramientas digitales como Elluminate, BigBlue Button, Kahoot y Socrative. También se estudia el uso de la aplicación Moodle para recabar datos del uso que de ella hacen los estudiantes. En los proyectos desprendidos de la red de investigación se estudia la viabilidad del aprendizaje semipresencial en los estudiantes para detectar patrones de aprendizaje, que permitan investigar sobre las posibilidades mejorar su rendimiento, reducir el abandono temprano, aumentar su implicación en la enseñanza. La pandemia por el Covid-19 llevó a una forzosa virtualización de enseñanza y evaluaciones, que han puesto de máxima actualidad la edulítica, la analítica de datos aplicada al ámbito educativo. La incorporación de la tecnología en la educación permite el registro de información y facilita la recopilación, medición y análisis de datos sobre el alumnado para mejorar su entorno y amoldar los contenidos en busca de los mejores resultados.

Por su parte, el capítulo elaborado por González recoge la inclusión de componentes de digitalización laboral ofimática. Se trata de encomendar a los estudiantes el diseño de un portafolio, un trabajo que permite demostrar el conocimiento del temario de la asignatura, en este caso Ingeniería y Sociedad, y simultáneamente incluye otros objetivos adicionales como realizar tareas prácticas y organizar los resultados, todo ello facilitando al docente llevar a cabo una evaluación continua. Para su estudio, el trabajo propone una revisión de bibliografía que estudie casos similares de evaluación por medio de portafolio, como los de Ferrando (2021) y Trejo González (2019), y plantea complementar el portafolio con otras innovaciones docentes: los puzzles, *scape rooms*, diseño de mapas mentales, juegos de rol individuales y grupales, la redacción de ensayos corregidos en el mismo portafolio y, un caso especialmente relevante, los foros de preguntas. Estos últimos son clave para el enfoque de este trabajo, pues en los datos recabados se resalta su relevancia en situaciones de semi-presencialidad, y aún más durante la virtualización total forzosa del sistema educativo durante la pandemia de Covid-19. La implementación de estas innovaciones unificadas por el portafolio permite hacer un seguimiento al estudiantado, tanto de la asimilación de contenidos como del desarrollo de habilidades.

Los siguientes trabajos exponen casos concretos en sus respectivas materias. En concreto, el capítulo de Romojaro-Rodríguez expone la importancia de las nuevas tecnologías en sanidad, un ámbito que, como la educación, se vio forzada a la virtualización a raíz de la pandemia. En su trabajo, analiza los efectos de las sesiones virtuales de fisioterapia, estudiando su utilidad en pacientes con cáncer. El texto subraya la evidencia científica de la rehabilitación en todas las fases oncológicas: bien preventivamente, bien antes, durante o después de tratamiento de quimioterapia, o bien como cuidado paliativo, después del tratamiento. El estudio complementa los resultados de la fisioterapia oncológica, con las nuevas posibilidades que despliega la tele-rehabilitación. Aunque ésta tiene sus limitaciones y plantea importantes desafíos, supone grandes ventajas que, junto a la flexibilidad horaria, reducción de gastos y mayor seguridad sanitaria, facilitan la adhesión de los pacientes al tratamiento. Partiendo de esto, la investigación propone una revisión sistemática de guías de práctica clínica, cruzando publicaciones recientes de rehabilitación oncológica con rehabilitación a distancia. El objetivo es desarrollar un paquete de intervenciones de tele-rehabilitación, tras identificar las prácticas y enfoques con mejores resultados.

Se documenta así la transición entre la fisioterapia tradicional y la sanidad a distancia, Telesalud según la denomina Rodríguez (2020), y resalta la necesidad de incluir dicha encrucijada en el ámbito educativo universitario. Este proceso de digitalización aún en desarrollo debe abarcar también el ámbito educativo, pues se requiere hacer pedagogía digital (Mc Donald et al. 2018) para que los estudiantes universitarios y futuros terapeutas integren las competencias digitales del futuro, junto con las nuevas competencias éticas que se desprenden de las mismas.

El papel de la innovación tecnológica se observa dentro y fuera de las aulas. Entre los capítulos de innovación tecnológica centrados exclusivamente en entornos laborales, la publicación de Sánchez-Wells, González-R. y Andrade Pineda recaba información sobre el uso de tecnología dron para servicios de reparto. Implementada en el tramo final de la cadena de suministros, esta tecnología está aún en fase experimental y la pandemia permitió ponerla en práctica en casos concretos. Los casos recogidos en esta investigación muestran importantes ventajas como el

ahorro en costes y la reducción de la huella de carbono, además de ser una forma de reducir riesgos sanitarios en envíos de medicamentos y en entregas a zonas de difícil acceso. Con posterioridad a la pandemia, los casos visiblemente ventajosos han ido en aumento y, por supuesto, en esta situación, también se aprovechó esta implementación tecnológica con entregas comerciales.

La investigación ahonda en la necesidad para la sociedad de incorporar a la tecnología dron otras tecnológicas emergentes que aumenten las ventajas, tanto económicas como ambientales. Tanto los softwares de *Machine Lerning* como los *Expert Systems* permiten mejorar la toma de decisiones complejas y optimizan las entregas aprendiendo de datos de entregas anteriores. Aunque son notorias las limitaciones de esta tecnología como la capacidad de carga útil, los problemas debidos al viento y el poco recorrido, el trabajo recoge información sobre la eficiencia, rentabilidad y sostenibilidad ecológica de la tecnología dron, que para muchos es ya un presente (Brett, 2021). El artículo plantea que el futuro de esta tecnología incluye nuevas innovaciones tecnológicas como la inteligencia artificial. Los casos experimentales durante la pandemia estudiados en el capítulo incluyen la combinación de la tecnología dron con los vehículos autónomos (Roberson, 2019), otra tecnología que comienza a abrirse paso en la sociedad. Tras documentar las aplicaciones actuales y analizar la eficacia y beneficios, la investigación plantea una previsión de los desarrollos tecnológicos necesarios para la implementación lo más satisfactoria posible de los drones para culminar los servicios de mensajería y otras formas de vida que alberga la sociedad del futuro.

Como hemos podido observar en los casos planteados, se verifica el papel fundamental que para la innovación y adaptación a una realidad cambiante juegan la experiencia y la tecnología, elementos que necesitan tenerse en cuenta al organizar cualquier actividad de aprendizaje, pero también cualquier actividad vital. Y esto desde una doble perspectiva, desde el rol del profesor/maestro/enseñante pero también desde el perfil del alumnado, coprotagonistas del proceso de enseñanza aprendizaje que contribuyen de forma esencial a la construcción de éste. La participación en la adquisición de conocimiento y de competencias ya sea de forma directa o mediada y la consciente y planificada puesta en marcha de esta

participación, supone la inclusión del estudiantado no solo en el proceso educativo, le hace ser protagonista de su propia historia. Esto supone una motivación que genera implicación, reforzando el valor de esa participación e integrando al estudiantado no solo en el proceso de enseñanza-aprendizaje, sino en la sociedad de la que forma parte como ciudadano y trabajador. Este patrón se repite en cualquier aprendizaje vital y laboral, pues la vida, al fin y al cabo, va de enseñar y aprender.

## REFERENCIAS

- Bauman, Z. (2003). *Modernidad líquida*. Fondo de Cultura Económica.
- Brett, D. (2021, September 8). *Drones used for last-mile delivery are “here to stay.”* Air Cargo News.
- Cabero, J. (2018) en Torres Barzabal, L. et al., 2018. *Innovación docente: nuevos planteamientos*. Octaedro S.L.
- Cai, Y., y Etzkowitz, H. (2020). Theorizing the triple helix model: Past, present, and future. *Triple Helix*, 7(2-3), 189–226.
- Cukierman, U. (2018). Aprendizaje centrado en el estudiante: un enfoque imprescindible para la educación en ingeniería. En *CONFEDI y ACOFI. Aseguramiento de la calidad y mejora de la educación en ingeniería: experiencias en América Latina.* (pp. 27-39). Opciones Gráficas Ed. Ltda.
- Dinamic Software y Zeus Software (1992). *Risky Woods*. Sega Mega Drive.
- Etzkowitz, H., y Leydesdorff, L. (1995). The triple helix–university–industry–government relations: A laboratory for knowledge based economic development. *EASST review*, 14 (1), 14–19.
- Fernández-Viagras Escudero, P. (2022a). La imagen de la Edad Media en la industria del entretenimiento. Un caso práctico para la docencia de Historia Medieval con el cómic “Guadalete. El ocaso visigodo”. En *Educar para transformar: Innovación pedagógica, calidad y TIC en contextos formativos* (pp. 1339-1348). Dykinson. (consultado online el 3/1/2024 en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8874778>)
- Fernández-Viagras Escudero, P. (2022b). La industria del entretenimiento y las asignaturas de Historia Medieval. El empleo de cómics en la docencia universitaria: un viaje a la dimensión lúdica de la historia. En *Innovación docentes y prácticas educativas para una educación de calidad* (pp. 1376-1387). Dykinson. (consultado online el 3/1/2024 en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8641739>)

- Fernández-Viagas Escudero, P. (2022c). Historia y arquitectura: videojuegos y docencia universitaria: un caso práctico sobre la arquitectura medieval de dos videojuegos de tipo arcade. En *Tendencias en innovación y transferencia del conocimiento: de la universidad a la sociedad* (pp. 198-216). Dykinson. (consultado online el 3/1/2024 en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8751592>)
- Fernández-Viagas Escudero, P. (2023). Fantasía medieval en la videoconsola SEGA Mega Drive. Castillos, villas y espacios naturales en Golden Axe I y II: una actividad docente. En *Convergencia mediática: nuevos escenarios, nuevas perspectivas* (pp. 497-532) Dykinson. (consultado online el 3/1/2024 en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9065305>)
- Ferrando, K. (2021). *El portafolio como instrumento de evaluación desde un enfoque centrado en el estudiante. El caso de Ingeniería y Sociedad en UTN - FRA.* Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería.
- Jaggar, A. (1989). Love and knowledge: Emotion in feminist epistemology. *Inquiry*, 32 (2), 151-176.
- Latour, B. (2001). *La esperanza de Pandora: ensayos sobre la realidad de los estudios de la ciencia.* Gedisa.
- Lendo, R. (2004). La imagen del caballero en la novela artúrica. *Anuario de Letras Modernas*, 12, 13-24 (consultado online el 3/1/2024 en <http://ru.ffyl.unam.mx/handle/10391/1451>)
- Matienzo, R. (2020). *Evolución de la teoría del aprendizaje significativo y su aplicación en la educación superior.* <https://journal.dialektika.org/ojs/index.php/logos/article/view/15/14>
- McDonald, E., Boulton, J., Davis, J., (2018). E-learning and nursing assessment skills and knowledge – an integrative review. *Nurse Educ. Today*, 66, 166-174.
- Prensky, M. (2011). *Enseñar a nativos digitales: una propuesta pedagógica para la sociedad del conocimiento.* SM.  
[https://www.academia.edu/44216093/Enseñar\\_a\\_Nativos\\_digitales\\_Marc\\_Prensky](https://www.academia.edu/44216093/Enseñar_a_Nativos_digitales_Marc_Prensky)
- Real Decreto 822/2021, de 28 de septiembre, por el que se establece la organización de las enseñanzas universitarias y del procedimiento de aseguramiento de su calidad. Boletín Oficial del Estado, 233, 29 de septiembre de 2021.  
<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2021-15781>
- Roberson, C. (2019, April 29). *Drones – A Viable Last Mile Delivery Solution?* FreightWaves.

- Sartor, A. et al. (2012). *El ingeniero como actor ambiental. El abordaje de la dimensión ambiental desde la currícula. WEEF Foro Mundial de Educación en Ingeniería*. EdUTecNe.
- Sartor, A. et al. (2018). *Tecnología y ambiente. Oportunidad de formación de competencias en carreras de ingeniería*. Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería.
- Torres-Quintero, A. y Granados-García, A. (2023). Claves para una práctica reflexiva en la investigación social cualitativa. *Athenea Digital*, 23 (1), e3280.
- Trejo González, H. (2019). Recursos digitales para la elaboración de e-portafolios educativos. *Sincronía*, núm. 75, 328-362.



## PENSAMIENTO VISIBLE EN EL AULA DE FÍSICA Y QUÍMICA: EL CONCEPTO DE DENSIDAD

---

SUSANA QUIRÓS-ALPERA

*Universidad Internacional de La Rioja*

ANA M. GALLEGU DÍAZ

*Universidad de Valladolid*

### 1. INTRODUCCIÓN

La relación de dos magnitudes fundamentales, susceptibles de ser medidas directamente, como son, por una parte, la masa y, por otra parte, la longitud para cada una de las dimensiones del espacio proporciona el concepto de densidad.

Desde una perspectiva platónica, la intuición directa de la idea resulta intrincada cuando el objeto de medida es una magnitud derivada.

Basándonos en la corriente aristotélica, los datos empíricos sustentan cualquier idea universal, facilitando la comprensión de la idea abstracta.

La rama de la Didáctica dedicada a las Ciencias Experimentales persigue continuamente nuevas estrategias que visibilicen la abstracción del pensamiento, haciendo tangibles las relaciones entre medidas palpables.

En la segunda mitad del pasado siglo, irrumpió en la escena educativa la corriente del *pensamiento visible*, fundada por el filósofo Nelson Goodman (1967) de la mano de otra eminencia en el mundo de la Educación, Howard Garner, y materializada en el denominado *Project Zero* (PZ, <https://pz.harvard.edu>). La intención de este proyecto es examinar la naturaleza de los potenciales intelectuales (el pensamiento, la inteligencia, la creatividad, la ética y el aprendizaje) en su contexto y diseñar prácticas que los fomenten. PZ promueve la investigación sobre la complejidad de los potenciales humanos y explora formas sostenibles de apoyarlos en

contextos culturales múltiples y diversos. Originariamente, los procesos y sistemas educativos del proyecto se basan en las Artes y las Humanidades, comprometidos en la fusión de la teoría y la práctica.

El trabajo de Tishman & Palmer (2005) establece que visibilizar la abstracción consiste en cualquier tipo de representación observable, que sirva para documentar y apoyar el desarrollo, tanto de ideas, como de razones, así como de reflexiones, en contextos individuales y grupales.

Morales & Uribe (2015) reflexionan en su investigación sobre la importancia de comprender que la evaluación para el aprendizaje debe orientar tanto al estudiante como al docente a hacer visible su pensamiento, mejorando sus comprensiones, tomado en consideración el punto de vista del alumno y fomentando procesos de retroalimentación que refuercen el aprendizaje.

Investigadores educativos, como David Perkins y Ron Ritchhart, proponen rutinas de pensamiento que permitan visualizarlo, como veremos más adelante, en el apartado de las ocho fuerzas culturales.

Interesa centrarse en la figura de Perkins, quien ostenta un doctorado en Matemática e Inteligencia Artificial por el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), por ofrecernos profundas reflexiones sobre la necesidad de exponer a los alumnos a situaciones novedosas que les obliguen a habituarse a la fluidez en la que la sociedad se ve inmersa (Swartz & Perkins, 2016).

La sociedad del conocimiento tampoco es ajena a la transformación. Se ha mutado de la definición de “el conocimiento como algo objetivo, estable, producido por expertos y que se puede transmitir” (Gros, 2015, p.59), a reconocer su dinamismo, subjetividad y, fundamentalmente, su construcción colaborativa.

Los centros educativos están mutando de ser nichos de transmisión de conocimientos, a lugares de producción conjunta de saberes. El paradigma constructivista es la pieza fundamental para esta transformación, que se centra en el alumno como agente de su propio aprendizaje, interaccionando con su entorno, partiendo de sus motivaciones, potenciando el trabajo colaborativo y su autonomía (Bermejo, 2011, p.188). Para

lograr la transformación, urge la necesidad de continuar innovando en el aula, mediante metodologías que permitan construir el aprendizaje de manera cooperativa (Johnson & Johnson, 2014), el aprendizaje basado en proyectos (Ramírez, 2015), el aprendizaje basado en el juego o los procesos de gamificación educativa (Marín-Díaz, 2018).

Ritchhart et al. (2014), proponen en su trabajo hacer visible el pensamiento, ofreciendo pautas sobre las maneras de promover el compromiso, la comprensión y la autonomía de los estudiantes, basadas en los movimientos de pensamiento, de vital importancia para adquirir un entendimiento en profundidad del proceso de aprendizaje. Cuando el docente adapta estos movimientos de pensamiento en su aula, consigue que los alumnos obtengan una comprensión detallada de los contenidos, mientras desarrollan su pensamiento y favorecen su aprendizaje. Esta cultura del pensamiento se inspira en la aseveración de que el pensamiento grupal, tanto individual como colectivo, es valorado, haciéndose visible y promoviéndose activamente como parte de las vivencias diarias de todos y cada uno de los miembros del grupo (Ritchhart, 2015).

Según el mismo investigador (Ritchhart, 2015), la cultura del pensamiento debe sustentarse en ocho fuerzas culturales, que definimos a continuación, acorde a la síntesis de los autores Pinedo y Cañas (2020):

1. **Interacciones:** Mediante el diálogo dentro del aula, la escucha activa de preguntas y la respuesta a las mismas promueve el respeto y la confianza entre los alumnos, así como con los profesores. Adicionalmente, los profesores deben formular preguntas que favorezcan un nivel superior de pensamiento y que fomenten oportunidades de indagación por parte del alumnado, proporcionando conexiones entre los conocimientos previos y los nuevos que se pretenden adquirir.
2. **Expectativas:** Los objetivos de aprendizaje dan forma a la manera de enseñar. Estos objetivos se deben basar en lo que los docentes creen que los alumnos pueden aprender.
3. **Tiempo:** La evolución del pensamiento difiere en cada alumno, lo que exige la consideración de una variable

temporal asíncrona, que atienda los diversos ritmos de maduración.

4. Modelado: Los distintos puntos de vista, dentro del aula, se comparten e intercambian, de manera que surge un modelo de pensamiento *ad hoc*, que atiende al contexto y las circunstancias para los que ha sido creado.
5. Oportunidades: Favorecer las circunstancias y contextos que influyan en el pensamiento y permitan beneficiarse de ocasiones excepcionales. El docente debe proporcionar las herramientas y los recursos adecuados para que el alumno pueda desarrollar su aprendizaje lo más profundamente posible.
6. Lenguaje: El significado de los conceptos es negociado a través del sistema de comunicación empleado en clase. Los términos representativos, bien técnicos, o bien generales, deben ser conocidos por todos los miembros, compartidos y manejados con soltura en el marco del aula.
7. Ambiente: Condiciones externas que influyen en las interacciones del aula. Adicionalmente, podemos considerar el contexto social, cultural y tradicional; así como las circunstancias locales y la idiosincrasia del grupo de alumnos que conforman la clase.
8. Rutinas de pensamiento: Organización de las observaciones que optimizan el aprendizaje, clasificándose en rutinas de control (para presentar y explorar ideas), rutinas instructivas (para sintetizar y organizar ideas) y rutinas interactivas (para explorar las ideas más profundamente).

## 2. OBJETIVOS

- Buscar bibliografía relacionada con la **didáctica del concepto de Densidad** en las revistas *Enseñanza de las Ciencias* y *Eureka*, en la última década del presente siglo (2013-2023).

- Diseñar una **actividad** para promover el pensamiento profundo del alumnado del Grado en Educación Primaria sobre el concepto de **densidad**, desde la Didáctica de las Ciencias Experimentales.
- Analizar cómo integrar o infusiónar el **pensamiento visible** con la metodología didáctica utilizada en el aula del aprendizaje basado en problemas (PBL).

### 3. METODOLOGÍA

La metodología que empleamos en esta investigación consiste, inicialmente, en una revisión bibliográfica en las revistas españolas Eureka y Enseñanza de las Ciencias, en base a las palabras clave: *densidad* y *pensamiento visible*.

Posteriormente, desarrollamos una propuesta para introducir en el aula de segundo curso en el Grado de Educación Primaria, el concepto de densidad.

La propuesta se basa en la metodología del aprendizaje basado en problemas (PBL; Problem Based Learning, por desambiguación con las siglas ABP, que hacen referencia al aprendizaje basado en proyectos), por lo que se propone a los alumnos formar equipos, para afrontar el problema real de cálculo de la densidad de diferentes objetos irregulares. Se les explica que deben seguir un proceso compuesto de varias fases: estudio del caso o problema, investigación, resolución, interpretación y redacción del informe final (Pérez & Gómez-Linares, 2016). Los problemas deben estar levemente estructurados, de manera que haya opción de escoger más de una respuesta; transmitir autenticidad, siendo extraídos de la realidad o con cierta verosimilitud; y permitir que los estudiantes puedan encontrar de manera autónoma la solución correcta (Barrrows, 2002).

La metodología activa del PBL es recomendable para fomentar un aprendizaje profundo basado en el pensamiento. Las rutinas de pensamiento son, por tanto, integrables en las distintas etapas de la resolución de problemas.

En un inicio, el alumno debe analizar los datos que le proporciona el problema, para ello se integran rutinas que favorezcan la síntesis de información, cuestionándose de qué información complementaria sería necesario disponer para hallar la solución.

Durante la etapa de búsqueda de información adicional es conveniente incluir rutinas de organización.

Para finalizar, se incluirían rutinas que permitan a los estudiantes aventurarse explicaciones alternativas o diferentes perspectivas del problema.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA

A fin de realizar la búsqueda bibliográfica, se introducen por separado las 2 palabras clave: pensamiento visible y densidad, en cada una de las revistas. Adicionalmente, se filtran aquellos resultados durante la última década del presente siglo, comprendidos entre el año 2013 y el presente año 2023.

#### Enseñanza de las Ciencias:

##### PENSAMIENTO VISIBLE:

No se encuentran resultados que contengan esta expresión.

##### DENSIDAD:

1. Palacios-Díaz, R., & Criado, A. M. (2017). Lo que no dicen los libros españoles de texto de educación secundaria obligatoria sobre la masa, el volumen y la densidad. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 35(2), 51-70.

Este trabajo evalúa los conceptos de masa, volumen y densidad, presentes en el año 2017 en libros de texto españoles de Educación Secundaria Obligatoria, en concreto los de segundo curso, relativos a la Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE) y los de tercer curso correspondientes a la Ley Orgánica de Educación (LOE). Se persigue detectar elementos que, o bien favorezcan, o bien ayuden a eliminar las concepciones alternativas de los estudiantes. El estudio concluye

que los libros de la LOE demuestran carencias en relación con los conceptos mencionados, que persisten en los libros de la LOMCE. En el caso concreto de la densidad, se aborda como una fórmula matemática, sin acompañarse de explicaciones cualitativas. Así mismo, tampoco se abordan concepciones alternativas como, por ejemplo, la desambigüación entre el concepto de viscosidad y el de densidad.

2. Fraile, M. N., Morrás, J. E., Zulet, A., Cervera, L. S., & Murillo, J. I. (2018). Estrategias del alumnado de Educación Secundaria para estimar la densidad. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 36(1), 61-78.

Los autores de este trabajo se refieren a la densidad como a la concentración de materia y realizan una investigación experimental transversal en dos centros diferentes, considerando los cuatro niveles de la educación secundaria, con el objeto de sondar, mediante un cuestionario y un juego de materiales. Los hallazgos demuestran que los alumnos vinculan el concepto de densidad al peso, la viscosidad o el tamaño, lo que conduce a concepciones erróneas. Un 40% de los estudiantes asocia la densidad con una propiedad extensiva; alrededor de un 50% emplean modelos más próximos a una propiedad intensiva, aunque algunos de dichos modelos presenten incoherencias. También presentan dificultades para pronosticar variaciones en la densidad en función de la temperatura o del estado de agregación. De los resultados anteriores se concluye la necesidad de incluir mejoras en la enseñanza del concepto.

### **Eureka:**

#### **PENSAMIENTO VISIBLE:**

1. Puente, C. G., & Bartolomé, A. M. (2022). Visibilizar el pensamiento a través de la enseñanza de las ciencias experimentales en Educación Infantil. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 19(1), 120101-120121.

En este artículo se pretende hacer visible el pensamiento, mediante la enseñanza de las ciencias experimentales, en la etapa de educación infantil. Con ese fin se lleva a cabo una intervención en el aula, en torno al cuidado y uso del agua, empleando la metodología del aprendizaje

basado en problemas (PBL) y las rutinas de pensamiento. Gracias a la propuesta didáctica se comprueba la adquisición de los máximos niveles de desarrollo de los movimientos de pensamiento preseleccionados. La conclusión recalca la necesidad de enseñar a pensar en la etapa infantil, como inicio de visibilización del pensamiento.

#### DENSIDAD:

1. Palacios-Díaz, R., & Criado García-Legaz, A. M. (2016). Exploraciones acerca de fenómenos relacionados con el volumen de líquido desplazado por un sólido en inmersión, con la densidad y con la flotación, en alumnado de Educación Secundaria Obligatoria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13 (2), 230-247.

Los autores de este estudio evalúan las concepciones previas de un grupo de alumnos, al inicio de cuarto curso de educación secundaria, sobre el volumen de líquido que es desplazado por un cuerpo sólido, que se sumerja en él. Este sondeo previo arroja que el nivel de las ideas previas coincide con las de los estudiantes de la etapa de educación primaria, despreciando el concepto de densidad para entender la flotabilidad de los cuerpos sólidos en medios líquidos. Concretamente, se detectan dificultades para comprender la actividad de flotación y de inmersión del submarino, como cuerpo sólido que modifica su densidad media.

2. Pinto Cañón, G., Alonso Felipe, J. V., & Prolongo Sarria, M. L. (2017). Química y física de algunos efectos especiales en cinematografía: Una propuesta educativa y para la divulgación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(2), 427-441.

Empleando como hilo conductor los efectos especiales del mundo del espectáculo, el trabajo de estos autores ofrece una serie de prácticas de Física y Química para aportar experiencias en sus actividades, tanto a divulgadores científicos como a profesores de aula. Para ello, se vale de experimentos atractivos relacionados con diversas ramas de las ciencias experimentales. Mediante aplicaciones tangibles y fascinantes tanto para los estudiantes como para el gran público, se exponen conceptos relacionados con la densidad, entre otros, asociados a fenómenos fisicoquímicos.

3. Slisko, J. (2005). Sacándole más jugo al problema de la corona. Primera parte: el tratamiento conceptual. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), 364-373.

Haciendo especial mención al problema del valor en oro de la corona del rey Herión, cuyo enigma resolvió Arquímedes en base a la medida indirecta de la densidad, Slisko discute críticamente las formulaciones y las formas de resolver este problema. Realiza un análisis que pone el foco en los alumnos de secundaria.

4. Slisko, J. (2006). Sacándole más jugo al problema de la corona. Segunda parte: el tratamiento cuantitativo. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(1), 51-59

El problema de la corona se ha venido transmitiendo de manera imprecisa y fragmentada a lo largo de la Historia, por lo que en este trabajo Slisko reflexiona sobre los probables caminos para hallar la solución, en función del nivel de conocimientos físicos y matemáticos de la época. En base a esta reflexión, se permite a los alumnos discurrir sobre la mejor manera de emplear los conceptos de la densidad y de la fuerza de empuje del fluido en el sólido sumergido en él.

5. Cortizo Franco, R., & Crujeiras Pérez, B. (2016). Análisis de los estereotipos de género en las acciones de alumnos y alumnas de secundaria durante la resolución de una tarea sobre densidad y disoluciones.

Mediante el pretexto de una actividad relacionada con la densidad y las disoluciones, dirigida a alumnos de cuarto curso de educación secundaria, se pretende detectar la existencia de estereotipos de género. Los alumnos colaboran durante la práctica en grupos pequeños homogéneos (sólo alumnos de un género) y heterogéneos (alumnos de ambos géneros) durante dos sesiones de cincuenta minutos, en el transcurso de los cuales los estudiantes deben investigar cómo se comporta una burbuja de aceite en una mezcla compuesta de agua y alcohol, en proporciones de concentración variables. Se trata de una investigación empleando variables cualitativas, que reflejan las acciones ejecutadas en cada grupo. El estudio se enmarca en la investigación cualitativa y se centra en el análisis

de las acciones llevadas a cabo por los y las estudiantes en las dos sesiones. Para el registro de datos se emplean grabaciones de audio y vídeo, así como anotaciones sobre un cuaderno de campo. A partir de la información extraída de los anteriores datos, se elabora una rúbrica para detectar la existencia de estereotipos de género, vinculados a las tareas llevadas a cabo en el seno de cada grupo. Como conclusión, se detectan diferencias entre los grupos.

6. Villamor, J. D. V., & Rey-Baltar, D. Z. (2015). El impacto de la fusión de los icebergs en el nivel del mar. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 178-185.

A pesar de la presunción habitual de que el derretimiento de la banquisa (hielo continental en la Antártida), las barreras de hielo marino y los icebergs presentes en los océanos, por causa del calentamiento global, no influye en el aumento del nivel del mar, la realidad científica demuestra el impacto. En este trabajo se ofrece la revisión de este fenómeno, proponiendo para ello un experimento que muestre de manera directa la repercusión que en el nivel del mar tiene la fusión de hielo que recoge el océano.

#### 4.2 PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

A la vista de la poca extensión bibliográfica sobre el pensamiento visible en Educación y del hecho de que el concepto de la densidad es uno de los más importantes y básicos impartidos en la asignatura de Física y Química, se decidió proceder al diseño de una actividad que ayudara al alumnado a visualizar y, por lo tanto, a comprender mejor dicho concepto, realizando la medida directa de la longitud vertical que alcanza el agua en una probeta de sección constante, al sumergir un objeto de masa conocida en dicha probeta. La variación de **nivel de agua** está directamente relacionada con la **densidad**, sin necesidad de realizar medidas de masa, ni de volumen, del objeto sumergido.

La actividad está dirigida a los alumnos del Grado de Educación Primaria. La Metodología empleada es el aprendizaje basado en problemas.

En este caso el problema es el cálculo de la densidad de objetos de forma irregular, cuyo volumen es imposible de obtener mediante relaciones geométricas simples. La masa de los objetos, por el contrario, sí es

posible medir en una balanza.

Se facilita el siguiente material: balanza, probeta, agua y objetos irregulares.

A pesar de que los alumnos conocen la fórmula para el cálculo de la densidad, se les plantea varios problemas que tienen que ir solucionando, para que puedan desarrollar su pensamiento visible:

¿Cómo utilizar la balanza?

¿En qué unidad medir la masa?

¿Cómo medir el volumen de un objeto de forma irregular?

¿En qué unidad se mide ese volumen?

En lugar de darles todas las indicaciones previas, tienen que ir desarrollando su pensamiento para superar todas esas dificultades.

La masa es una magnitud de medida directa cuyo valor se obtiene directamente de la balanza (figura 1).

Las unidades más comunes son el gramo (g) y el kilogramo (kg), siendo esta última unidad la empleada por el Sistema Internacional de Unidades (SI) y, por tanto, su uso es aconsejable en relación a otras unidades.

*FIGURA 1.* Medida directa de la masa del objeto con una balanza de precisión ( $m = 62,2$  g).



Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, la medida del volumen del cuerpo, cuya masa ya conocemos, suele ser directa cuando el objeto es regular, ya que se obtiene mediante cálculo geométrico de la relación de las tres dimensiones del espacio. Sin embargo, en nuestro caso, tanto para objetos regulares como de geometría irregular, lo que perseguimos es la medida directa y visible de la **densidad**. Dicha medida se obtiene vertiendo agua en la probeta hasta una altura determinada (figura 2); a continuación, se introduce nuestro objeto irregular en el líquido de forma que esté cubierto totalmente; la medida del volumen introducido nos la muestra el aumento de altura del líquido (figura 3). Es decir, el cálculo del volumen lo hacemos por medición directa de la variación del nivel de agua. La altura de nivel se mide con la escala tallada sobre la probeta, expresada en unidades de volumen, en mililitros (ml) en este caso. A mayor aumento de la longitud de la altura que alcanza el líquido dentro de la probeta, mayor volumen y, por lo tanto, menor densidad para un mismo valor de masa.

FIGURA 2. Probeta con una medida concreta de agua (100 mL).



Fuente: Elaboración propia.

En el ejemplo que aparece en las fotografías mostradas en las figuras 2 y 3, la medida de la variación del volumen dentro de la probeta es  $V = 125 - 100 = 25$  ml. Y, por lo tanto, el valor de la densidad resulta de la relación entre la masa y el volumen:  $d = 62,2/25 = 2,50$  g/mL

FIGURA 3. Probeta + objeto. Altura de agua = 125 mL.



Fuente: Elaboración propia.

## 5. DISCUSIÓN

A todas luces, en la última década, las aportaciones que ahondan sobre el pensamiento visible desde la Didáctica de las Ciencias Experimentales son testimoniales, reduciéndose el resultado de nuestra búsqueda a un único artículo.

En ningún caso, el único trabajo hallado sobre el pensamiento visible hace referencia al acto de enseñanza y/o aprendizaje del concepto de la densidad, y viceversa.

En cuanto al tratamiento del concepto de densidad, el número de hallazgos aumenta, aunque tímidamente. De los ocho trabajos relacionados con la densidad, todos ellos se enfocan en el aprendizaje de esta magnitud derivada, a excepción de uno, en el que se emplea la resolución de una tarea sobre la densidad y las disoluciones como pretexto para analizar estereotipos de género.

Por otra parte, la intervención en el aula que se propone se basa en la medida indirecta de la densidad de pequeños cuerpos sólidos irregulares. Dada la irregularidad de la geometría de los mismos, el cálculo directo de su volumen es una labor inabordable; por tanto, se recurre a sumergir el cuerpo en un fluido, por ejemplo, en un medio acuoso. El volumen desalojado se corresponde al volumen sumergido. La medida de volumen consiste en la medida del volumen evacuado. Si el recipiente contenedor del fluido es una probeta de sección constante, bastará con medir la distancia en vertical del avance del fluido, debido a la presencia del cuerpo cuya densidad se pretende medir. La dimensión de los medios utilizados debe ser equilibrada, de manera que el tamaño de la probeta, respecto al de los objetos sumergidos, permita cambios sensibles en el nivel de altura.

Adicionalmente, la masa de los cuerpos se mide mediante pesado en básculas de precisión.

La densidad se obtiene relacionando la masa de cada objeto con el volumen desalojado por la misma. Dicha relación se consigue mediante la operación aritmética de dividir las unidades de masa por las unidades de volumen. Podemos describir esta relación como el número de veces que la masa del cuerpo estaría contenida en el volumen que ocupa.

Sin embargo, en aras del pensamiento visible, se evita el aplicar directamente la fórmula matemática, que abstrae el resultado del problema al limbo de los cálculos matemáticos. Por el contrario, se sugiere mostrar las condiciones del problema y detectar qué magnitudes entran en juego y cuáles son susceptibles de cambio y cuáles no; de esta manera se pone de manifiesto la naturaleza material de los supuestos y la importancia del *ceteris paribus* que confiere de validez externa a cualquier experimento.

El propuesto cálculo indirecto de la densidad, relacionando medidas directas, permite visibilizar el pensamiento a través de un elemento variable, como es la altura vertical en la probeta.

Asimismo, para el cálculo de la densidad se recurre a la estática de los fluidos, de la misma manera que recurrió Arquímedes a sumergir la corona del rey Hierón para averiguar la cantidad de masa en oro contenida en ella (Slisko, 2005). La referencia al genio de Siracusa forma parte del ideario común, aunque la base científica de la experiencia que éste llevó a cabo es raramente transmitida con detalle, tanto en los libros de texto, como en la tradición oral. Es absolutamente probable que Arquímedes dispuso de una pieza de oro macizo y otra pieza de la corona, ambas con la misma masa, pero diferente volumen y, por ende, distinta densidad.

La pieza de oro, con total probabilidad, pudo tomar la forma de una pieza con geometría regular, lo que facilita el cálculo de su volumen; pero la única manera de calcular el volumen de una corona, siendo una pieza irregular, de estructura y forma inmodificables, tuvo que realizarse de manera indirecta, a través del volumen del fluido desalojado. El comportamiento de un fluido, como el agua, que adopta la forma del contorno, es el de respetar la forma sólida sumergida en él, cediéndole el volumen que la forma ocupa.

## 6. CONCLUSIONES

Ordenamos las conclusiones, acorde a los objetivos planteados.

Persiguiendo el primer objetivo de búsqueda bibliográfica en las dos revistas españolas, de referencia para los docentes, *Eureka* y *Enseñanza de las Ciencias*, se revela una escasa bibliografía sobre el enfoque del concepto de densidad en educación, durante la última década, lo que obliga a pensar en nuevas maneras de presentar la medida de la densidad a los alumnos. Por ello se escoge la corriente del *pensamiento visible*, la cual ofrece la oportunidad de representar de manera concreta los conceptos que se desea transmitir. Se ha realizado una extensa presentación de la corriente destacando el papel de las 8 fuerzas culturales entre las que destaca las rutinas de pensamiento como principal apoyo para poder visualizar el pensamiento de los alumnos.

En cumplimiento del segundo objetivo, se propone la sesión de aprendizaje del concepto de densidad en el aula, para los alumnos del Grado en Educación Primaria de la Facultad de Educación de la Universidad de Valladolid. La metodología empleada es la del Aprendizaje Basado en Problemas (PBL) y los alumnos se agrupan por equipos, para distribuir las tareas y trabajar de manera colaborativa, aportando cada uno de ellos sus mejores habilidades al resto del grupo. El pensamiento visible hace patente el aprendizaje del concepto de densidad, empleando rutinas iniciales del tipo “presentar y explorar ideas” como puede ser “Veo-Pienso-Me pregunto” para continuar con rutinas “para sintetizar y organizar ideas” entre las que destaca “antes pensaba...ahora pienso...” que va a permitir visualizar cómo ha cambiado el pensamiento del alumno después de la actividad.

El tercer objetivo se logra en la integración del aprendizaje basado en problemas, trabajando por equipos, con el pensamiento visible, para ello se aplican las ocho fuerzas culturales a la propuesta realizada para la medida de la densidad.

1. Interacción: El diálogo entre iguales y con el profesor, permite entender el concepto de densidad en el contexto del aula de prácticas. Las distintas opciones de abordar el problema son discutidas desde diversos puntos de vista, ofreciendo la oportunidad de validar las opiniones o refutar los planteamientos que no se adhieren al método científico ni derivan en razonamientos lógicos.
2. Expectativas: Lo que los alumnos esperan aprender condiciona la manera en que se produce el aprendizaje. Se puede hablar de motivación intrínseca que se transforma en motivación extrínseca, una vez el docente capta los intereses de la clase. Por otra parte, la expectativa del profesor en este caso que la asimilación del concepto de densidad por parte del alumnado a partir de la visibilización de una dimensión y de la experimentación y manipulación.
3. Tiempo: Entendiendo que el tiempo se puede considerar desde la duración de una sesión, dado su implacable carácter

síncrono, se debe atender a los diferentes ritmos de aprendizaje y las variadas manifestaciones para visibilizar el pensamiento, tomado en consideración la maduración del concepto de densidad, lo que puede requerir extensiones de la sesión o tutorías grupales para aquellos equipos a los que adquirir el concepto suponga un mayor consumo temporal.

4. Modelado: El problema sobre el cálculo de la densidad para cuerpos irregulares con distintas densidades, ofrece unos datos y unos materiales, sujetos a la experimentación que, si bien todos los equipos involucrados en la práctica deben aplicar el método científico, cada equipo realizará su propio modelo acorde a las características y el contexto de cada uno de los miembros del equipo por separado,
5. Oportunidades: Favorecer circunstancias y contextos que reforzencen las sinergias florecientes en los respectivos equipos, en base al problema planteado.
6. Lenguaje: El significado de los hallazgos es negociado por los miembros del equipo quienes, mediante el diálogo previo, convienen en expresarlos en un lenguaje que puede ser gráfico o verbal, empleando términos científicos y expresiones coloquiales que transmitan la información de manera significativa.
7. Ambiente: Las condiciones externas que pueden afectar o comprometer al *ceteris paribus*, así como distorsionar las mediciones, incluyendo variaciones que pueden ser tanto medibles como impredecibles, alientan al alumnado a reflexionar sobre la presencia de errores y a considerar el cálculo de aquellos errores susceptibles de corregirse. Como se ha mencionado previamente, un previo dimensionado correcto del problema a resolver eliminaría la presencia de errores de medida.
8. Rutinas de pensamiento: Las observaciones realizadas durante la resolución del problema se organizan, de manera que se otorga prioridad a los hallazgos de peso, frente a

cuestiones secundarias e irrelevantes. Se trata de breves estrategias que se apoyan en pasos simples. Una de estas rutinas, conocida como “Veo, pienso, me pregunto”, propicia la formulación de hipótesis, por lo que sería la elegida como la rutina inicial. Para clasificar el conocimiento previo, la rutina de “El semáforo” permite clasificar el entendimiento en tres niveles: lo que sé (color verde), lo que me genera dudas (color ámbar) y lo que no sé (color rojo). La rutina “Antes pensaba … Ahora pienso …” permite evaluar la propia evolución y establecer relaciones de causalidad entre fenómenos. Otra rutina, denominada “3, 2, 1, puente”, propone lanzar tres preguntas, dos ideas y una imagen; una vez se han establecido las 3 cuestiones, las 2 abstracciones y 1 representación gráfica, se puede “cruzar el puente” del conocimiento y volver a plantear otras tres cuestiones diferentes, de manera que el proceso de aprendizaje continúe en constante evolución. La capacidad crítica se incentiva con la rutina “Afirma, apoya, cuestiona”, fomentando el manejo de argumentos que sustenten las afirmaciones, lo que favorece el refuerzo de las hipótesis y, por tanto, la formulación de tesis.

## 7. REFERENCIAS

- Barrows, H. S. (2002). Is it truly possible to have such a thing as dPBL? *Distance Education*, 23(1), 119–122.
- Gros, B. (2015). La caída de los muros del conocimiento en la sociedad digital y las pedagogías emergentes= The fall of the walls of knowledge in the digital society and the emerging pedagogies. *La caída de los muros del conocimiento en la sociedad digital y las pedagogías emergentes= The fall of the walls of knowledge in the digital society and the emerging pedagogies*, 58-68.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2014). Cooperative Learning in the 21st Century. [Aprendizaje cooperativo en el siglo XXI]. *Anales de Psicología/Annals of Psychology*, 30(3), 841-851.
- Marín-Díaz, V. (2018). ¿El poder de la gamificación educativa? The power of educational gamification? *Edmetic*, 7(2), I-IV.

- Morales, M. Y., & Uribe, I. R. (2015). Hacer visible el pensamiento: alternativa para una evaluación para el aprendizaje. *Infancias imágenes*, 14(2), 89-100.
- Palacios-Díaz, R., & Criado García-Legaz, A. M. (2016). Explicaciones acerca de fenómenos relacionados con el volumen de líquido desplazado por un sólido en inmersión, con la densidad y con la flotación, en alumnado de Educación Secundaria Obligatoria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13 (2), 230-247.
- Pérez, E. B., & Gómez-Linares, A. (2016). *Psicología para docentes: Guía y casos resueltos aplicando el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)*. Ediciones Pirámide.
- Perkins, D. (2001). ¿Cómo Hacer Visible El Pensamiento? In Escuela de Graduados en Educación de la Universidad de Harvard. Cambridge, Massachusetts.
- Perkins, D. (2016). Educar para un mundo cambiante. Madrid: Ediciones SM.
- Pinedo, R. y Cañas, M. (2020). Cómo evaluar el pensamiento visible en el aula (Apuntes Módulos 1, 2, 3 y 4 MOOC Pensamiento visible para la docencia). MiríadaX y Universidad de Valladolid.
- Puente, C. G., & Bartolomé, A. M. (2022). Visibilizar el pensamiento a través de la enseñanza de las ciencias experimentales en Educación Infantil. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 19(1), 120101-120121.
- Ramírez, J. J. V. (2015). Aprendo porque quiero: El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), paso a paso: El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), paso a paso (Vol. 10). Ediciones SM España.
- Ritchhart, R. (2015). *Creating cultures of thinking: The 8 forces we must master to truly transform our schools*. John Wiley & Sons.
- Ritchhart, R. (2015). Creating cultures of thinking. The 8 forces we must master to truly transform our school. San Francisco: JosseyBass.
- Ritchhart, R., Church, M., & Morrison, K. (2014). Hacer visible el pensamiento. Cómo promover el compromiso, la comprensión y la autonomía de los estudiantes.
- Swartz, R. J., & Perkins, D. N. (2016). *Teaching thinking: Issues and approaches*. Routledge.
- Tishman, S., & Palmer, P. (2005). Visible thinking. *Leadership compass*, 2(4), 1-3.



## LA ENSEÑANZA DE GEOLOGÍA APLICADA EN PRÁCTICAS DE CAMPO: INTEGRANDO TEORÍA Y EXPERIENCIA EN EL APRENDIZAJE

---

EFRÉN GARCÍA ORDIALES

*Universidad de Oviedo. Escuela Politécnica de Mieres*

ANTONIO LUIS MARQUÉS SIERRA

*Universidad de Oviedo. Escuela Politécnica de Mieres*

JOSÉ IGNACIO BARQUERO PERALBO

*Universidad de Castilla-la Mancha.*

*Escuela de ingeniería industrial y de minas de Almadén*

PABLO CIENFUEGOS SUÁREZ.

*Universidad de Oviedo. Escuela Politécnica de Mieres*

### 1. INTRODUCCIÓN

La enseñanza de Geología Aplicada es fundamental para preparar a los estudiantes con las habilidades necesarias en el ámbito profesional. Las prácticas de campo ofrecen una plataforma única para integrar la teoría con la aplicación práctica, fomentando un enfoque holístico en la comprensión de los procesos geológicos y su relevancia en el mundo real.

Actualmente, en los estudios universitarios de temática ingenieril (ingeniería civil, minas, geología) donde se imparten conocimientos geo-lógicos, etc. existe la necesidad de capacitar al alumnado en sus respectivas competencias. Por ello es preciso una componente de aprendizaje necesaria e imprescindible que es la adquisición de destrezas y habilidades mediante prácticas de campo.

Estos conocimientos solo se pueden adquirir mediante un concienzudo trabajo en el propio terreno que conlleva además una serie de importantes gastos tanto para la propia universidad como para el alumnado.

Se plantea como objetivo diseñar un recurso didáctico de carácter aplicado en las asignaturas impartidas por los autores relacionadas con la ingeniería civil y minera.

La integración de teoría y experiencia en el aprendizaje es una estrategia pedagógica efectiva que conecta los conceptos abstractos con aplicaciones prácticas del mundo real (García Nova, 2014). Esta metodología no solo mejora la retención de información, sino que también desarrolla habilidades críticas y capacidades de resolución de problemas en los estudiantes.

Algunas estrategias para lograr una integración efectiva de teoría y experiencia en el aprendizaje: La enseñanza de conocimientos relacionados con el entorno natural que nos rodea lleva implícita una formación previa en el alumno en visualización espacial en las ingenierías geológica, civil y minera (Carmen et al., 1997).

Hoy día, la adaptación de los estudios universitarios al Plan Bolonia establece unos escasos plazos de tiempo en la formación completa del alumnado. Los planes de estudio relacionados con las ingenierías del terreno y de los recursos naturales son muy ajustados como para pretender que los alumnos y alumnas desarrollen esas capacidades en el tránscurso de la asignatura.

Actualmente, existen diferentes herramientas que permiten complementar las clases presenciales. Todo ello, a pesar de la existencia de numerosas herramientas disponibles en la web de forma gratuita, como son los visualizadores tipo *Google Earth* y otros (García Romero et al., 2021).

La aplicación de nuevas tecnologías en la sociedad, la ciencia y la técnica en general, también ha llegado a la exploración del subsuelo tan relacionado con la exploración de hidrocarburos, y minería metálica y no metálica (Praia et al., 1997). Por otra parte, la necesidad de conocer con la mayor exactitud posible el subsuelo está relacionada con el coste de los sondeos y su alcance en profundidad, necesarios para la exploración y la explotación del subsuelo.

Estas herramientas informáticas también se asocian al mundo de la minería en general, ya que cada día es más necesario obtener la máxima información al mínimo coste.

La imposibilidad de conocer con exactitud la estructura y composición del subsuelo ha llevado a la creación de nuevas herramientas informáticas que permiten predecir las litologías y sus propiedades físicas que nos podremos encontrar entre dos sondeos (Trillo, 2017).

La información que podemos obtener del subsuelo puede ser cualitativa (interpretativa mediante información geológica de superficie) o cuantitativa (datos proporcionados por sondeos y sísmica).

Básicamente la información a extraer del subsuelo está relacionada con la existencia de una o varias litologías determinadas, las propiedades petrofísicas de las mismas y su adecuación a los fines buscados por la humanidad. En estos tiempos que vivimos son la necesidad de recursos energéticos (gas y petróleo) y la necesidad de materias primas (yacimientos metálicos y no metálicos para la producción de bienes de consumo).

Una vez tomada la decisión de invertir en la realización de un sondeo o de una campaña de sondeos, la información que se obtiene debe ser cuidadosamente almacenada para el futuro.

Hasta hace relativamente poco tiempo las empresas propietarias de la información almacenaban esa información en informes redactados en papel, así como los logs o diagrámas, sujetos ambos estilos de documentos a las inclemencias del paso del tiempo o a los accidentes como incendios e inundaciones con la consiguiente pérdida de la información.

Desde la década de los 80 del siglo pasado, a la vez que nacían los ordenadores en EEUU los programadores han ido desarrollando sus aplicaciones en función de las exigencias del mercado.

Así en la industria minera y petrolera el primer software permitía almacenar las descripciones reflejadas en los informes escritos lo cual ya permitía almacenar y reproducir digitalmente la información, así como su envío a través de la línea telefónica.

Hoy día, tras el desarrollo tan importante de estas últimas décadas de la tecnología informática, en el negocio de la industria del software han entrado compañías tales como Schlumberger, con divisiones comerciales orientadas exclusivamente a la programación de nuevas herramientas

informáticas que permitan correlacionar los datos obtenidos en un sondeo de modo que se pueda obtener más información.

Los avances tecnológicos presentes hoy en día están revolucionando la manera y eficiencia de trabajar, y su impacto se está viendo reflejado en las ciencias geológicas (Ulloa, 2016). Internet se ha convertido en un soporte técnico y didáctico imprescindible para desarrollar nuevos modelos de enseñanza. Pero a menudo, esos recursos TIC son aplicados en las aulas sin una valoración ni análisis previo (Pardo y Redondo, 2001).

La informática, desde sus inicios, invadió nuestra sociedad y por ello, nuestros procesos productivos. Asimismo, la informática ha invadido todas las áreas de conocimiento convirtiéndose en una herramienta muy valiosa que permite agilizar la realización de trabajos rutinarios (Oliver y Naval, 1997). Además, permite el acceso a información en cantidades ingentes y permite obtener relaciones entre variables que serían imposibles de ejecutar por un ser humano.

Desde la década de los 80 del siglo pasado, a la vez que se popularizaban los ordenadores en EEUU los desarrolladores de programas informáticos o programadores han ido desarrollando sus aplicaciones en función del mercado y/o sus inclinaciones profesionales.

Hasta hace relativamente poco tiempo las empresas propietarias de la información almacenaban esa información en informes redactados en papel, así como las diagrafías (log), sujetos ambos estilos de documentos a las inclemencias del paso del tiempo o a los accidentes como incendios e inundaciones con la consiguiente pérdida de la información.

Todos estos avances han sido absorbidos por la empresa minera de forma inmediata en el mundo occidental, comenzando inicialmente por aplicaciones que permitían realizar operaciones repetitivas, pero no que aportaban mucho valor añadido a la información obtenida durante las tareas de exploración y explotación de un yacimiento mineral.

Los cambios que se producen en la industria implican que deben reflejarse en una mejor enseñanza de estas nuevas aplicaciones en los procedimientos de aprendizaje de los futuros egresados en la ingeniería de minas, civil y de la geología (Nieto, 2010).

Los planes de estudio de la ingeniería implican la integración de diversas disciplinas formales en un nivel alto de conocimientos (Marchamalo et al., 2010). La ingeniería en general requiere sólidos conocimientos y habilidades en diversas materias propias de la especialidad.

Los avances en las herramientas informáticas aplicadas a Proyectos de Investigación y Explotación de Recursos Minerales han sido tales que hoy en día no es concebible trabajar en un proyecto minero sin la ayuda de este tipo de programas. Con ellos, es posible representar cualquier etapa de un proyecto minero, como investigación, desarrollo o diseño, en una vista 3D, que muestre perforaciones, superficies, modelos y bloques minerales, triangulaciones, secciones, grados geológicos o minerales detallados, etc.

Los cambios que se están produciendo en la enseñanza de materias disciplinarias de la Geografía son producto de la introducción de las TIC y de las nuevas perspectivas de la docencia ante el Espacio Europeo de Educación Superior (Nieto, 2010).

## 2. DESARROLLOS DE APLICACIONES INFORMÁTICAS ACTUALES Y FUTURAS

Desde los albores de la informática profesional hasta nuestros días, los programas informáticos han evolucionado desde aquellos que realizaban tareas tediosas u repetitivas que bien se podrían hacer con una calculadora tradicional a los grandes programas o suites de aplicaciones que permiten integrar grandes bases de datos que de otra forma sería impensable explotar.

Hoy día son numerosas las aplicaciones informáticas utilizadas para almacenar y gestionar información del suelo (Jimeno, 2000).

En los años 90 del siglo pasado se tenían programas como el Rockworks® que solo permitían el uso mediante líneas de comandos. El desarrollo de los lenguajes de programación permitió a mediados de los 90, el uso de herramientas informáticas que permitía la visualización de la información y de las órdenes a realizar con ella (López Jimeno y Bustillo Revuelta, 1997).

Podemos mencionar programas de gestión minera como el VULCAN© (Maptek), o el PETREL© (Schlumberger), pasando por el Oasis Montaj©, el GEMCOM©, el DATAMINE©, MiCromine©, MineSight©, RockWorks© (RockWare), etc. Todos ellos son programas que van más allá del simple almacenamiento de información. Permiten gestionar toda la información del subsuelo de un programa de exploración incluso de explotación de un yacimiento mineral o de hidrocarburos (Figura 3).

Debido a la creciente de herramientas informáticas de visualización de datos del subsuelo, también se han sumado a las tradicionales compañías de herramientas informáticas minero, las compañías de GIS como ArcGIS©, Mapinfo© desarrollando módulos específicos dedicados a la representación de sondeos y su información asociada que complementan sus programas principales, así existen el TARGET© for ARCGIS de Geosoft o el DISCOVER© y ENGAGE3D© para el MapInfo©.

No debemos olvidar que actualmente con el desarrollo de los equipos portátiles tipo PDA surgen programas como el ArcPAd for ARCGIS© o el CoreCAD© para PPC, que permiten almacenar la información directamente en forma digital y mediante las tecnologías de transmisión de datos tipos Bluetooth y WIFI enviar los datos directamente a los ordenadores de almacenamiento y gestión de datos de forma instantánea.

## 2.1. Nuevas herramientas informáticas en minería: RECMIN©

Existe una variedad de herramientas informáticas para aplicaciones mineras., pero recientemente ha aparecido otras herramientas informáticas gratuito en la industria minera. Este es el caso de RECMIN, que complementa el uso de estos programas en cada etapa de un proyecto minero, desde la fase de investigación hasta la explotación y cierre de la mina, y es aplicable tanto en entornos empresariales como académicos. Ser capaz de trabajar con vistas en 3D y colocar el proyecto y los diseños en una pantalla, en la que podemos rotar, hacer zoom, mover, etc., ayuda a visualizar situaciones "reales" de algo que todavía está en una etapa de diseño y ayuda a tomar decisiones (Luengo-Padrones, 2013).

Actualmente, han surgido nuevas herramientas informáticas, que permiten integrar toda la información obtenida del subsuelo y gestionarla

de forma que se logra obtener nueva información mediante la interrelación con otras fuentes de datos como son las obtenidas por la tecnología de sistemas de información geográfica (SIG), la teledetección o los análisis geoquímicos (Figura 3). Como ejemplo en esta ponencia, utilizaremos una aplicación informática denominada RECMIN.

RecMin© (Recursos Mineros) es un paquete completo de programas, en versiones demo y comercial, diseñados para gestionar proyectos de investigación y explotación de recursos minerales. RecMin© es un conjunto de herramientas informáticas integradas e interrelacionadas desarrollado por el Dr. Cesar Castañón Fernández, que ha sido implementado en varias empresas mineras y universidades del mundo. Esta herramienta informática se puede descargar gratuitamente de internet, además se viene actualizando y mejorando con alta frecuencia ([www.recmin.com](http://www.recmin.com)).

Con la ventaja del formato abierto de sus archivos, se ha desarrollado un nuevo visor para visualizar proyectos de minería en 3D.

Los objetivos del desarrollo fueron los siguientes:

- Uso de archivos de formato abierto para la lectura de objetos a representar.
- Simplicidad en la gestión del programa para mover, rotar, hacer zoom en los objetos con simples movimientos del mouse de la computadora.
- Posibilidad de modificar otras opciones, como la intensidad y la dirección de la luz.
- Capaz de seleccionar objetos transparentes individualmente, modificando el grado de transparencia.
- Capaz de alisar superficies y volúmenes representados por triangulación.
- Capaz de incorporar nuevos archivos a la misma vista.

### 3. OBJETIVOS

El diseño de una visita de campo comienza con la localización geo-gráfica de los lugares a mostrar durante el recorrido. Cada lugar o parada requiere explicar su contexto geográfico y geológico que se integra el recorrido acompañándolo con gráficos explicativos de la materia a explicar. Cada recorrido consta de 10 a 20 “paradas técnicas” mostrando particularidades relacionadas con las materias a impartir.

- Aplicación Práctica de Conceptos Teóricos: Las prácticas de campo permiten a los estudiantes aplicar directamente los conceptos teóricos aprendidos en el aula, fortaleciendo su comprensión y capacidad de análisis.
- Desarrollo de Habilidades Técnicas: La ejecución de actividades como muestreo de suelos, análisis de estratos y elaboración de informes geológicos desarrolla habilidades técnicas esenciales para futuros geólogos.
- Conciencia Ambiental y Ética Profesional: Las prácticas de campo también ofrecen la oportunidad de discutir y abordar cuestiones éticas y medioambientales asociadas con la práctica geológica, inculcando una conciencia ética y profesional en los estudiantes.
- Beneficios del Aprendizaje Experiencial: Motivación y Compromiso: La experiencia práctica en el campo motiva a los estudiantes al proporcionarles un entorno de aprendizaje dinámico y relevante.
- Memorización Duradera: La conexión entre la teoría y la experiencia práctica facilita una memorización más duradera de los conceptos geológicos.
- Preparación para el Trabajo Profesional: Los estudiantes que han participado en prácticas de campo están mejor preparados para enfrentar los desafíos del trabajo profesional en geología. Se exponen algunas técnicas aplicadas que posibilitan y desarrollan rápidamente la adquisición de la capacidad de visualizar

tridimensionalmente todos los datos existentes hoy día mediante herramientas para capacitación de la visualización geológica espacial en las ingenierías geológica, civil y minera y su aplicación práctica en preparación y presentación de proyectos de ingeniería.

#### 4. METODOLOGÍA

La información a almacenar y posteriormente representar en 2D o 3D es básicamente la siguiente: litología, estratigrafía, fracturas (orientación e inclinación), profundidad, diámetros de perforación, diámetros de entubación, etapas de cementación y sus diferentes composiciones, pérdidas durante la perforación de fluidos, temperaturas, así como todo toda la información obtenida del conjunto de “logs” que se realizan en un sondeo.

Una vez almacenada esa información en cada sondeo, la información entre sondeos es interpretativa y para ello se utilizan las técnicas estadísticas y geoestadísticas, como son los diferentes tipos de mallados (gridding), los múltiples algoritmos de interpolación de información (Krigado, inverso de la distancia, etc) y los conocimientos de los estilos estratigráficos y geoestructurales del entorno geológico donde se ha desarrollado la perforación o campaña de sondeos.

El visualizador cartográfico permite la visualización y consulta de sus conjuntos de datos espaciales y de otros organismos mediante servicios WMS.

En el contexto de las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) el servicio web de Mapas (WMS) es el servicio más utilizado entre las organizaciones que ofrecen información geográfica a través de Internet. Ello es debido a su facilidad de implementación y por la existencia de varias soluciones de software.

El servicio *Web Map Service* (WMS) está definido por el *Open Geospatial Consortium* (OGC) con el objeto de producir mapas, de datos referenciados espacialmente, de forma dinámica a partir de información geográfica.

WMS son las siglas de *Web Map Service* (Servicio de Mapas Web), se

trata de un servicio y no de una página web, por lo que se ha de utilizar desde un visor SIG que admita este tipo de servicios. Este estándar internacional define un "mapa" como una representación de la información geográfica en forma de un archivo de imagen digital. Los mapas producidos por WMS se generan normalmente en un formato de imagen como PNG, GIF o JPEG y pueden ser invocados por cualquier plataforma corporativa o software capacitado para la visualización de este tipo de servicios.

## 5. MODELIZADO DE LA INFORMACION DEL SUBSUELO

Hoy día son numerosas las aplicaciones informáticas utilizadas para almacenar y gestionar información del subsuelo.

En los años 90 del siglo pasado se tenían programas como el Rockworks que solo permitían el uso mediante líneas de comandos. el desarrollo de los lenguajes de programación permitió a mediados de los 90, el uso de software que permitía la visualización de la información y de las órdenes a realizar con ella.

Existen programas de gestión minera como el VULCAN® (maptek), o el PETREL® (schlumberger), pasando por el OASIS MONTAJ®, el GEMCOM®, DATAMINE®, MICROMINE®, MINESIGHT®, ROCKWORKS® (rockware), etc. todos ellos son programas que van más allá del simple almacenamiento de información. permiten gestionar toda la información del subsuelo de un programa de exploración incluso de explotación de un yacimiento mineral o de hidrocarburos.

Debido a la creciente de software de visualización de datos del subsuelo, también se han sumado a las tradicionales compañías de software minero, las compañías de GIS como ArcGIS, Mapinfo desarrollando módulos específicos dedicados a la representación de sondeos y su información asociada que complementan sus programas principales, así existen el TARGET for ARCGIS de Geosoft o el DISCOVER y ENGAGE3D para el MapInfo.

No debemos olvidar que actualmente con el desarrollo de los equipos portátiles tipo PDA surgen programas como el ArcPad for ARCGIS o

el CoreCAD para PPC, que permiten almacenar la información directamente en forma digital y mediante las tecnologías de transmisión de datos tipos Bluetooth y Wi-FI enviar los datos directamente a los ordenadores de almacenamiento y gestión de datos de forma instantánea.

## 6. MODELIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DEL SUBSUELO

Un correcto análisis de los datos adquiridos durante la investigación geológica es fundamental tanto para la interpretación de los mismos como para su posterior comunicación a la comunidad científica. Por ese motivo el aprendizaje de una metodología de análisis de datos debe formar parte de la preparación de todo geólogo a lo largo de su formación (Merinero et al., 2012).

La información que podemos obtener del subsuelo puede ser cualitativa (interpretativa mediante información geológica de superficie) o cuantitativa (datos proporcionados por sondeos y sísmica).

Básicamente la información a extraer del subsuelo está relacionada con la existencia de una o varias litologías determinadas, las propiedades petrofísicas de las mismas y su adecuación a los fines buscados por la humanidad. En estos tiempos que vivimos son la necesidad de recursos energéticos (gas y petróleo) y la necesidad de materias primas (yacimientos metálicos y no metálicos para la producción de bienes de consumo).

La información a almacenar y posteriormente representar en 2D o 3D es básicamente la siguiente: litología, estratigrafía, fracturas (orientación e inclinación), profundidad, diámetros de perforación, diámetros de entubación, etapas de cementación y sus diferentes composiciones, pérdidas durante la perforación de fluidos, temperaturas, así como todo toda la información obtenida del conjunto de “logs” que se realizan en un sondeo.

Una vez almacenada esa información en cada sondeo, la información entre sondeos es interpretativa y para ello se utilizan las técnicas estadísticas y geoestadísticas, como son los diferentes tipos de mallados (gridding), los múltiples algoritmos de interpolación de información (Krigado, inverso de la distancia, etc) y los conocimientos de los estilos

estratigráficos y geoestructurales del entorno geológico donde se ha desarrollado la perforación o campaña de sondeos.

Una vez tomada la decisión de invertir en la realización de un sondeo o de una campaña de sondeos, la información que se obtiene debe ser cuidadosamente almacenada para el futuro. Existen varios tipos de herramientas informáticas para el tratamiento de información del subsuelo:

- Por un lado, están aquellos programas informáticos que solo representan los parámetros geométricos del diseño de un sondeo y de forma somera otro tipo de información proporcionada por el sondeo como frecuencia de fracturaciones, RQD, etc. Un programa típico puede ser el programa Prosect© de RockWare.
- Por otro lado, durante la ejecución de un sondeo se genera una gran cantidad de información referente a la roca que atraviesa, su estado tensional, su litología, características petrofísicas, fracturación del terreno, etc. Toda esta información queda registrada por los sensores adecuadas a cada característica (mediante los “log” o diagrafías) y representado en las herramientas informáticas, que permite su recopilación y almacenamiento en bases de datos y su posterior análisis, correlación e interpretación de forma casi automática. Aquí destaca la mayoría de las herramientas informáticas especializado destacando nombres como WellCAD©, Tech-Log©, e Interactive Petrophysics© entre otros.
- Por último, se encuentran aquellos programas que realizan tareas de apoyo al ingeniero de sondeos a pie de obra, actuando a modo de formulario digital y apoyo en tareas propias de cálculos típicos durante una operación de perforación como pueden ser selección de materiales, diámetros, tipos de cemento, etc. Entre estos últimos, podríamos destacar el “i-handbook” (Schlumberger) o la libreta digital de Halliburton que realmente se trata de una libreta electrónica o formulario que hace la función de apoyar al ingeniero. El programa iHandbook de Schlumberger es un programa gratuito que permite a modo de libro electrónico de bolsillo tener un pequeño manual de fórmulas y operaciones básicas en la ejecución de sondeos.

## 7. TRATAMIENTO DE INFORMACIÓN DE SONDEOS

Existen tres tipos de software para el tratamiento de información de sondeos:

Por un lado, están aquellos programas informáticos que solo representan los parámetros geométricos del diseño de un sondeo y de forma somera otro tipo de información proporcionada por el sondeo como frecuencia de fracturaciones, RQD, etc. Un programa típico puede ser el Prosect de RockWare.

Por otro lado, durante la ejecución de un sondeo se genera una gran cantidad de información referente a la roca que atraviesa, su estado tensional, su litología, características petrofísicas, fracturación del terreno, etc. Toda esta información queda registrada por los sensores adecuadas a cada característica (mediante los “log” o digrafías) y representado en el software, que permite su recopilación y almacenamiento en bases de datos y su posterior análisis, correlación e interpretación de forma casi automática. Aquí destaca la mayoría del software especializado destacando nombres como WellCAD, TechLog, el Interactive Petrophysics, etc.

El desarrollo futuro de la técnica de perforación, a parte de las nuevas investigaciones en nuevos materiales, motores direccionales, aleaciones, etc...en lo referente al manejo de información tenderá muy probablemente al uso de nuevas tecnologías como son la visión por ordenador, análisis de imágenes, la toma de decisiones mediante aprendizaje automático, inteligencia artificial e implementar la robótica y sobre todo la microrobótica (o microbotica) en la ejecución de sondeos que permitan tomar decisiones muy rápidas durante la perforación (MWD, perforación dirigida, multilateral). Cada día se utilizan más y se da mucha importancia a la toma de muestras y valores petrofísicos “in-situ”, asistidos por aplicaciones informáticas.

Así surgen nuevos entornos de visualización de información complementados por sísmica y sondeos utilizando para ello pantallas o salas de visualización denominadas 3D -VISIONARIUM), que permiten navegar por los datos espaciales a través del uso de los movimientos naturales del cuerpo y realizar trabajos interdisciplinarios en un entorno virtual

compartido. Actualmente las principales compañías energéticas del mundo disponen de salas de este tipo entre sus recursos de investigación.

En muchas campañas de exploración sobre todo de hidrocarburos se utilizan en un primer momento la sísmica y posteriormente se realizan sondeos que permiten “calar” la información. También permite navegar por los datos espaciales a través del uso de los movimientos naturales del cuerpo y realizar trabajos interdisciplinarios en un entorno virtual compartido.

En estos últimos años, surgen diferentes dispositivos móviles con características como WIFI, que permiten la transmisión de datos en tiempo real desde el lugar de operación del sondeo hasta la oficina. Para esto, la aparición de equipos PPC (Portable Personal Computer), ha hecho posible la implementación de programas como CoreCAD© que permiten la entrada directa de datos en campo y su trasmisión directa o diferida a programas más potentes como WellCAD© donde se pueden ya analizar y relacionar los datos.

Por otro lado, las administraciones públicas de nuestro país y de mundo están haciendo y han hecho un gran esfuerzo por digitalizar la información actual.

Todo ello, llega a aunarse en un solo fin que es la utilización de una herramienta informática donde se reúnen estas informaciones con el objetivo de extraer nuevas informaciones o utilizarlos como herramienta de toma de decisiones basadas en toda la información suministrada.

## 9. CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS

La enseñanza de Geología Aplicada a través de prácticas de campo es esencial para formar geólogos competentes y éticos. La combinación de teoría y experiencia práctica no solo fortalece la comprensión conceptual, sino que también nutre habilidades técnicas y promueve una perspectiva ética y responsable en el ejercicio de la geología profesional. La implementación efectiva de estas prácticas en entornos educativos contribuirá significativamente al desarrollo integral de los futuros geólogos.

La aplicación de este tipo de recursos didáctico tuvo y tiene una buena acogida por parte del alumnado pues ofrece un enfoque práctico en materias de índole práctico en campo.

Tiene como ventaja, la puesta en contacto del alumnado con problemas reales y como inconveniente la difícil acogida en los planes de estudio por su coste y la temporalidad de las mismas. El desarrollo futuro de la técnica de perforación, a parte de las nuevas investigaciones en nuevos materiales, motores direccionales, aleaciones, etc...en lo referente al manejo de información tenderá muy probablemente al uso de nuevas tecnologías como son la visión por ordenador, análisis de imágenes, la toma de decisiones mediante lógica difusa, etc. E implementar la robótica y sobre todo la microrobótica (también denominada microbótica) en la ejecución de sondeos que permitan tomar decisiones muy rápidas durante la perforación (MWD, perforación dirigida, multilateral, etc). Cada día se utilizan más y se da mucha importancia a la toma de muestras y valores petrofísicos "in-Situ"

Así surgen nuevos entornos de visualización de información complementados por sísmica y sondeos utilizando para ello pantallas o salas de visualización 3D denominadas VISIONARIUM que permiten navegar por los datos espaciales a través del uso de los movimientos naturales del cuerpo y realizar trabajos interdisciplinarios en un entorno virtual compartido.8. conclusiones

Como conclusiones se puede citar que:

- La tecnología informática ha logrado alcanzar altas cotas de sofisticación, hasta el punto de tener un absoluto control en lo que se refiere al almacenamiento, gestión y visualización del subsuelo, siendo hoy día una de las industrias más prometedoras.
- Estas herramientas permiten agilizar el trabajo en la gestión de datos.
- Minimizan los errores cometidos y permiten aplicar el tiempo efectivo de trabajo en aquellas tareas de interpretación y de valor añadido del trabajo.

- Debido a su coste elevado solo algunas empresas de alto nivel se pueden permitir su adquisición. Por otra parte, los largos períodos de entrenamiento de los operadores de estas herramientas hacen que se necesite incorporar personal especializado.
- Existen herramientas para aplicar en cualquiera de las fases de un proyecto minero. Su aprendizaje y utilidad ofrecen un valor añadido al minimizar los tiempos de tareas repetitivas y de bajo nivel.
- El desarrollo de la industria minera exige la implementación en los estudios universitarios de materias relacionadas con el tratamiento digital de la información, mediante la enseñanza de herramientas informáticas que agilicen los procesos de exploración y explotación de nuevos recursos mineros.
- La tecnología informática ha logrado alcanzar altas cotas de sofisticación, hasta el punto de tener un absoluto control en lo que se refiere al almacenamiento, gestión y visualización del subsuelo, siendo hoy día una de las industrias más prometedoras.
- Estas herramientas permiten agilizar el trabajo en la gestión de datos y permiten descubrir y corregir los errores cometidos, aplicando el tiempo efectivo de trabajo en aquellas tareas de interpretación y de valor añadido del trabajo.
- Debido a su coste elevado solo algunas empresas de alto nivel se pueden permitir su adquisición. Por otra parte, los largos períodos de entrenamiento de los operadores de estas herramientas hacen que se necesite incorporar personal especializado.

## 10. REFERENCIAS

- Carmen, L. M. D., Caballer, M. J., Furió, C., Gómez Crespo, M. Á., Jiménez, M. P., Jorba, J., ... & Vilches Peña, A. (1997). *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. ICE-Horsori.
- García Nova, B. E. (2014). Exploradores de la geología regional. *Revista Universidad EAFIT*, 49(164), 134-137.

- García-Romero, D., Laluez Sazatornil, J. L., & Blanch Gelabert, S. (2021). Análisis de un proceso de institucionalización del Aprendizaje-Servicio universitario. *Athenea Digital: revista de pensamiento e investigación social*, 21(3).
- Jimeno, L. (2000). *Manual de Aplicaciones Informáticas en Minería*. Editorial: Entorno Grafico. Madrid.
- López Jimeno, C., & Bustillo Revuelta, M. (1997). *Manual de evaluación y diseño de explotaciones mineras*. Gráficas Arias Montano. Madrid.
- Luengo-Padrones, I. (2013). Estudio exploratorio de la calidad de los recursos TIC en la Red para su posible aplicación en las clases de Geología de Bachillerato. Tesis de Master. Facultad de Educación. Universidad Internacional de La Rioja.
- Marchamalo, M., de Navascués, I. M. P., Pérez, E. S., & Marín, R. M. (2010). Geología aplicada y geomática: experiencia docente de integración en el currículo de ingeniero civil. En *Actas de las I Jornadas sobre Innovación Docente y Adaptación al EEES en las Titulaciones Técnicas* (pp. 163-166). Godel Impresiones Digitales, SL.
- Nieto Masot, A. (2010). *El uso didáctico de los sistemas de información geográfica en el Espacio Europeo de Educación Superior*. Tejuelo Vol. 09, nº 1.
- Oliver, C., & Naval, M. L. (1997). Ordenador como herramienta auxiliar en el laboratorio de Geología en Educación Secundaria. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 5(2), 159-164.
- Pardo Santano, P., & Redondo, M. R. (2001). El uso didáctico de los programas de simulación y su aplicación en la enseñanza de las Ciencias de la Tierra. *Pulso: revista de educación*, (24), 47-58.
- Praia, J. F., & Marques, L. (1997). Trabajo de laboratorio en la enseñanza de la Geología: reflexión crítica y fundamentos epistemológico-didácticos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 5(2), 95-106.
- Trillo, J. A. P. (2017). Necesitamos la Geología también en Bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 25(3), 274-274.
- Ulloa, A. (2014). Nuevas herramientas, tecnologías y técnicas aplicadas en las ciencias geológicas: Panorama actual y perspectivas futuras. *Revista Geológica de América Central*, 187-200.



## DOSSIER DE PATROCINIO PARA LA RED DE EMPLEABILIDAD DEL DEPORTE MEDIANTE EL APRENDIZAJE BASADO EN RETOS

---

CARLOS SERRANO LUENGO

*Universidad Europea de Madrid. Faculty of Sport Sciences, Madrid*

ANTONIO HERNÁDEZ-MARTÍN

*Universidad Europea de Madrid. Faculty of Sport Sciences, Madrid*

JORGE LÓPEZ-FERNÁDEZ

*Universidad Europea de Madrid. Faculty of Sport Sciences, Madrid*

MARÍA LUISA MARTÍN-SÁNCHEZ

*Universidad Europea de Madrid. Faculty of Sport Sciences, Madrid*

### 1. INTRODUCCIÓN

La innovación y desarrollo tecnológico que estamos viviendo en los últimos años está transformando la sociedad en la que vivimos en todos los ámbitos. Hecho que se ha visto mucho más acelerado con motivo de la digitalización sufrida como resultado de los confinamientos por el COVID 19 y el incremento de herramientas de inteligencia artificial tanto para profesionales como para particulares.

El contexto universitario no es exento a los cambios sociales, culturales y educativos que se están produciendo. Así, cada vez hay más autores que proponen el uso de metodologías de enseñanza basadas en el aprendizaje experiencia frente a las tradicionales. Especialmente, debido a las limitaciones de estas últimas (Romanenko et al., 2023; Jiménez y Pinto, 2021; Van Den Beemt et al. 2023): (i) no terminan de vincularse de forma efectiva con el mundo profesional; (ii) suelen tener una baja integración de contenidos interdisciplinarios y centrarse en contenidos abstractos; (iii) o no terminan de fomentar el desarrollo de actividades cognitivas de alto nivel como el análisis crítico, la resolución de problemas y la creatividad (Armstrong, 2010).

El uso de nuevas estrategias y metodologías docentes relacionadas con el aprendizaje experiencial permite abordar estas limitaciones porque busca trabajar los contenidos de clase mediante un enfoque colaborativo-reflexivo con una alta vinculación a los contextos profesionales (Jiménez y Pinto, 2021; Van Den Beemt et al. 2023). Así, aunque la relación con el contexto profesional puede variar de un enfoque a otro, el estudiante nunca pierde de vista la transferencia de los conocimientos que va a aprender (Jiménez y Pinto, 2021; Van Den Beemt et al. 2023).

Otra particularidad importante del aprendizaje experiencial y de las metodologías que lo componen es que destaca por exigir al estudiante una mayor demanda cognitiva basadas en la creatividad, la solución de problemas y el análisis crítico (Gallagher y Savage, 2020; Naidu, 2018), sin olvidar el refuerzo que se realiza sobre el estudiante mediante la creación de oportunidades de retroalimentación interna y externa (Jiménez y Pinto, 2021; Van Den Beemt et al. 2023). Por todo esto, podemos concluir que el aprendizaje experiencial permite construir un marco didáctico en el que el estudiante se sitúa en el centro del proceso de enseñanza-aprendizaje (Kolb, 1984; Morris, 2020) y que destaca por trabajar al mismo tiempo contenidos teóricos con habilidades y competencias blandas y duras (Jiménez y Pinto, 2021), contribuyendo a una mayor motivación y compromiso del estudiante a la tarea y a una mejora de la empleabilidad de los mismos (Conde, et al. 2019; Jiménez y Pinto, 2021).

Dentro de este tipo de aprendizaje, el Aprendizaje Basado en Retos (*Challenge-Based-Learning; CBL*) es una de las mejores fórmulas para acercar los contextos profesionales al aula, al pedir al estudiante que se enfrente a un caso real compartido por una organización externa a la universidad (Leijon et al., 2022), por lo que contribuyen a un aprendizaje mucho más holístico y efectivo que el uso de metodologías más tradicionales (Armstrong, 2010; Morris, 2020; Leijon et al, 2022).

### 1.1. PATROCINIO DEPORTIVO EN LA GESTIÓN DEPORTIVA

Dentro de la rama de especialización de la gestión deportiva el patrocinio deportivo se ha convertido en una de las más relevantes debido al gran crecimiento que ha tenido en los últimos años (Breva et al., 2019).

Así, es una de las principales fuentes de financiación de los clubes deportivos tanto profesionales como no profesionales, pero también de la mayoría de los eventos deportivos de gran tamaño como pueden ser las carreras populares, triatlones, etc. (Orozco, 2018).

Los principales motivos es que el patrocinio permite a las marcas patrocinadoras conectar de forma especial con sus consumidores potenciales, pero también con otros *stakeholders* y *partners* clave (Schlesinger et al., 2012). Por lo que contribuye a un mejor posicionamiento de marca, a penetrar nuevos mercados, a recoger información de potenciales consumidores y/o realizar estudios de mercado en tiempo real, etc. Además, es una herramienta muy potente para lograr una gran reputación de marca y un alto posicionamiento en la mente de los consumidores (Orozco, 2018).

Una de las mejores formas de empezar a profundizar en este campo para los estudiantes puede ser mediante la elaboración de un *dossier* de patrocinio (Frías-López et al. 2023), pues es un elemento vital que las empresas deportivas utilizan para buscar y captar patrocinios (Biscaia et al., 2013). Además, está muy vinculado con otras áreas de marketing al tener que proponer activaciones para potenciales patrocinadores, identificar el público objetivo que puede interesar a un futuro patrocinador, trabajar con métricas para analizar el retorno económico de la inversión, etc. (Schlesinger et al., 2012). Por lo tanto, su trabajo dota al futuro profesional del deporte de un alto dominio de los elementos propios del patrocinio, pero también de otras áreas clave del marketing.

## 1.2. INCORPORACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA DOCENCIA

La inteligencia artificial definida como herramienta crear sistemas que perciben, comprenden y actúan de manera inteligente (Russell y Norvig, 2010) está cada vez más presente entre los estudiantes universitarios. Si bien, su uso puede contribuir a un mayor aprendizaje y a una mayor empleabilidad del trabajador, a nivel académico supone gran desafío debido a que puede utilizarse para resolución de problemas, como trabajos académicos complejos en pocos minutos o incluso para responder exámenes (Pérez y Robador, 2023). Por lo tanto, puede llevar al estudiante

a cumplir con las demandas curriculares de una asignatura sin dominar realmente los contenidos y competencias de ésta (UNESCO 2024).

Las principales herramientas de inteligencia artificial utilizadas por los estudiantes son las basadas en el modelo de aprendizaje automático (ML-LM) como ChatGPT® o Bard®. El motivo de su popularidad es que es una suerte de chat con el que el estudiante puede interactuar para resolver problemas académicos complejos (Oliver, 2023; UNESCO, 2024). Además, se puede vincular con aplicaciones para Google Chrome o Microsoft Edge para responder exámenes online en segundos sin ni si quiera abandonar la página del examen.

La amenaza de la inteligencia artificial en el mundo académico es tan grande que muchos docentes e instituciones académicas están posicionadas totalmente en contra de este tipo de tecnología (Ocaña-Fernández et al., 2019; Oliver, 2023). Sin embargo, en la actualidad, un número creciente de expertos está integrando estas tecnologías en la rutina diaria de los estudiantes universitarios. Su enfoque está en inculcar prácticas óptimas relacionadas con esta forma de inteligencia artificial, lo que a su vez disminuye los posibles efectos adversos asociados con estas innovaciones emergentes (González-González, 2013; UNESCO, 2024).

En la confección de un *dossier* de patrocinio, la inteligencia artificial como ChatGPT® se presenta como una herramienta revolucionaria que puede contribuir de forma significativa a mejorar el aprendizaje de los estudiantes. No obstante, para ello, esta no puede ser utilizada como un atajo para completar tareas automáticamente, sino como un asistente que potencie la capacidad analítica y creativa de los estudiantes, a la vez que les ayude a identificar áreas de mejora en la redacción, coherencia y estructura del *dossier*. Por ejemplo, desde un punto de vista crítico, el ChatGPT® puede ayudar evaluando la claridad de la propuesta, criticando los pros y contras de la misma, sugiriendo mejoras en la presentación de argumentos o identificando secciones que requieran mayor desarrollo o precisión. También, puede utilizarse para generar ideas sobre elementos clave que puedan faltar en su propuesta y para evaluar el impacto de propuestas innovadoras en el mismo (Pérez y Robador, 2023).

## 2. OBJETIVOS

Analizar la efectividad, acogida y resultados de desarrollar la metodología CBL para desarrollo del *branding* y el *dossier* de Patrocinio de la Red de Empleabilidad en el Deporte que se ha desarrollado utilizando la inteligencia artificial.

El objetivo secundario de este trabajo es analizar la efectividad de esta actividad para lograr los siguientes resultados de aprendizaje marcados en la asignatura:

- RA1: Capacidad para realizar un análisis del mercado y de la competencia dentro del contexto del marketing deportivo.
- RA2: Capacidad para establecer las políticas de marketing relacionadas con el proceso comercial y de marketing de la empresa.
- RA3: Integración de conceptos y procedimientos relacionados con la profesión y el sector del deporte

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1. PARTICIPANTES

En esta actividad participaron trece alumnos de cuarto de carrera del Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte (CCAFyD), pertenecientes a la asignatura optativa de Comercialización y Marketing del Deporte y Ocio de la mención de gestión deportiva. Este proyecto fue seleccionado dentro del marco de Proyectos de Innovación Docente de la Universidad Europea de Madrid, convocatoria 22-23 (InnD 2023/19). La agrupación de los participantes fue de grupos de tres o cuatro personas.

### 3.2. PROCEDIMIENTO

La actividad se realizó a través de una metodología de Aprendizaje Basado en Retos (Challenge Based Learning – CBL). Para ello, se requiere que un profesional externo al contexto docente acuda al aula y presente

un problema real al que se está enfrentando su unidad de negocio. Tras esto, los estudiantes se agrupan en grupos y compiten entre sí por aportar la respuesta más aplicable al contexto aportado por el profesional invitado, cuya función será la de la retroalimentación externa (Gallagher y Savage, 2020). Por esa razón, se pidió a los estudiantes que tomaran la figura y perspectiva de una asesoría por lo que la propuesta debería estar defendida desde esa perspectiva.

En el caso del presente trabajo se contó con el principal promotor de la Red de Empleabilidad del Deporte (RED). Este es un proyecto en crecimiento que tiene como finalidad crear una cátedra de investigación relacionada con la empleabilidad del deporte y aportar evidencias con las que guiar políticas dentro del mercado deportivo. A pesar de ser un proyecto en desarrollo, ya cuenta con el *partnership* de las principales organizaciones públicas-privadas del sector, demostrando una alta aceptación por parte de todos los agentes presentes en el ecosistema deportivo.

Tras exponer la realidad del proyecto, el profesional invitado expuso su problema principal: (i) momento clave en el desarrollo de la red, pues quieren tener una posición económica estable y propia, no necesitando la inversión por parte de sus *partners*; (ii) para ello, están trabajando en obtener inversión mediante la obtención proyectos nacionales y europeos dentro de un marco colaborativo público-privado; (iii) por último, van a comenzar a realizar una búsqueda de patrocinadores que aporten ingresos para llevar a cabo la cátedra de investigación, mantenimiento y gestión de redes sociales y web, desarrollo de cursos, eventos y jornadas formativas y la realización de *talent days* con los que empoderar al estudiante del deporte.

El presente trabajo se centró en el último punto, de forma que el estudiante fue retado a desarrollar el *branding* y *dossier* de patrocinio de la RED, así como, identificar dos potenciales patrocinadores de alto nivel, su público objetivo y las principales activaciones de patrocinio que puedan interesarles.

### 3.3. DETALLE DEL CBL

El CBL se desarrolló en dos retos diferenciados con el fin de facilitar el entendimiento y seguimiento de los estudiantes. El periodo de trabajo de cinco semanas coincidiendo con los temas de “Patrocinio” y de “Activaciones de marca y de patrocinio”. Dentro de este tiempo, se permitió a los estudiantes trabajar en el proyecto un total de 2h en el aula en el que el profesor de la asignatura aportó tanto *feedback* como *feedforward*.

En total se propusieron dos entregas parciales y una entrega final. La razón de estas entregas parciales es que son una fuente muy positiva de *feedback* para el estudiante, permitiéndole identificar áreas de mejora, errores de enfoque, etc. gracias al *feedback* individualizado (Frías-López et al. 2023). Además, al principio de cada clase se dejaron 10 minutos para resolver dudas relacionadas con este proyecto de CBL.

#### 3.3.1. Entrega parcial I. Desarrollo del *dossier* de patrocinio

En esta primera entrega el alumnado tuvo como principal tarea la realización del *branding* de la RED y su propuesta de *dossier* de patrocinio. Para ello, primero tuvieron que entender la realidad de la RED (aún en desarrollo), su misión y objetivos, propuesta de valor y los elementos que puede monetizar. Tras este ejercicio crítico-reflexivo que requirió de un análisis de mercado conciso, los estudiantes pasaron a desarrollar su *branding* siguiendo el Modelo de las 3i de Kotler et al. (2019). Sin embargo, en este caso sólo se les pidió centrarse en la imagen de marca (elementos visuales) debido a que el *branding* no es el objetivo principal del trabajo, sino una herramienta necesaria para poder desarrollar el *dossier* de patrocinio. La razón de necesitar el *branding* es que el *dossier* debe mantener una coherencia visual-estética alineada con la marca. Hecho que no puede lograrse si no hay *branding*. Así, una vez se desarrolló la propuesta de imagen de marca de la RED los estudiantes pasaron a desarrollar su propuesta inicial del *dossier*.

Antes de empezar cada parte del trabajo los estudiantes recibieron una formación específica tanto en *branding* como en patrocinio y en desarrollo de Planes de Patrocinio y *Dossiers* de Patrocinio. Además, se

compartió con ellos bibliografía de referencia en este ámbito y se les formó para realizar análisis de mercado.

Tras la entrega, todos los estudiantes recibieron *feedback* personalizado por parte del profesional colaborador y del profesor de la asignatura. El *feedback* se centró principalmente en la aplicabilidad y coherencia de la propuesta.

### 3.3.2. Entrega parcial II

La segunda entrega consistió en presentar la propuesta final del *dossier* incorporando el *feedback* recibido tras la entrega 1. A esta entrega final se le une la identificación de los dos patrocinadores principales potencialmente interesados en colaborar con la RED mediante patrocinio, una propuesta de individualización del paquete de patrocinio para cada potencial patrocinador y una propuesta de activación de patrocinio adicional.

Por motivos organizativos no hubo tiempo para defender en el aula estas propuestas. Por eso, en esta segunda entrega se presentaron, por un lado, todos los materiales realizados por cada grupo y, por otro, un vídeo defendiendo el *dossier* de patrocinio. En este vídeo el alumnado debía mantener el rol de consultor, de forma que no se trataba de explicar los contenidos del mismo como si la audiencia desconociera el proyecto RED. Por el contrario, el estudiante debía defender su *dossier* con el fin de lograr que el promotor de la RED le comprase su propuesta. En este primer vídeo no se incorporó la defensa de la propuesta de patrocinadores.

Tras la entrega de los diferentes materiales explicados anteriormente se procedió a su valoración por parte del profesional invitado y del docente de la asignatura. Así, los estudiantes recibieron un segundo *feedback* con el que mejorar su propuesta final.

### 3.3.3. Entrega final

La entrega final consistirá en un nuevo vídeo defendiendo el *dossier* y resto de elementos que lo componen. Esta propuesta fue evaluada por el profesional invitado, por el docente de la asignatura y por un comité

de expertos en patrocinios, eligiendo la propuesta ganadora. Además, se reconoció con un diploma a todas las propuestas consideradas aplicables y que obtuvieron una nota superior al 8.5.

### 3.4. INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADA AL RETO

Es importante resaltar que antes de comenzar el reto alumnado fue formado en buenas prácticas en herramientas de Inteligencia Artificial muy utilizadas en el mundo del marketing. Así, por un lado, los estudiantes recibieron formación herramienta Canva®. Esta herramienta es una de las más reconocidas en el mundo del marketing por la facilidad para realizar presentaciones atractivas, creatividades audiovisuales, etc. Así, su uso es fundamental para lograr un *dossier* atractivo será usada dentro del apartado de *branding*. En el último año Canva® ha incorporado varias herramientas de inteligencia artificial. El estudiante aprendió varias de estas herramientas, prestando especial atención aquellas relacionadas con el diseño. Por otro lado, también se instruyó a los estudiantes en buenas prácticas en el uso de herramientas de inteligencia artificial como ChatGPT® o Bard®. El objetivo de esta formación fue lograr que los estudiantes utilizaran este tipo de inteligencia artificial como recurso con el que mejorar críticamente su trabajo.

### 3.5. RECOGIDA DE DATOS

El profesor de la asignatura utilizó un diario reflexivo crítico para valorar los Resultados de Aprendizaje y el desarrollo de las competencias marcadas en la asignatura por parte de los estudiantes (Barba, González-Calvo y Barba-Martín, 2014). Además, se construyó una rúbrica junto con el profesor invitado con el fin de evaluar la calidad y aplicabilidad en el mundo real del trabajo presentado de los estudiantes. En dicha rúbrica se incorporaron también la consecución de competencias blandas como: (i) el trabajo en equipo; (ii) la resolución de conflictos; (iii) la capacidad de síntesis; (iv) la capacidad de análisis; (v) el dominio de herramientas tic y de inteligencia artificial.

Por otro lado, tras el reto se pidió a los estudiantes que completasen un cuestionario adhoc con el que valorar su grado de satisfacción y su

percepción con la actividad. El cuestionario se completó vía online, siendo creado mediante Microsoft Forms. Además, se realizó antes de entregar las calificaciones a los estudiantes y de forma anónima, no recogiendo ningún tipo de información personal.

En la primera parte del cuestionario, se pidió a los estudiantes que proporcionaran sus respuestas utilizando una escala Likert de 5 puntos (1 = totalmente en desacuerdo; 5 = totalmente de acuerdo). Para el análisis, se agruparon y consideraron como "de acuerdo" las respuestas con calificaciones de 4 a 5, mientras que las respuestas con calificaciones de 1 a 3 se agruparon y categorizaron como "en desacuerdo". Las preguntas presentadas a los estudiantes fueron las siguientes:

- (i) El CBL me ha permitido profundizar en los contenidos propuestos en la asignatura con relación al patrocinio deportivo.
- (ii) Las entregas parciales me han permitido mejorar mi propuesta de acuerdo con las demandas del CBL.
- (iii) El tiempo planificado para la actividad permite cumplir con los objetivos propuestos.
- (iv) El proyecto tiene una transferencia real con el mundo profesional.
- (v) El proyecto propuesto me prepara mejor para mi futuro profesional.

En la segunda parte del cuestionario, se solicitó a los estudiantes calificaciones para el aprendizaje adquirido por su participación en el CBL y su nivel de satisfacción con el CBL (usando la Escala de Satisfacción del Cliente). Esta evaluación se realizó utilizando una escala Likert de 5 puntos:

- (i) "El aprendizaje resultante de mi participación en el PBL es" (1 = No aprendí nada; 5 = el CBL ha mejorado significativamente mi aprendizaje).
- (ii) "Mi satisfacción con el CBL es" (1 = nada satisfecho en absoluto; 5 = muy satisfecho). Además, también

proporcionaron sus respuestas a la Puntuación del Promotor Neto (NPS), utilizando una escala Likert de 11 puntos para responder a la pregunta: "¿Qué tan probable es que recomiende la participación en este PBL a un estudiante futuro?" (0 = Nada probable; 10 = Extremadamente probable).

El puntaje NPS se calculó restando el porcentaje de Detractores (puntuaciones de 0 a 6) del porcentaje de Promotores (puntuaciones de 9 a 10). Los Pasivos (puntuaciones de 7 y 8) no se tuvieron en cuenta en el cálculo.

#### 4. RESULTADOS

El CBL fue construido conforme a los elementos clave de la metodología CBL, fomentando el uso de reflexión y pensamiento crítico a partir de *feedback* personalizado. Así mismo, permitió al alumnado reflexionar sobre los elementos clave de un *dossier* de patrocinio, los elementos clave en la identidad visual de una marca y cómo el *dossier* y el *branding* deben estar alineados con la misión y valores de la red.

Todos los grupos mostraron dominar las dos partes del trabajo, obteniendo una nota superior al 8.5 por parte de los 4 grupos participantes. Además, el tribunal valoró todas las propuestas como aplicables, obteniéndose una media entre todos los trabajos de 4.3 sobre 5 puntos en el ítem "la propuesta presentada es aplicable en el mundo profesional". Así mismo, todos los ítems de la primera parte del cuestionario obtuvieron una media de 4.1 o superior:

- (i) El CBL me ha permitido profundizar en los contenidos propuestos en la asignatura con relación al patrocinio deportivo ( $\bar{x} = 4.12$ ; 78,1% respuestas entre 4 y 5).
- (ii) Las entregas parciales me han permitido mejorar mi propuesta de acuerdo con las demandas del CBL ( $\bar{x} = 4.61$ ; 87,3% respuestas entre 4 y 5).
- (ii) El tiempo planificado para la actividad permite cumplir con los objetivos propuestos ( $\bar{x} = 4.68$ ; 79,6% respuestas entre 4 y 5).

- (iv) El proyecto tiene una transferencia real con el mundo profesional ( $\bar{x} = 4.78$ ; 88,8% respuestas entre 4 y 5).
- (v) El proyecto propuesto me prepara mejor para mi futuro profesional ( $\bar{x} = 4.84$ ; 92,5 % respuestas entre 4 y 5).

Además, los estudiantes calificaron el aprendizaje derivado del reto como un 4.23 sobre 5, mostraron una satisfacción de 3.98 sobre 5, y un NPS de +23.

## 5. DISCUSIÓN

La presente innovación docente se construyó con el objetivo principal de introducir de forma eficaz al estudiante en el mundo del patrocinio. Los resultados principales son:

- Todos los estudiantes fueron exitosos en este CBL, obteniendo todos ellos una nota superior al 8.5 sobre 10. Además, el tribunal valoró todas las propuestas como aplicables
- Los estudiantes la metodología CBL como adecuada para lograr los objetivos marcados en la asignatura en relación con el patrocinio
- La satisfacción de los estudiantes con la actividad fue alta, al igual que lo fue la percepción de aprendizaje y el NPS
- Los estudiantes calificaron la actividad como relacionada con contextos profesionales que puede ayudarles en su futuro profesional.

Coinciendo con la literatura de referencia este proyecto se construyó conforme a los elementos más importantes de la metodología CBL: (i) empresa invitada comparte un problema real; (ii) los estudiantes abordan el problema planteado en grupo y compiten frente al resto por aportar la mejor solución al problema planteado; (iii) se valora la aplicabilidad de las propuestas y no hay una única solución válida; (iv) se crean oportunidades de retroalimentación interna y externa incluyendo la del profesional implicado; (v) se fomenta el pensamiento y la reflexión

crítica en las diferentes fases de la actividad (Conde, et al. 2019; Gallagher y Savage, 2020; Jiménez y Pinto, 2021; Leijon et al., 2021). No obstante, ha exigido una gran implicación de todos los participantes. Por ejemplo, el profesional invitado y el docente han tenido que dar *feedback* específico en tres ocasiones, mientras que los estudiantes tuvieron que abordar un problema complejo dividido en tres entregas. Esto requiere un alto grado de planificación por parte del docente (Agüero Pérez et al. 2019) y también un alto nivel de compromiso por parte de los estudiantes (Adams y Blair, 2019; Chew y Cerbin, 2021).

En línea con otras innovaciones docentes basadas en metodología experiencial CBL, esta actividad fue efectiva para cumplir los objetivos de aprendizaje de la asignatura (Conde, et al. 2019; Gallagher y Savage, 2020; Jiménez y Pinto, 2021; Leijon et al., 2022). Así mismo, la naturaleza del trabajo exigió el trabajo de competencias blandas (ej. trabajo en equipo, habilidades comunicativas, escucha activa, reflexión crítica) y duras (ej. diseño, uso de IA, *branding*, etc.) relacionadas con el contexto profesional en el que se realizó la actividad, hecho expuesto en otros trabajos previos (Jiménez y Pinto, 2021; Leijon et al., 2022). Esto nos lleva a concluir que este tipo de innovación supone un aprendizaje de alto nivel para el estudiante, que no sólo les ha exigido dar solución a un proyecto complejo, sino que tiene una gran relación con la industria y con una de las áreas en más crecimiento dentro del campo de la gestión deportiva. Además, este tipo de trabajos contribuyen a formar al estudiante en buenas prácticas en el uso de herramientas tic e IA como Canva® y ChatGPT, contribuyendo a abordar un gap en el contexto universitario actual.

A pesar de que los resultados son positivos, es importante destacar el papel de las entregas parciales. Estas sirvieron de forma efectiva en la retroalimentación de los estudiantes, de forma que les ayudó a mejorar su propuesta en aspectos como: identificar áreas de mejora, saber si su propuesta va a lineada o no con las necesidades de la empresa participante, etc. (Frías-López et al. 2023; López-Yáñez et al. 2018). No obstante, para el docente implicado también le sirvió como herramienta de control de los estudiantes, de forma que pudo ver que todos estaban avanzando en

línea a lo demandado, valorar el grado de contribución de los diferentes miembros de cada grupo e identificar y corregir errores de enfoque.

Por otro lado, tal y como se evidencia en estudios previos, el estudiante valora muy positivamente enfrentarse a trabajos con una alta vinculación con el mundo profesional (Morán-Barrios et al. 2020). Sin embargo, en la opinión de los autores, esto no es suficiente para contribuir a la empleabilidad del estudiante, sino que es necesario que éste comunique al exterior su éxito en trabajos como el desarrollado en esta innovación docente. Dado que, LinkedIn la mejor herramienta para que el estudiante comparta su éxito en el trabajo de patrocinio realizado, el equipo docente animó a sus estudiantes a hacerlo, entregándoles, además, un diploma firmado por la empresa y el decanato donde se evidencia la adquisición exitosa de diferentes competencias blandas y duras.

Por último, a pesar de ser un trabajo complejo, el tiempo para la tarea fue considerado suficiente por los estudiantes. Esto es muy importante porque este tipo de trabajos requieren que el estudiante tenga una gestión equilibrada del tiempo, sea capaz de cooperar de forma efectiva con los miembros del grupo y posea una alta capacidad para responder a una alta demanda cognitiva (Adams y Blair, 2019; Chew y Cerbin, 2021). En este caso, todos los estudiantes demostraron poseer este tipo de competencias al no detectarse ningún problema entre grupos, exceptuando la deserción de clase de un estudiante. No obstante, las entregas parciales contribuyeron exitosamente a este control de los tiempos, tal y como se ve reflejado en la valoración de los estudiantes.

## 6. CONCLUSIONES

La metodología de Aprendizaje Basado en Retos en la enseñanza universitaria permite potenciar el aprendizaje del estudiante universitario, pudiéndose aplicar a diferentes contextos como es el patrocinio deportivo dentro de la asignatura de Comercialización y Marketing del Deporte y Ocio. Sin embargo, para que la metodología sea efectiva se requiere un alto compromiso por parte de los diferentes agentes participantes (profesor, profesional y alumnos).

El uso de entregas escalonadas contribuye a mejorar el desempeño estudiantil a través del aprovechamiento de las retroalimentaciones, pero también facilita una supervisión más efectiva del progreso de los estudiantes, dotando de valor al equipo docente. En cuanto a la incorporación de la Inteligencia Artificial (IA) en los proyectos CBL, se ha constatado que es una estrategia eficaz para enseñar buenas prácticas a los alumnos en este ámbito y abordar el gap existente en el contexto universitario actual.

Finalmente, estas innovaciones educativas demuestran tener un alto potencial para trasladar conocimientos al entorno profesional, contribuyendo significativamente a la mejora de la empleabilidad de los estudiantes, el cuál debe ser potenciado mediante la exposición al exterior de los estudiantes.

## 7. AGRADECIMIENTOS/APOYOS

El autor J. L.-F. reconoce que su participación en esta investigación fue posible gracias a su participación en el programa Fulbright a la Estancia de Movilidad en el Extranjero José Castillejo para Jóvenes Doctores 2022.

## 8. REFERENCIAS

- Adams, R. V. y Blair, E. (2019). Impact of time management behaviors on undergraduate engineering students' performance. *Sage Open*, 9(1), 1-11. <https://doi.org/10.1177/2158244018824506>
- Agüero Pérez, M. M., López Fraile, L. A., & Pérez Expósito, J. (2019). Challenge Based Learning como modelo de aprendizaje profesionalizante. Caso del programa Universidad Europea con Comunica+ A. *Vivat Academia. Revista de Comunicación*, 149, 1-24. <https://doi.org/10.15178/va.2019.149.1-24>
- Armstrong, P. (2010). Bloom's Taxonomy. Vanderbilt University Center for Teaching. <https://cft.vanderbilt.edu/guides-sub-pages/blooms-taxonomy/>
- Biscaia, R., Correia, A., Rosado, A. F., Ross, S. D., y Maroco, J. (2013). Sport sponsorship: The relationship between team loyalty, sponsorship awareness, attitude toward the sponsor, and purchase intentions. *Journal of Sport Management*, 27(4), 288-302. <https://doi.org/10.1123/jsm.27.4.288>

- Barba, J. J., González-Calvo, G., & Barba-Martín, R. A. (2014). El uso de los diarios del profesorado como instrumento de reflexión-sobre-la-acción. *Revista española de educación física y deportes*, (405), 55-63.
- Breva, E., Sanahuja, G., Mut, M., y Campos, C. (2019). Inversión y evaluación del patrocinio deportivo en España / Investment and evaluation of sports sponsorship in Spain. *Revista Internacional De Relaciones Públicas*, 9(17), 139–164. <https://doi.org/10.5783/revrpp.v9i17.58>
- Chew, S. L. y Cerbin, W. J. (2021). The cognitive challenges of effective teaching. *The Journal of Economic Education*, 52(1), 17-40. <https://doi.org/10.1080/00220485.2020.1845266>
- Conde, M. Á., Fernández, C., Alves, J., Ramos, M. J., Celis-Tena, S., Gonçalves, J., Lima, J., Reimann, D., Jormanainen, I., García-Peñalvo, F. J. y Peñalvo, F. J. G. (2019). RoboSTEAM-A Challenge based learning approach for integrating STEAM and develop computational thinking. En *Proceedings of the Seventh International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality* (pp. 24-30). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3362789.3362893>
- Frías-López, D., Martín-Sánchez, M. L., Serrano-Luengo, C., & López-Fernández, J.L. (2023). Aprendizaje basado en retos y simulación compleja en el grado de ciencias de la actividad física y el deporte (CCAFYD). In *II Congreso Internacional Innovación Docente, Educación y Transferencia del Conocimiento (CIINECO)*. <https://ciineco.org/ponencia/aprendizaje-basado-en-retos-y-simulacion-compleja-en-el-grado-de-ciencias-de-la-actividad-fisica-y-el-deporte-ccafyd/>
- Gallagher, S. E. y Savage, T. (2020). Challenge-based learning in higher education: an exploratory literature review. *Teaching in Higher Education*, 1-23. <https://doi.org/10.1080/13562517.2020.1863354>
- González-González, C. (2023). El uso de la Inteligencia Artificial en la educación superior: implicaciones y riesgos éticos. *Revista de Educación y Tecnología*, 36, 51-60: <https://doi.org/10.25145/j.curricul.2023.36.03>
- Jiménez-Bernal, M. y Pinto-Tortosa, A. J. (2021). Desarrollar el pensamiento crítico en modalidades online: retos y propuestas. En *REDINE* (ed.), *Conference Proceedings CIVINEDU 2021* (pp. 584-588). Adaya Press.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs
- Kotler, P., Kartajaya, H., y Setiawan, I. (2019). *Marketing 3.0: From products to customers to the human spirit* (pp. 139-156). Springer Singapore.

- Leijon, M., Gudmundsson, P., Staaf, P. y Christersson, C. (2022). Challenge based learning in higher education—A systematic literature review. *Innovations in education and teaching international*, 59(5), 609-618.  
<https://doi.org/10.1080/14703297.2021.1892503>
- López-Yáñez, J., Sánchez-Moreno, M. R., Altopiedi, M. y Oliva-Rodríguez, N. (2018). Formación de directivos escolares mediante un programa basado en el coaching grupal, la retroalimentación y el análisis de la práctica. *Profesorado: revista de currículum y formación del profesorado*. 22(1), 481-500. <http://hdl.handle.net/11162/157143>
- Morán-Barrios, J., de Gauna, P. R., Lázaro, P. M. R. y Calvo, R. (2020). Metodologías complementarias de aprendizaje para la adquisición de competencias en la formación de especialistas y actividades profesionales confiables. *Educación Médica*, 21(5), 328-337.  
<https://doi.org/10.1016/j.edumed.2020.02.001>
- Morris, T. H. (2020). Experiential learning—a systematic review and revision of Kolb's model. *Interactive Learning Environments*, 28(8), 1064-1077.
- Morris, T. H. (2020). Experiential learning—a systematic review and revision of Kolb's model. *Interactive Learning Environments*, 28(8), 1064-1077.
- Naidu, S. (2018). How flexible is flexible learning, who is to decide and what are its implications?. *Distance Education*, 38(3), 1-4.  
<https://doi.org/10.1080/01587919.2017.1371831>
- Ocaña-Fernández, M. A., Valenzuela-Fernández, L., & Garro-Aburto, J. C. (2019). Inteligencia artificial y educación: una revisión sistemática de la literatura. *Revista de Educación y Tecnología*, 8(1), 1-15.  
<https://doi.org/10.26441/RC17.2-2018-A10>
- Oliver, D. (2023). Los docentes toman las riendas de la inteligencia artificial. *El País*.
- Orozco, G. (2018). La creación de valor de marca por medio de patrocinios en eventos deportivos en el mundo. *Zincografía*, 2(3), 69-87.  
<https://doi.org/10.32870/zcr.v0i3.45>
- Pérez, M. A., y Robador, S. E. (2023). El futuro de la Educación Universitaria con Chat GPT. XVIII Congreso Nacional de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología-TE&ET 2023.
- Romanenko Y., Solodovnikova E. y Maksimenko N. (2023). Microlearning as a new method of teaching soft skills to university students. *Frontiers in Education*, 8(1177516). <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1177516>

- Russell, S. J., y Norvig, P. (2010). Artificial intelligence a modern approach. London.
- Schlesinger, M. W., Herrera, A. A., y Parreño, J. M. (2012). Patrocinio deportivo: la implicación del espectador y sus efectos en la identificación y lealtad. *Cuadernos de gestión*, 12(2), 59-76.
- UNESCO. (2024). La Inteligencia Artificial en la Educación: Desafíos y oportunidades para el desarrollo sostenible. UNESCO.
- Van den Beemt, A., Vázquez-Villegas, P., Gómez Puente, S., O'Riordan, F., Gormley, C., Chiang, F. K., Leng, C., Caratozzolo, P., Zavala, G. y Membrillo-Hernández, J. (2023). Taking the Challenge: An Exploratory Study of the Challenge-Based Learning Context in Higher Education Institutions across Three Different Continents. *Education Sciences*, 13(3), 234. <https://doi.org/10.3390/educscil3030234>

## PROPENSITY COMO HERRAMIENTA TECNOLÓGICA PARA ANALIZAR LA OSTEONECROSIS DE MAXILARES

---

MARLENE DEL CARMEN GARCÍA QUINTANA

*Grupo de Investigación Soc-Dig, Universidad de las Palmas de Gran Canaria (ULPGC)*

### 1. INTRODUCCIÓN

La osteoporosis es una enfermedad muy común, que afecta principalmente a personas mayores frágiles, con la complicación clínica de fractura (Black y Rosen, 2016; Cummings & Melton, 2002). Los bisfosfonatos son los medicamentos de elección en la mayoría de las guías clínicas para el tratamiento de la osteoporosis (Gonzales et al., 2015; Tarantino et al., 2017) pero no hay datos publicados sobre su seguridad a largo plazo. En los últimos años, se ha asociado como posibles complicaciones del tratamiento a largo plazo con bisfosfonatos la aparición de fracturas atípicas y osteonecrosis de maxilares (ONM) (Eriksen et al., 2014; Rizzoli et al., 2008; Watts & Diab, 2010;). Sin embargo, estas complicaciones también han sido descritas con denosumab, que es un potente antirresortivo sin relación farmacológica con bisfosfonatos (Diz et al., 2012; Sabater et al., 2014).

ONM es una nueva entidad clínica descrita por primera vez por Marx et al. (2003) quienes informaron que consiste en la exposición de un hueso maxilar expuesto a infección que sin curación conlleva a la necrosis de este.

Al principio, su etiología estaba relacionada con el uso de bisfosfonatos pero esta relación no se ha establecido por completo. La mayoría de los casos diagnosticados con ONM han sido en pacientes oncológicos con dosis altas de bisfosfonatos además de estar expuestos a tratamientos con quimioterapia y radioterapia (Marx, 2003) a diferencia que esas dosis elevadas de bisfosfonatos no son utilizadas para el tratamiento de pacientes con osteoporosis.

Aunque la ONM es una complicación temida, su incidencia actual es muy baja y en los estudios realizados para establecer una relación directa con los bifosfonatos como tratamiento a veces ha mostrado resultados contradictorios. No hemos encontrado que ninguno de estos estudios haya sido realizado con la prueba de puntaje de propensión, que es una interpretación del concepto de probabilidad, en la que hay una coincidencia perfecta entre casos y controles.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GENERAL

Estudiar la posible asociación entre el desarrollo de osteonecrosis de maxilares y el uso de bifosfonatos en pacientes diagnosticados con osteonecrosis de maxilares y comparado con un grupo control que usa el puntaje de propensión correspondiente.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Asociación con otras enfermedades.
- Uso correcto del puntaje de propensión.
- Emparejamiento muestral con un gemelo idéntico.

## 3. METODOLOGÍA

Este es un estudio de casos y controles en el que los casos son los pacientes que presentaron ONM y los controles son los pacientes que padecen osteoporosis. 24 pacientes fueron diagnosticados de ONM siguiendo los criterios del Grupo de trabajo internacional sobre osteonecrosis de maxilares (Khan et al., 2015) y fueron atendidos en el Servicio Maxilofacial del Complejo Hospitalario Universitario Insular Materno Infantil. Incluimos como controles a 874 pacientes que padecían osteoporosis atendidos en la unidad de metabolismo óseo del Complejo Hospitalario Universitario Insular Materno Infantil.

Teniendo en cuenta los datos clínicos y bioquímicos, se aplicó la coincidencia de puntaje de propensión y solo 20 casos (de 24 pacientes con

ONM) se combinaron perfectamente con 20 controles de los 874 pacientes que formaban el grupo control.

### 3.1. ANÁLISIS UNIVARIADO

Las variables categóricas se expresan como frecuencias y porcentajes, las variables continuas como media y desviación estándar (DE) cuando los datos siguieron una normalidad de distribución, por otro lado, se expresaron como mediana y rango intercuartil (IQR = percentil 25 - 75) cuando la distribución se apartó de la normalidad. Para datos independientes, los porcentajes se compararon, según corresponda, utilizando la prueba de Chi-cuadrado ( $\chi^2$ ) o la prueba exacta de Fisher. La prueba t y las medianas del Wilcoxon fueron usados para los datos independientes. Para los datos dependientes, se compararon los porcentajes utilizando la prueba de McNemar, las medias mediante la prueba t para datos emparejados y las medianas obtenidas de la prueba de Wilcoxon para datos dependientes.

### 3.2. PUNTAJE DE PROPENSIÓN

Después de realizar una comparación inicial entre ambos grupos, pacientes y controles, observamos algunas diferencias estadísticamente significativas en algunos variables, como se muestra en las tablas 1 y 2. Debido a esto, hicimos una coincidencia proceso con "puntaje de propensión", seleccionando las variables por la multivariante de Regresión logística. El modelo resultante, presentado en la tabla 3, incluía las siguientes variables: edad, TRAP, osteocalcina, artritis reumatoide y quimioterapia. Para obtener un emparejamiento perfecto, perdimos 4 pacientes y solo 20 casos y finalmente se pudieron incluir 20 pacientes.

Para determinar la asociación entre el uso de los bifosfonatos y la osteonecrosis de maxilares, seleccionamos para cada caso un control similar (coincidencia).

Este proceso se basó en un puntaje de propensión obtenido mediante la Regresión logística. Más concretamente, consideramos como puntaje de propensión la probabilidad:

$\Pr(ON | X_1, \dots, X_n)$ , que fue definido por el modelo logístico:

$$\text{logit } \Pr(ON | X_1, \dots, X_n) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n$$

Los marcadores de metabolismo óseo que mostraron asociación significativa con el ONM fue la edad en análisis univariante, mientras que el cáncer, quimioterapia y artritis reumatoide mostraron su asociación significativa en el análisis multivariante.

Se realizó la Selección de variables basadas en el algoritmo de enumeración y criterio de información de Bayes (BIC). El modelo se resumió como coeficientes (SE), valores p (prueba de razón de verosimilitud) y odds-ratios, que se estimaron por intervalos de confianza al 95%.

**TABLA 1.** Características Clínicas de las poblaciones antes del emparejamiento.

	Control S N = 874	ONM N = 24	valor p
Edad, Años	62,4 ± 11,2	69,0 ± 11,0	0,005
Sexo masculino	111 (12,7)	4 (16,7)	0,535
Diabetes mellitus	134 (15,3)	5 (20,8)	0,401
Cáncer	94 (10,8)	11 (45,8)	<0,001
Quimioterapia	40 (4,6)	11 (45,8)	<0,001
Artritis reumatoide	18 (2,1)	9 (37,5)	<0,001
Esteroides orales	77 (8,8)	7 (29,2)	0,005
Fracturas por fragilidad	281 (32,3)	7 (29,2)	<0,001
Madre con fractura de cadera	100 (11,5)	2 (8,3)	<0,001
Cinco años o más con BF	117 (13,4)	8 (33,3)	0,012

\*Los datos son medias ± SD, medianas (IQR) y frecuencias (%)

Fuente: elaboración propia

**TABLA 2.** Comparación de marcadores bioquímicos de remodelación ósea, hormonas y densitometría entre controles y pacientes con osteonecrosis de maxilares.

	Control S N = 874	ONM N = 24	valor p
TRAMPA (UI / l)	2,7 (2,3; 3,3)	3,2 (2,4; 3,9)	0,025
TSH(UI / l)	2,0 (1,3; 2,7)	2,4 (1,7; 3,2)	0,098
Beta-crosslaps (pg / ml)	0.4 (0.2; 0.6)	0.3 (0.2; 0.4)	0.001
Osteocalcina (ng / ml)	20,3 (13,7; 30,2)	13,4 (9,5; 19,4)	0.003
PTH (pg / ml)	49,3 (36,5; 78,5)	49,3 (36,1; 82,0)	0,793
P1NP ( $\mu$ g / mL)	42,7 (29,3; 60,3)	31,3 (20,1; 39,0)	0,001
25-HCC (ng / ml)	22,4 (16,0; 30,1)	21,6 (16,0; 30,2)	0,877
<i>DXA</i>			
L2-L4(g / cm <sup>2</sup> )	0.865 $\pm$ 0.173	0.992 $\pm$ 0.225	<0.001
Cuello femoral (g / cm <sup>2</sup> )	0.685 $\pm$ 0.133	0.736 $\pm$ 0.177	0,065
Fémur total (g / cm <sup>2</sup> )	0.816 $\pm$ 0.159	0.880 $\pm$ 0.169	0,054
T-Score <-2.5	Número (%)	Número (%)	
Lumbar	299 (34,5)	3 (12,5)	0,025
Cuello femoral	147 (17,0)	4 (16,7)	1
Cadera total	152 (17,6)	2 (8,3)	0,409
Puntuación ósea trabecular (TBS)	1.257 $\pm$ 0.121	1.273 $\pm$ 0.146	0,678
TScore	-2.375 $\pm$ 1.518	-2.163 $\pm$ 1.823	0,671
QUS			
QUI	79,4 $\pm$ 21,3	83,3 $\pm$ 25,3	0,422
SOS (m / s)	1516,2 $\pm$ 101,5	1529,4 $\pm$ 40,5	0,562
BUA (dB / mHz)	63,2 $\pm$ 19,7	64,8 $\pm$ 23,1	0,721

\*Los datos son medias  $\pm$  SD, medianas (IQR) y frecuencias (%)

Fuente: elaboración propia

**TABLA 3.** Variables incluidas en el modelo para el cálculo del puntaje de propensión.

	Coeficiente (SE)	valor p	O (IC del 95%)
Años, por año	0.100 (0.027)	<0.001	1.105 (1.049; 1.164)
Trampa de registro, UI / L	2.967 (0.927)	0.001	19,43 (3,16; 119,4)
Log-osteocalcina, por ng / ml	-1,609 (0,378)	<0.001	0.200 (0.095; 0.420)
Artritis reumatoide	3,511 (0,660)	<0.001	33,49 (9,18; 122,1)
Quimioterapia	3.543 (0.598)	<0.001	34,57 (10,7; 111,5)

\*El puntaje de propensión deducido de este modelo es:

PS = 0.1 x edad + 2.977 x log FATR – 1.609 x log -osteocalcina + 3.511x Artritis + 3.543 x Quimioterapia

Fuente: elaboración propia

### 3.3. PAREO

Luego llevamos a cabo un análisis emparejado 1 a 1 sin reemplazo en la base del puntaje de propensión estimado de cada paciente. Después del puntaje de propensión, las características basales de coincidencia se compararon con las pruebas de McNemar para variables binarias y las pruebas t y la prueba de Wilcoxon para las variables continuas, según corresponda. Además, evaluamos el éxito del puntaje de propensión que coincide con equilibrar las covariables en los 2 grupos utilizando diferencias estandarizadas.

Las diferencias estandarizadas de menos del 10% respaldan el supuesto de equilibrio entre los 2 grupos.

### 3.4. REGRESIÓN LOGÍSTICA CONDICIONAL

El punto final fue la tasa de sujetos tratados con bifosfonatos durante cinco años o más. Para cada uno de ellos, se realizó un modelo logístico que tiene la variable binaria en donde se consideraba la presencia / ausencia de ONM como covariable. Estos modelos fueron estimados por medio de la probabilidad condicional.

De los modelos se obtuvo las odds ratios correspondientes, que se estimaron mediante Intervalos de confianza del 95%. La significación estadística se estableció en  $p < 0,05$ .

### 3.5. EXAMEN FÍSICO

Se realizó un examen físico completo de cada paciente incluido en el estudio. La altura se midió sin zapatos y el peso con ropa ligera mediante una pesa. El índice de masa corporal (IMC) se derivó de la fórmula:  $IMC = \text{peso (kg)} / \text{altura (m)}^2$ .

### 3.6. ABSORCIOMETRÍA DE RAYOS X DE ENERGÍA DUAL (DXA)

La densidad mineral ósea (DMO) se midió con un DXA Hologic QDR 4500 Descubrimiento (Hologic, España). El área de interés de medida fue en la columna lumbar (L2-L4). En la zona femoral, se midieron dos regiones: cuello femoral y cadera total. El software proporcionado por

el fabricante permitió separaciones anatómicas (Duboeuf et al., 1991). Los resultados se expresaron en g / cm<sup>2</sup>. La precisión del sistema (coeficiente de variación) fue 0.5% in vitro (fantasma óseo estándar) y 0.9% in vivo (12 pacientes medidos dos veces en el mismo día). Todas las determinaciones fueron medidas por el mismo operador, por lo que no hay variación inter-observador. Las puntuaciones T se calcularon a partir de los valores de referencia previamente obtenidos de la población de Canarias (Sosa et al., 1998).

### 3.7. PUNTUACIÓN ÓSEA TRABECULAR (TBS)

Todas las mediciones de TBS se realizaron con el software TBS iNsight, versión 2.0.0.1 (Med-Imaps, Pessac, Francia). Este software usa la imagen DXA sin procesar de la columna anteroposterior para la misma región de interés que la medición DMO. El densitómetro fue calibrado usando antropomorfos fantasmas.

### 3.8. MEDICIONES DE ULTRASONIDO CUANTITATIVO (QUIS)

Todos los sujetos se sometieron a la medición del calcáneo por QUS. Esto fue llevado a cabo utilizando el sonómetro clínico Sahara (Hologic Inc., Bedford, MA). El sistema consta de 2 transductores desenfocados montados coaxialmente en una pinza de monitor. Un transductor actúa como transmisor y el otro como receptor. Los dos transductores se acoplan acústicamente al talón con almohadillas de goma blanda y un gel de acoplamiento a base de aceite. El dispositivo Sahara mide tanto la banda ancha de atenuación de ultrasonido (BUA) y la velocidad del sonido (SOS) en una región fija de interés en el calcáneo medio, y los resultados de BUA y SOS se combinan para proporcionar una estimación del índice de ultrasonido cuantitativo (QUI) utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{QUI} = 0.41 \times (\text{BUA} + \text{SOS}) - 571$$

Para todas las mediciones de QUS, los puntajes T y Z correspondientes fueron calculado según los datos normativos para la población española, previamente establecido por nuestro grupo de trabajo (Sosa et al., 2002).

### 3.9. MEDICIONES BIOQUÍMICAS

Se obtuvieron muestras de suero después de un ayuno nocturno. Se recogió sangre sin aditivos entre las 8:00 y las 9:00 am. Despues de la centrifugación a 1 500 g durante 10 min, el suero se dividió en partes alícuotas y se congeló a -20 ° C dentro de 1 h desde la flebotomía hasta que se realizaron los análisis bioquímicos. La Hormona paratiroidea sérica (PTH) y 25-hidroxi-vitamina D (25-OHD) se midieron por electroquimioluminiscencia con Elecsys 170 PP (Modular Analytics) de Roche Diagnostic® (Basilea, Suiza). Para PTH, los coeficientes totales de variación (TCV) fueron de 1.6% a 10.9%, y para 25OHD TCVs fue de 4.9% usando muestras de control de calidad en nuestro laboratorio.

Los marcadores óseos de remodelación medidos para la formación fueron osteocalcina (OC) (inmunoensayo de electroquimioluminiscencia, analizador Elecsys, Roche Diagnóstico, IN) y propéptido N-terminal de colágeno tipo 1 (PINP) (inmunoensayo de electroquimioluminiscencia Roche Diagnostics). Los marcadores para la reabsorción fueron fosfatasa ácida resistente a tartrato 5β (TRAP5β, colorimetría, Hitachi 704 Boehringer Manheim GmbH) y telopéptido carboxiterminal de colágeno tipo I (CTX, inmunoensayo enzimático, analizador Elecsys CrossLaps, Roche Diagnostics SL, Barcelona, España).

### 3.10. EVALUACIÓN DE FRACTURAS

Las fracturas vertebrales frecuentes se observaron en la columna lateral mediante radiografías estándar en todas las áreas. Las fracturas vertebrales se definieron siguiendo los criterios semicuantitativos radiológicos (Genant et al., 1993). La presencia de las fracturas no vertebrales se documentó en primer lugar mediante un historial autoinformado con confirmación posterior en registros médicos hospitalarios o películas de rayos X.

## 4. RESULTADOS

La Tabla 1 muestra las características de las poblaciones estudiadas antes de la haber realizado el emparejamiento por el método de puntaje de

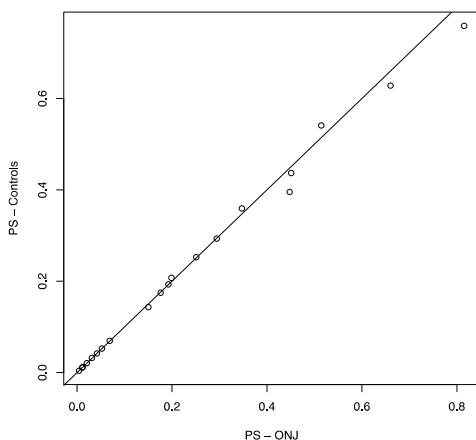
propensión. Los pacientes con ONM tenían una mayor edad que los controles y también tenían una mayor prevalencia de cáncer, con tratamiento de quimioterapia, artritis reumatoide, terapia con esteroides orales y un uso de bifosfonatos durante más de 5 años, mientras que los controles mostraron una mayor prevalencia de fracturas por fragilidad y fracturas de cadera materna.

La Tabla 2 muestra los valores bioquímicos, densitométricos y ultrasongráficos de las poblaciones estudiadas antes del emparejamiento. Los pacientes con ONM tenían valores más altos de TRAP, y valores más bajos de beta-crosslaps, P1NP y osteocalcina que los controles. La densidad mineral ósea fue mayor en los casos que en los controles, pero solo significativamente en L2-L4 ( $p <0.001$ ).

Hubo una menor prevalencia de osteoporosis en pacientes con ONM con valores densitométricos (puntaje T  $<-2.5$  en cualquiera de los sitios medidos: columna lumbar, cuello femoral o cadera total). No había diferencias estadísticas en la puntuación del hueso trabecular (TBS) y los parámetros cuantitativos de ultrasonido medidos en el calcáneo de ambos grupos de pacientes.

La tabla 3 muestra el puntaje de propensión obtenido por medio de la multivariante de regresión logística para ONM. Los valores elegidos fueron edad, valores séricos de TRAP y osteocalcina, la presencia de artritis reumatoide y haber recibido quimioterapia. El puntaje de propensión deducido de este modelo se muestra en el gráfico 1 con sus emparejamientos. Esta dispersión muestra que la propensión de los puntajes es prácticamente idéntica dentro de los temas emparejados.

**GRÁFICO 1.** Puntaje de propensión emparejados.



Fuente: elaboración propia.

La Tabla 4 muestra los datos obtenidos cuando se compararon casos y controles después del emparejamiento realizado por los puntajes de propensión. No hay diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos con la excepción de los niveles TSH sérica, que estaban en el rango normal. Sin embargo, realizamos la siguiente regresión logística usando esta hormona como covariable.

**TABLA 4.** Comparación de las variables estudiadas después del emparejamiento por puntaje de propensión.

\*Los datos son medias  $\pm$  SD, medianas (IQR) y frecuencias (%)

Fuente: elaboración propia

	<b>Control S N = 20</b>	<b>ONM N = 20</b>	<b>valor p</b>	<b>% Diferencia estandarizada</b>
<i>Años, años</i>	$69,5 \pm 8,6$	$69,8 \pm 10,9$	0.922	2,80
<i>Sexo masculino n (%)</i>	3 (15.0)	3 (15.0)	1	0 0
<i>Log-FATR</i>	1.1 (0.9; 1.4)	1.1 (0.9; 1.3)	0.850	-7,59
<i>TSH (UI / L)</i>	1,7 (1,3; 2,4)	2,6 (1,9; 3,2)	0,018	-53,47
<i>Beta-crosslaps (pg / mL)</i>	0.3 (0.2; 0.4)	0.3 (0.1; 0.4)	0,375	-28,40
<i>Log-osteocalcina (ng / ml)</i>	2,7 (2,0; 3,0)	2,6 (2,2; 2,9)	0,659	-8,67
<i>PTH (pg / ml)</i>	43,8 (31,3; 67,6)	47,8 (36,1; 60,7)	0,478	26,01
<i>P1NP (μg / mL)</i>	42,7 (29,9; 52,7)	30,3 (19,1; 40,5)	0,089	-39,30
<i>25-HCC ( ng / ml)</i>	22,0 (17,5; 27,7)	22,9 (17,8; 30,2)	0.623	44.02
<i>Diabetes mellitus n (%)</i>	5 (25,0)	4 (20,0)	1	-12,18
<i>Quimioterapia n (%)</i>	7 (35,0)	7 (35,0)	1	0 0
<i>Artritis reumatoide n (%)</i>	5 (25,0)	5 (25,0)	1	0 0
<i>T-Score &lt;-2.5</i>				
<i>Lumbar n (%)</i>	6 (33,3)	3 (15.0)	0.371	-
<i>Cuello femoral n (%)</i>	2 (11,1)	4 (20,0)	1	-
<i>Cadera total n (%)</i>	3 (16,7)	2 (10.0)	0.617	-
<i>Cinco o más años con BF n (%)</i>	7 (35,0)	7 (35,0)	1	0 0

La Tabla 5 muestra los resultados de la regresión logística condicional para la exposición a los bifosfonatos durante 5 años o más. En ambos casos, no hubo asociación estadística entre el uso de bisfosfonatos y la presencia de ONM, ya sea solo o analizándolo mediante el valor de TSH como una covariable.

**TABLA 5.** Regresión logística condicional para la exposición a bifosfonatos durante 5 años.

Salir	Covariables	valor p	O (IC del 95%)
<i>Cinco años o más con BF</i>			
	ONM	0,805	0.809 (0.151– 4.332)
	TSH	0.428	1.328 (0.659 - 2.675)

Fuente: elaboración propia

## 5. DISCUSIÓN

La patogénesis de la ONM causada por fármacos antirresortivos aún no se ha determinado.

Hay diferentes teorías, particularmente para ONM relacionada con bisfosfonato. La hipótesis más aceptada establece que Los medicamentos antirresortivos reducen el recambio óseo en la mandíbula, lo que resulta en una supresión excesiva que conducen a la ONM (Allen & Burr, 2009; Orris et al., 2009; Rasmusson & Abtahi, 2014). Sin embargo, esta hipótesis se basa en unos pocos estudios en animales (Huja et al., 2006). También hay algunas inconsistencias en esta teoría. Como la ONM no se manifiesta en otros sitios, el recambio óseo de la mandíbula tiene que ser más alto que el de cualquier otro hueso del cuerpo que no haya sido probado. Llama la atención que estas lesiones aparecen exclusivamente en la mandíbula y no en otros huesos del cuerpo. Se cree que varios factores influyen en el proceso. La primera sería que la cavidad oral es la única región que expone el tejido óseo al ambiente externo, a través del surco gingival.

Adicionalmente, los huesos maxilares están sujetos a un gran estrés funcional constantemente, lo que obliga que fisiológicamente la formación se dé a un ritmo acelerado de hueso, superior a cualquier otro hueso de reemplazo, aumentado por procesos patológicos odontogénicos o actos quirúrgicos (Furuya et al., 2016).

Probablemente la ONM es una enfermedad con una etiología multifactorial en la que los bisfosfonatos son solo un factor de riesgo para su producción (Henríquez et al., 2009; Khan et al., 2015; Rizzoli et al., 2008; Ruggiero et al., 2006;), no él solo uno y, de hecho, probablemente no sea el más importante (Bocanegra et al., 2012; Henríquez et al., 2011). En algunos estudios se recoge que, aproximadamente el 20% de los pacientes que han desarrollado una ONM no eran tratados con bisfosfonatos (Allen & Burr, 2009; Assael, 2009; Bocanegra et al., 2012; Furuya et al., 2016; Gaudin et al., 2015; Henríquez et al., 2009; Marx et al., 2005; Otto et al., 2010; Raje et al., 2008; Rizzoli et al., 2008;). Debe ser tomado en cuenta que la ONM se observa principalmente y casi exclusivamente en pacientes que sufren de cáncer, que reciben además de bisfosfonatos muchos otros fármacos, quimioterapia y radioterapia (Allen & Burr, 2009; Eriksen et al., 2014; Henríquez et al., 2009; Khan et al., 2015; Marx, 2003; Marx et al., 2005; Ramírez et al., 2015; Rasmussen & Abtahi, 2014; Ristow et al., 2014; Rizzoli et al., 2008; Ruggiero et al., 2006; Troeltzsc et al., 2012;).

Por otro lado, la patogenia de la ONM se ha relacionado con la extracción dental (Gaudin et al., 2015; Huang et al., 2015), la coexistencia de osteoporosis (Huang et al., 2015), diabetes mellitus (Peer & Khamaisi, 2015), artritis reumatoide (Furuya et al., 2016) y deficiencia de vitamina D (Heim et al., 2017). Otra razón contra el papel de los bisfosfonatos en la etiología de la ONM es que la ONM también se ha descrito en pacientes que reciben denosumab y otros tratamientos oncológicos (Ramírez et al., 2015; Troeltzsc et al., 2012).

Nuestros resultados de marcadores de recambio óseo confirman la hipótesis de que no hay sobreexpresión en la remodelación ósea en la patogénesis de la ONM, de acuerdo con los hallazgos reportados por otros autores (Henríquez et al., 2011; Huja et al., 2006; Khan et al., 2015;

Marx, 2003; Marx et al., 2005; Raje et al., 2008; Rasmusson & Abtahi, 2014; Sosa et al., 1998). Nosotros encontramos niveles similares de vitamina D en ambos grupos, casos y controles, y eso fue lo esperado desde el principio. Entonces, la deficiencia de vitamina D no estaba relacionada con la presencia de ONM.

Los niveles de hormona paratiroidea (PTH) también fueron similares en ambos grupos sin diferencias estadísticamente significativas ( $p = 0,478$ ), por lo que la presencia secundaria del hiperparatiroidismo no fue un factor relacionado con el desarrollo de ONM.

En nuestros casos y controles de pacientes, estudiamos la cantidad de hueso por DXA y la calidad del hueso por 2 métodos diferentes: puntaje de hueso trabecular, que es un nuevo método que evalúa la integridad de las trabéculas óseas (Sabater et al., 2014) y por mediciones cuantitativas de ultrasonidos (QUS) a través del talón, un método que algunos autores consideran que valora la calidad del hueso (Glüer, 2007; Raum et al., 2014). Nuestros resultados muestran que los pacientes con ONM tienen una mayor cantidad de hueso que los pacientes con osteoporosis y con una calidad ósea similar. Estos hallazgos están de acuerdo con nuestros resultados sobre los marcadores de rotación de hueso, lo que probablemente significa que el hueso en la ONM es normal.

Los valores de TSH fueron las únicas diferencias estadísticamente significativas entre los casos y controles después del emparejamiento y mostró valores más altos en pacientes con ONM en comparación con los controles. Sin embargo, ambas figuras están incluidas en el rango de valores normales de nuestro laboratorio y lo valoramos como un hallazgo casual sin significación clínica. De hecho, no pudimos confirmar ninguna posible asociación entre la presencia de ONM y el consumo de bifosfonatos por 5 años o más.

Una limitación de nuestro estudio fue el número de pacientes incluidos, el pequeño número de casos que pudimos obtener en los que hubo inequívocamente un ONM y segundo, ante la dificultad de obtener un maridaje perfecto de coincidencia entre casos y controles.

## 6. CONCLUSIONES

En conclusión, nuestros resultados confirman que no existe una asociación casual directa entre el uso de bisfosfonatos después de 5 años y el desarrollo de ONM. Esto probablemente se deba al hecho de que en la patogénesis de esta enfermedad pueden existir una serie de factores clínicos además del uso de bifosfonatos, como la presencia de un cáncer y la quimioterapia utilizada en su tratamiento, mala salud oral y dental, el uso de corticoides, tener diabetes y extracciones dentales.

## 7. CUMPLIMIENTO DE NORMAS ÉTICAS

*Conflicto de intereses:* todos los autores declaran que nadie tiene conflictos de intereses.

*Financiación:* no hay fuente de financiación.

*Aprobación ética:* todos los procedimientos realizados en estudios con humanos.

Los participantes estaban de acuerdo con los estándares éticos de la institución y / o comité nacional de investigación y con la declaración de Helsinki de 1964 y sus modificaciones posteriores o estándares éticos comparables (World Medical Association, 2021, p.373). El estudio fue aprobado por el Comité Ético del Hospital Universitario Insular, Gran Canaria.

*Consentimiento informado:* se obtuvo el consentimiento informado por escrito de todos los individuos participantes incluidos en el estudio.

## 8. REFERENCIAS

- Allen, M. R., & Burr, D. B. (2009). The pathogenesis of bisphosphonate-related osteonecrosis of the jaw: so many hypotheses, so few data. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 67(5), 61-70. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.joms.2009.01.007>
- Assael, L. A. (2009). Oral bisphosphonates as a cause of bisphosphonate-related osteonecrosis of the jaws: clinical findings, assessment of risks, and preventive strategies. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 67(5), 35-43. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.joms.2009.01.003>
- Black, D. M., & Rosen, C. J. (2016). Postmenopausal osteoporosis. *New England Journal of Medicine*, 374(3), 254-262. Disponible en: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/nejmcp1513724>
- Bocanegra-Pérez, M. S., Vicente-Barrero, M., Sosa-Henríquez, M., Rodríguez-Bocanegra, E., Limiñana-Cañal, J. M., López-Márquez, A., ... & Ramos-Macías, A. (2012). Bone metabolism and clinical study of 44 patients with bisphosphonate-related osteonecrosis of the jaws. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal*, 17(6), e948. Doi: <https://doi.org/10.4317/medoral.17946>
- Cummings, S. R., & Melton, L. J. (2002). Epidemiology and outcomes of osteoporotic fractures. *The Lancet*, 359(9319), 1761-1767. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(02\)08657-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(02)08657-9)
- Diz, P., López-Cedrún, J. L., Arenaz, J., & Scully, C. (2012). Denosumab-related osteonecrosis of the jaw. *The Journal of the American Dental Association*, 143(9), 981-984. Doi: <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2012.0323>
- Duboeuf, F., Braillon, P., Chapuy, M. C., Haond, P., Hardouin, C., Meary, M. F., ... & Meunier, P. J. (1991). Bone mineral density of the hip measured with dual-energy X-ray absorptiometry in normal elderly women and in patients with hip fracture. *Osteoporosis International*, 1, 242-249. Doi: <https://doi.org/10.1007/BF03187468>
- Eriksen, E. F., Díez-Pérez, A., & Boonen, S. (2014). Update on long-term treatment with bisphosphonates for postmenopausal osteoporosis: a systematic review. *Bone*, 58, 126-135. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.bone.2013.09.023>
- Furuya, T., Maeda, S., Momohara, S., Taniguchi, A., & Yamanaka, H. (2017). Dental treatments, tooth extractions, and osteonecrosis of the jaw in Japanese patients with rheumatoid arthritis: results from the IORRA cohort study. *Journal of bone and mineral metabolism*, 35, 344-350. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00774-016-0763-x>

- Gaudin, E., Seidel, L., Bacevic, M., Rompen, E., & Lambert, F. (2015). Occurrence and risk indicators of medication-related osteonecrosis of the jaw after dental extraction: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Periodontology*, 42(10), 922-932. Doi: <https://doi.org/10.1111/jcpe.12455>
- Genant, H. K., Wu, C. Y., Van Kuijk, C., & Nevitt, M. C. (1993). Vertebral fracture assessment using a semiquantitative technique. *Journal of bone and mineral research*, 8(9), 1137-1148. Doi: <https://doi.org/10.1002/jbmr.5650080915>
- Glüer, C. C. (2007). Quantitative ultrasound—it is time to focus research efforts. *Bone*, 40(1), 9-13. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.bone.2006.07.014>
- González-Macías, J., del Pino-Montes, J., Olmos, J. M., & Nogués, X. (2015). Guías de práctica clínica en la osteoporosis posmenopáusica, glucocorticoidea y del varón. Sociedad Española de Investigación Ósea y del Metabolismo Mineral (3.ª versión actualizada 2014). *Revista Clínica Española*, 215(9), 515-526. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.rce.2015.08.003>
- Heim, N., Warwas, F. B., Wilms, C. T., Reich, R. H., & Martini, M. (2017). Vitamin D (25-OHD) deficiency may increase the prevalence of medication-related osteonecrosis of the jaw. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 45(12), 2068-2074. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2017.09.015>
- Henríquez, M. S., Barrero, M. V., & Pérez, S. B. (2011). Osteonecrosis de los maxilares: nuevas evidencias sobre su etiopatogenia. *Revista de Osteoporosis y Metabolismo Mineral*, 3(1), 5-6. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3609/360933651001.pdf>
- Henríquez, M. S., de Tejada Romero, M. G., Sebastián, J. B., Curiel, M. D., Pérez, A. D., Gimeno, E. J., ... & Barrero, M. V. (2009). Osteonecrosis de los maxilares: Documento de consenso. *Revista de Osteoporosis y Metabolismo Mineral*, 1(1), 41-51. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3609/360933648007.pdf>
- Huang, Y. F., Chang, C. T., Muo, C. H., Tsai, C. H., Shen, Y. F., & Wu, C. Z. (2015). Impact of bisphosphonate-related osteonecrosis of the jaw on osteoporotic patients after dental extraction: a population-based cohort study. *PLoS One*, 10(4), e0120756. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120756>
- Huja, S. S., Fernandez, S. A., Hill, K. J., & Li, Y. (2006). Remodeling dynamics in the alveolar process in skeletally mature dogs. *The Anatomical Record Part A: Discoveries in Molecular, Cellular, and Evolutionary Biology: An Official Publication of the American Association of Anatomists*, 288(12), 1243-1249. Doi: <https://doi.org/10.1002/ar.a.20396>

- Khan, A. A., Morrison, A., Hanley, D. A., Felsenberg, D., McCauley, L. K., O'Ryan, F., ... & International Task Force on Osteonecrosis of the Jaw. (2015). Diagnosis and management of osteonecrosis of the jaw: a systematic review and international consensus. *Journal of Bone and Mineral Research*, 30(1), 3-23. Doi: <https://doi.org/10.1002/jbmr.2405>
- Leizaola-Cardesa, I. O., Aguilar-Salvatierra, A., Gonzalez-Jaranay, M., Moreu, G., Sala-Romero, M. J., & Gómez-Moreno, G. (2016). Bisphosphonates, vitamin D, parathyroid hormone, and osteonecrosis of the jaw. Could there be a missing link?. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal*, 21(2), e236. Doi: <https://doi.org/10.4317/medoral.20927>
- Marx, R. E. (2003). Pamidronate (Aredia) and zoledronate (Zometa) induced avascular necrosis of the jaws: a growing epidemic. *Journal of oral and maxillofacial surgery*, 61(9), 1115-1117. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0278-2391\(03\)00720-1](https://doi.org/10.1016/S0278-2391(03)00720-1)
- Marx, R. E., Sawatari, Y., Fortin, M., & Broumand, V. (2005). Bisphosphonate-induced exposed bone (osteonecrosis/osteopetrosis) of the jaws: risk factors, recognition, prevention, and treatment. *Journal of oral and maxillofacial surgery*, 63(11), 1567-1575. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.joms.2005.07.010>
- Orriss, I. R., Key, M. L., Colston, K. W., & Arnett, T. R. (2009). Inhibition of osteoblast function in vitro by aminobisphosphonates. *Journal of cellular biochemistry*, 106(1), 109-118. Doi: <https://doi.org/10.1002/jcb.21983>
- Otto, S., Hafner, S., Mast, G., Tischer, T., Volkmer, E., Schieker, M., ... & Pautke, C. (2010). Bisphosphonate-related osteonecrosis of the jaw: is pH the missing part in the pathogenesis puzzle?. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 68(5), 1158-1161. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.joms.2009.07.079>
- Peer, A., & Khamaisi, M. (2015). Diabetes as a risk factor for medication-related osteonecrosis of the jaw. *Journal of dental research*, 94(2), 252-260. Doi: <https://doi.org/10.1177/002203451456076>
- Raje, N., Woo, S. B., Hande, K., Yap, J. T., Richardson, P. G., Vallet, S., ... & Anderson, K. C. (2008). Clinical, radiographic, and biochemical characterization of multiple myeloma patients with osteonecrosis of the jaw. *Clinical Cancer Research*, 14(8), 2387-2395. Doi: <https://doi.org/10.1158/1078-0432.CCR-07-1430>

- Ramírez, L., López-Pintor, R. M., Casañas, E., Arriba, L. D., & Hernández, G. (2015). New non-bisphosphonate drugs that produce osteonecrosis of the jaws. *Oral Health Prev Dent*, 13(5), 385-93. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Rosa-Lopez-Pintor/publication/275033573\\_New\\_Non-isphosphonate\\_Drugs\\_That\\_Produce\\_Osteonecrosis\\_of\\_the\\_Jaws/links/5534221a0cf20ea0a076a138/New-Non-isphosphonate-Drugs-That-Produce-Osteonecrosis-of-the-Jaws.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Rosa-Lopez-Pintor/publication/275033573_New_Non-isphosphonate_Drugs_That_Produce_Osteonecrosis_of_the_Jaws/links/5534221a0cf20ea0a076a138/New-Non-isphosphonate-Drugs-That-Produce-Osteonecrosis-of-the-Jaws.pdf)
- Rasmusson, L., & Abtahi, J. (2014). Bisphosphonate associated osteonecrosis of the jaw: an update on pathophysiology, risk factors, and treatment. *International journal of dentistry*, 2014. Doi: <https://doi.org/10.1155/2014/471035>
- Raum, K., Grimal, Q., Varga, P., Barkmann, R., Glüer, C. C., & Laugier, P. (2014). Ultrasound to assess bone quality. *Current osteoporosis reports*, 12, 154-162. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11914-014-0205-4>
- Ristow, O., Gerngross, C., Schwaiger, M., Hohlweg-Majert, B., Kehl, V., Jansen, H., ... & Pautke, C. (2014). Effect of antiresorptive drugs on bony turnover in the jaw: denosumab compared with bisphosphonates. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 52(4), 308-313. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.bjoms.2014.01.021>
- Rizzoli, R., Burlet, N., Cahall, D., Delmas, P. D., Eriksen, E. F., Felsenberg, D., ... & Reginster, J. Y. (2008). Osteonecrosis of the jaw and bisphosphonate treatment for osteoporosis. *Bone*, 42(5), 841-847. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.bone.2008.01.003>
- Ruggiero, S., Gralow, J., Marx, R. E., Hoff, A. O., Schubert, M. M., Huryn, J. M., ... & Valero, V. (2006). Practical guidelines for the prevention, diagnosis, and treatment of osteonecrosis of the jaw in patients with cancer. *Journal of oncology practice*, 2(1), 7-14. Doi: <https://doi.org/10.1200/jop.2006.2.1.7>
- Sabater, P. S., Cerdá, A. R., Arcos, J. T., & Miró, A. E. (2014). Possible denosumab-induced jaw osteonecrosis in the treatment of osteoporosis. A case report. *Farmacia hospitalaria: organo oficial de expresion científica de la Sociedad Espanola de Farmacia Hospitalaria*, 38(3), 248-249. Doi: <https://doi.org/10.7399/fh.2014.38.3.7279>

- Silva, B. C., Leslie, W. D., Resch, H., Lamy, O., Lesnyak, O., Binkley, N., ... & Bilezikian, J. P. (2014). Trabecular bone score: a noninvasive analytical method based upon the DXA image. *Journal of Bone and Mineral Research*, 29(3), 518-530. Doi: <https://doi.org/10.1002/jbm.2176>
- Sosa, M., Hernández, D., Estévez, S., Rodríguez, M., Limiñana, J. M., Saavedra, P., ... & Betancor, P. (1998). The range of bone mineral density in healthy Canarian women by dual X-ray absorptiometry radiography and quantitative computer tomography. *Journal of Clinical Densitometry*, 1(4), 385-393. Doi: <https://doi.org/10.1385/JCD:1:4:385>
- Sosa, M., Saavedra, P., Muñoz-Torres, M., Alegre, J., Gómez, C., González-Macías, J., ... & Salas and the GIUMO Study Group\*, E. (2002). Quantitative ultrasound calcaneus measurements: normative data and precision in the Spanish population. *Osteoporosis international*, 13, 487-492. Doi: <https://doi.org/10.1007/s001980200059>
- Tarantino, U., Iolascon, G., Cianferotti, L., Masi, L., Marcucci, G., Giusti, F., ... & Brandi, M. L. (2017). Clinical guidelines for the prevention and treatment of osteoporosis: summary statements and recommendations from the Italian Society for Orthopaedics and Traumatology. *Journal of orthopaedics and traumatology*, 18(1), 3-36. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10195-017-0474-7>
- Troeltzsch, M., Woodlock, T., Kriegelstein, S., Steiner, T., Messlinger, K., & Troeltzsch, M. (2012). Physiology and pharmacology of nonbisphosphonate drugs implicated in osteonecrosis of the jaw. *J Can Dent Assoc*, 78(c85), 1-7. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Markus-Troeltzsch/publication/230869869\\_Physiology\\_and\\_Pharmacology\\_of\\_Nonbisphosphonate\\_Drugs\\_Implicated\\_in\\_Osteonecrosis\\_of\\_the\\_Jaw/links/0b7d52c95aa510e96000000/Physiology-and-Pharmacology-of-Nonbisphosphonate-Drugs-Implicated-in-Osteonecrosis-of-the-Jaw.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Markus-Troeltzsch/publication/230869869_Physiology_and_Pharmacology_of_Nonbisphosphonate_Drugs_Implicated_in_Osteonecrosis_of_the_Jaw/links/0b7d52c95aa510e96000000/Physiology-and-Pharmacology-of-Nonbisphosphonate-Drugs-Implicated-in-Osteonecrosis-of-the-Jaw.pdf)
- Watts, N. B., & Diab, D. L. (2010). Long-term use of bisphosphonates in osteoporosis. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 95(4), 1555-1565. Doi: <https://doi.org/10.1210/jc.2009-1947>
- World Medical Association. (2001). World Medical Association Declaration of Helsinki. Ethical principles for medical research involving human subjects. *Bulletin of the World Health Organization*, 79(4), 373. Doi: <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>

## VIDEOJUEGOS Y DOCENCIA DE HISTORIA MEDIEVAL. UNA ACTIVIDAD CON RISKY WOODS DE SEGA MEGA DRIVE PARA ALUMNOS DE GRADO

---

PLÁCIDO FERNÁNDEZ-VIAGAS ESCUDERO  
*Universidad de Sevilla*

### 1. INTRODUCCIÓN

Presentamos en esta ocasión una actividad voluntaria puesta en práctica con nuestros alumnos de la asignatura Historia de la civilización medieval y de la cultura europea, del grado de Historia de la Universidad de Sevilla, durante el curso 2022-2023. Con ella introdujimos un elemento lúdico durante el cuatrimestre, para complementar la docencia más dura, de los contenidos evaluados en el examen al final, con una actividad acerca de un videojuego de factura española, convertido en un clásico. Ello, además, nos permitió discutir en el aula sobre la presencia de algunos elementos medievales en el mundo de los videojuegos y entablar un diálogo ameno con los alumnos.

Por otra parte, aprovechamos esta ocasión para mostrar el resultado de unas encuestas realizadas por dicho grupo de alumnos durante el segundo cuatrimestre del curso 2022-2023 sobre videojuegos e industria del entretenimiento.

### 2. ENCUESTAS: EL TOQUE SEVILLANO

Al comienzo del segundo cuatrimestre, del curso 2022-2023, presentamos por escrito un cuestionario anónimo y voluntario a nuestros alumnos de la asignatura de Historia de la civilización medieval y de la cultura europea. Se trata de una asignatura optativa, de 6 créditos, del tercer curso del grado de Historia de la Universidad de Sevilla. A continuación, reproducimos las tres cuestiones planteadas junto con las respuestas

obtenidas, durante un día de clase al que acudieron 48 alumnos. Todos los alumnos que asistieron a clase participaron en el cuestionario, con los siguientes resultados:

1- ¿Estaría a favor de que los programas de las asignaturas de Historia Medieval en el grado de Historia incluyesen regularmente algún apartado o subapartado sobre la imagen de la Edad Media en la cultura popular y en la industria del entretenimiento?<sup>1</sup>

Tabla 1, con respuestas de alumnos.

Sí: 43 (89.58%)
NO: 2 (4.16%)
NS/NC: 3 (6.25%)

2- Mencione los videojuegos de desarrolladores españoles que conoce:

En total veintitrés alumnos entregaron en blanco esta pregunta y veinticinco señalaron algún videojuego. Los videojuegos señalados fueron los siguientes<sup>2</sup>:

Diez menciones: Blasphemous (2019)<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> Nótese que esa misma pregunta, o una muy semejante, fue planteada en otras ocasiones por nuestra parte, a grupos diferentes, como expusimos en Fernández-Viagras Escudero (cf. 2022a, 2022b y 2022c), con resultados parecidos.

<sup>2</sup> Colocamos en el cuerpo principal las respuestas de nuestros alumnos, sin que ello implique necesariamente opinión de quien escribe estas líneas sobre el carácter español de los desarrolladores de cada videojuego. Hicimos una mención parecida en Fernández-Viagras Escudero (cf. 2023: 499). En esa ocasión recogimos en unas tablas, con la máxima fidelidad posible, lo que los alumnos habían escrito en la casilla habilitada para indicar su género en unas encuestas entregadas, e indicamos que, con ello, no dábamos nuestra opinión sobre cuestiones de género, sexo y géneros no tradicionales. Lo cual no quiere decir que no la tengamos; en este sentido, como historiador y antropólogo, nos interesa el reconocimiento de más de dos géneros en determinadas sociedades (casos particularmente significativos son los de los individuos dos-espíritus entre los nativos norteamericanos y los hijras en el hinduismo, cf. Bolin, 2003 y Nanda, 2003) y consideramos útil tener presente la categoría de género no binario, que se adapta al sentir de un número considerable de personas en nuestra sociedad, y diversas legislaciones ya reconocen. Pero los cuestionarios, tanto aquél como éste, y como otros que hemos realizado, están diseñados para recoger la opinión de los alumnos, y sus respuestas no reflejan más que la opinión o el sentir de nuestros alumnos.

<sup>3</sup> Frecuentemente añadimos entre paréntesis la fecha de lanzamiento de cada videojuego para que el lector se oriente temporalmente a través de nuestro capítulo.

Siete menciones: Maldita Castilla (2012).

Seis menciones: PC Fútbol (1992-2006).

Cuatro menciones: Torrente (2004-2012) y WWE 2K Battlegrounds (2020).

Tres menciones: Temtem (2022).

Dos menciones: Pokémon Iberia (2018); Invizimals (2009); Planet 51 (2009); Metroid: Samus Return (2017); Asphalt Extreme (2016) y Play-Chapas Football Edition (2008).

Una mención: Do not feed the monkeys (2018); Symploké. La leyenda de Gustavo Bueno (2017); Carrera cofrade, el juego de la Semana Santa (2014); Spacelords (2017); Castlevania. Lords of Shadow - Mirror of Fate (2013); Rime (2017); Gris (2018); Toro (2016); Carlos Sainz Campeonato del Mundo de Rallies (1990) y The Waylanders (2022).

3- ¿Conoce el videojuego del año 1992 llamado Risky Woods?

*Tabla 2, con respuestas de alumnos.*

Sí: 1 (2.08%)
NO: 47 (97.91%)
NS/NC: 0 (0%)

Respecto de la segunda pregunta, no nos sorprende que Blasphemous fuese el videojuego más mencionado, por ser realizado por un estudio sevillano, como también Toro y Carrera cofrade tiene sentido que aparezcan citados en este grupo de alumnos, dada la conocida afición por la tauromaquia (aunque decreciente) y la Semana Santa en la ciudad de Sevilla.

En cuanto a las menciones a Maldita Castilla, tenemos la sospecha de que el alto número de respuestas está condicionado porque, en cursos pasados, hemos hecho comentarios sobre este videojuego en el aula. Y quizás algunos de nuestros viejos alumnos recordaban aquellas palabras.

Por último, como puede comprobarse, la inmensa mayoría de los títulos

aludidos son recientes o relativamente recientes, y casi todos del siglo XXI, lo que encaja con el rango de edad media de nuestros alumnos de tercero, entre los 20 y 22 años. En este contexto, resulta natural que sólo uno de nuestros alumnos conociera el título *Risky Woods*, de 1992, a pesar de su importancia en la historia de los videojuegos en España.

### 3. ACTIVIDAD CON EL VIDEOJUEGO RISKY WOODS, DE LA EDAD DORADA DEL SOFTWARE ESPAÑOL

Durante el segundo cuatrimestre del curso 2022-2023, ofrecimos al mencionado grupo de la asignatura de Historia de la civilización medieval y de la cultura europea la posibilidad de entregar un trabajo individual para subir hasta 0.5 puntos de su nota final (sobre una nota máxima de 10 puntos). No obstante, en caso de suspender el examen, la nota del trabajo no se sumaría a la calificación total del alumno. Fue concedido un plazo de varias semanas para subir un documento de Word a la plataforma virtual y se recomendó una extensión máxima de seis páginas para el trabajo. En total 18 alumnos de los 87 matriculados entregaron la actividad. Dicha actividad consistía en responder a las siguientes cuatro preguntas sobre el videojuego *Risky Woods* (1992), en su versión para Sega Mega Drive<sup>4</sup>:

1. ¿De dónde piensa que extrajeron los creadores sus referencias para realizar el videojuego *Risky Woods* de Sega Mega Drive? Argumente su respuesta y obvie los elementos arquitectónicos.
2. Describa la arquitectura que aparece a lo largo del videojuego *Risky Woods* de Sega Mega Drive y encuentre, si los hubiere, los modelos que sirvieron de base o inspiración.
3. ¿Encuentra elementos medievales en el videojuego *Risky Woods* de Sega Mega Drive? Argumente su respuesta.
4. Realice una crítica del videojuego *Risky Woods* de Sega

---

<sup>4</sup> Sobre esta videoconsola, sus características técnicas, su historia, accesorios, etc., recomendamos la lectura de Monterrín (2021), Caballero (2021), Ppmateos (2023) y J'm Destroy (2022).

Mega Drive. Puede centrarse en los elementos de ambientación histórica, en cuestiones técnicas, de jugabilidad o en lo que considere más apropiado.

Téngase en cuenta que Risky Woods es un videojuego arcade, de avance lateral, en 2D, realizado por Ricardo Puerto (programador) y Raúl López (grafista) en el año 1992, con música de José Antonio Martín Tello<sup>5</sup>. Primero salió para la videoconsola Amiga y sólo después tuvo una versión para Sega Mega Drive, que es la que utilizamos con nuestros alumnos<sup>6</sup>. Ambientado en una época imprecisa, de orcos y magos, en él manejamos a un protagonista a través de diversas fases<sup>7</sup>, repletas de enemigos exóticos, a medida que vamos liberando frailes petrificados<sup>8</sup>. Para

---

<sup>5</sup> Véase la siguiente entrevista con el músico, sobre el proceso de creación de las melodías de Risky Woods: Zaballa García (2016). Desgraciadamente la versión para Sega Mega Drive no conserva la calidad de la música original, que, a nosotros, sobre todo en la maravillosa música de la cuarta fase, nos conecta ligera y sutilmente con el trabajo del grupo japonés Yellow Magic Orchestra, en el sencillo Behind The Mask, de 1979. Ya que mencionamos a este grupo, sobre la influencia de Yellow Magic Orchestra en la música de los videojuegos, cf. Omblér (2023).

<sup>6</sup> En cuanto a la adaptación del juego para la videoconsola Sega Mega Drive, que no fue realizada por los españoles, sino, principalmente, por Steve Wetherill y James Savage, cf. Quber (2014), Veiga Sierra (2001), Scullion (2021: 154), Zaballa García (2016) y Spidey (2015). Ésta última referencia es también interesante por la calidad de la crítica del juego, por las referencias del proceso creativo y por captar, si bien de forma superficial, sin adentrarse en ello, las conexiones no sólo con Bola de Dragón y Shadow of the Beast (1989), sino también con Ghosts 'n Goblins (1985), Rygar (1986) y Magic Sword (1990). Pero, sobre todo, la referencia obligada es el reportaje de Tabakalera (cf. 2014: 66-70), que contiene una entrevista a Steve Wetherill donde explica el proceso de adaptación del juego para Sega Mega Drive y donde reconoce la influencia de Ghosts 'n Goblin para diseñar el aspecto del protagonista de Risky Woods en la nueva versión. Por último, para conocer las palabras del propio Ricardo Puerto sobre esta adaptación, véase la entrevista de Retroinvaders, por josepzin: <https://retroinvaders.com/index.php/es/86549/entrevista-ricardo-puerto> (consultado el 2/1/2024).

<sup>7</sup> Cada fase va precedida de un mapa general, para orientar al jugador, como en el videojuego Ghouls 'n Ghosts (1988). Este paralelismo se traza con acierto en One Amiga (cf. 1992: 78) y puede también encontrarse mencionado en Tabakalera (cf. 2014: 63). La similitud entre Ghouls 'n Ghosts (1988) y Risky Woods (1992) también la leemos en J'm Destroy (2022: 214), bajo el siguiente tenor: "Risky Woods est un étonnant pot-pourri à mi-chemin entre Ghouls 'n Ghosts et Shadow of the Beast, dont il n' atteint jamais la qualité globale".

<sup>8</sup> Más allá de los frailes petrificados, durante el trayecto aparecen algunas cruces cristianas en los cofres. Por el contrario, como elementos anticristianos, tenemos multitud de demonios y seres diabólicos, que acechan al héroe. En cuanto a las estatuas de los frailes en el trayecto, nos recuerdan mucho a las de Black Tiger (1987), un juego donde el protagonista avanza en un mundo similar, mientras libera ancianos petrificados, que le otorgan recompensas agradecidas, hasta llegar al dragón del castillo. Asimismo, encontramos conexión con las estatuas de

1992 el propio estilo del juego, con plataformas, magias y enfrentamientos contra múltiples enemigos, y su subgénero, dentro de fantasía heroica, estaban ya muy explotados, con notable éxito desde *Ghosts 'n Goblins* (1985). Sin embargo, *Risky Woods*, aunque en esencia es continuista en múltiples aspectos en relación con juegos previos de su estilo, tiene su propia originalidad y ofrece al jugador una aventura difícil, pero trepidante<sup>9</sup>.

En cuanto a las referencias que inspiraron al programador, si cogemos una entrevista a Ricardo Puerto del año 2008 en *PixeBlog*, de Jesús Relinque “Pedja”, leemos lo siguiente:

– *Pedja: Con *Risky Woods*, ¿te inspiraste en algún juego en especial?*

– *Ricardo: Jugábamos muchísimo, y de todo sacábamos ideas. *Risky Woods* estaba muy inspirado en los juegos de Capcom para recreativas, y algunos juegos para Amiga como *Shadow of the Beast* de *Psygnosis* o *Speedball* o *Xenon 2* de *Bitmap Brothers*. También hay mucho de la serie *Dragon Ball*<sup>10</sup>.*

---

First Samurai (1991), un juego que también incorpora monstruos inspirados en las películas de Alien. Respecto del cierto parecido entre *Risky Woods* y First Samurai, aunque sin precisar detalles, cf. McCandless (1992).

<sup>9</sup> Véanse algunas críticas o reseñas de la época sobre el juego en revistas especializadas, como las de Burton (1992), Klages (1992), Rijn (1992), Jones (1992), O'Connor (1992), Whitta (1992), Maddock (1992), Evans (1992), Braun (1992), Keen (1992), McCandless (1992), Squires (1992), One Amiga (1992) y Equipo Micromanía (1992). Véase también el siguiente enlace, donde se recopilan las notas obtenidas por *Risky Woods* en diferentes revistas especializadas: <https://www.mobygames.com/game/2063/risky-woods/> (consultado el 5/1/2024).

<sup>10</sup> Puede leerse la entrevista completa en: <https://elpixeblogdepedja.com/2008/05/entrevista-ricardo-puerto-risky-woods.html> (consultado el 3/1/2024). Además de por muchos otros detalles, dicha entrevista es interesante porque da noticia de una visita de altos directivos de Electronic Arts (empresa que terminaría distribuyendo el videojuego) a los Sanfermines de Pamplona. Según cuenta Ricardo Puerto, con ocasión de aquel viaje, dichos directivos se reunieron en San Sebastián con Ricardo Puerto y Raúl López, quienes les presentaron el videojuego. Como nota curiosa, nótese que aparecen corredores de San Fermín a lo largo de la aventura, que confieren un sabor hispánico a la experiencia. En relación con ello, léase otra entrevista con Ricardo Puerto donde menciona su trabajo en *Risky Woods* en Codettaper: <https://codettaper.com/amiga/interviews/ricardo-puerto/> (consultado el 31/12/2023). Pero, sin duda, la entrevista más interesante con los autores es la recogida en Tabakalera (cf. 2014: 62-66), donde afirman la inspiración tomada de *Ghouls 'n Ghosts*, de Bola de Dragón, de los creadores de *Xenon 2 Megablast*, de *Shadow of the Beast* y de las ilustraciones de Richard Corben. Concretamente, respecto de este último, reconocen la inspiración en Den, personaje de Richard Corben, para el vendedor de la tienda en la versión de Amiga de *Risky Woods*. Por último, en esta entrevista los autores cuentan nuevamente el encuentro en San Sebastián con

En consecuencia, buena parte de la inspiración vino de otros videojuegos y de una serie de dibujos japonesa para televisión. Lo cual no dista mucho de lo que ya analizamos en relación con las influencias en el videojuego japonés *Golden Axe* (cf. Fernández-Viagas Escudero, 2023), de similar estilo a *Risky Woods*, y que también tuvo su versión para la videoconsola *Sega Mega Drive*. Ninguno de los dos juegos pretende construir ambientaciones históricas precisas, ni, al margen de las cuestiones técnicas, parecen beber de una pluralidad de referencias cultas o de literatura académica o especializada, para formar los personajes, los escenarios, la arquitectura y otros elementos. Por el contrario, extraen sus ideas o modelos principales de videojuegos, de otras piezas de entretenimiento y, en esencia, de la cultura popular, como tantos otros juegos de la época.

*Risky Woods* no busca una ambientación medieval muy clara, a pesar de su calificación como *medieval* en diferentes reseñas<sup>11</sup>. En su versión para *Sega Mega Drive* toma algunos elementos con conexión medieval, como la cota de malla del protagonista, armas como las hachas dobles, manguales, la ausencia de pólvora<sup>12</sup>, la presencia de frailes en el recorrido, algunas estatuas y relieves que recuerdan a górgolas<sup>13</sup>, enemigos

---

los directivos de Electronic Arts, a quienes le presentaron el videojuego.

<sup>11</sup> Véanse los siguientes enlaces y referencias:

- Entrada de *Risky Woods* en la Wikipedia: [https://es.wikipedia.org/wiki/Risky\\_Woods](https://es.wikipedia.org/wiki/Risky_Woods) (consultado el 31/12/2023).
- Entrada de *Risky Woods* en la web Miabandonaware: <https://miabandonaware.com/risky-woods/> (consultado el 31/12/2023).
- Entrada de *Risky Woods* en la web La taberna del grog: <https://tabernadelgrog.blogspot.com/2012/11/risky-woods.html> (consultado el 31/12/2023).
- Entrada de *Risky Woods* en la web Pixel Maniacos: <https://pixelmaniacos.com/risky-woods-la-ultima-aventura-de-dinamic/> (consultado el 31/12/2023). Nótese que aquí se califica al mundo del juego como *pseudo medieval*, lo cual encaja mucho mejor con el contenido del videojuego.

<sup>12</sup> Sobre las armaduras, los manguales, la rareza de las hachas dobles y sobre los pertrechos medievales en general recomendamos la lectura de Hewitt (1999). Por sus ilustraciones, para estos temas, conviene también tener delante las obras de Reid (1987) y Wilkinson (1978).

<sup>13</sup> Véase la inspiración, posiblemente, en algunas estatuas demoníacas de *Shadow of the Beast* (1989). Por otra parte, si bien entendemos que no es deliberado, resulta curiosa la similitud entre algunos rostros plasmados en las paredes de la fortaleza o castillo final de *Risky Woods* con la górgola con forma de gaitero en la Catedral Nueva de Plasencia. Sépase que,

que parecieran duendes, orcos y demonios<sup>14</sup>, así como un dragón<sup>15</sup>, y el castillo final<sup>16</sup>; pero son elementos sueltos y perfilados con enorme libertad. Realmente el videojuego está ambientado en una época fantástica, imprecisa, con elementos medievales que enriquecen la aventura, pero sin pretensión alguna de verosimilitud. De hecho, durante el recorrido, el protagonista se enfrenta a monstruos como los de las películas de Alien, como también parte de la estética del juego parece extraída de dicha fuente, al igual que de otros videojuegos de similar atmósfera, como Xenon 2 Megablast (1989)<sup>17</sup> y Shadow of the Beast (1989)<sup>18</sup>.

En cuanto a la arquitectura, lo cierto es que el juego acontece en gran medida en espacios naturales. Pero es interesante comprobar cómo las cabañas en los árboles del juego español, que funcionan como fondo de la fase segunda, recuerdan a construcciones similares del matamarcianos Anarchy (1990), un género que llamaba enormemente la atención a

---

entre nuestros alumnos, las gárgolas aparecieron entre los elementos con conexión medieval más nombrados, junto con otros como la figura del caballero armado, las armas del juego, la presencia del castillo final, del dragón, de aspectos góticos y de elementos eclesiásticos, entre otros. Además, frecuentemente pusieron el acento en el contraste entre el bien y el mal, y su proyección estética en el juego y analizaron las conexiones tétricas y demoníacas del recorrido. Algunos incluso utilizaron bestiarios medievales, que fueron explicados durante el cuatrimestre, para encontrar paralelismos con los monstruos del recorrido de Risky Woods y muchos mencionaron películas de ambientación medieval de los años ochenta.

<sup>14</sup> Sobre monstruos y demonios en la Edad Media, la bibliografía es enorme. Pero no nos privamos de citar a Kapler (cf. 2004), por su detenido estudio sobre los demonios y otros monstruos en la Baja Edad Media. Por el impacto en la cultura popular de los monstruos de J. R. R. Tolkien, específicamente en el sector de los videojuegos, conviene tener a mano David (1989). Sépase que, para cinco de nuestros alumnos, la obra del escritor británico probablemente sirvió de inspiración, en algún punto, para los creadores de Risky Woods.

<sup>15</sup> Sobre los dragones en la Edad Media, cf. Consiglieri (2022).

<sup>16</sup> Sobre la proliferación de los castillos feudales y sus características, recomendamos la lectura de Stokstad (2005) y Le Goff (2010: 67-79), por mencionar sólo dos obras.

<sup>17</sup> A diferencia de la mayoría de los otros juegos mencionados en este capítulo, Xenon 2 Megablast es un matamarcianos. Sépase que Ricardo Puerto y Raúl López realizaron varios juegos de este género a final de los años ochenta: Delfox (1987) y Comando Tracer (1989).

<sup>18</sup> Respecto de las influencias en materia técnica del fondo de este videojuego en Risky Woods, en una entrevista a los autores, cf. Tabakalera (cf. 2014: 62-66). Sobre Shadow of the Beast y su saga recomendamos la lectura del reportaje de Pembrey (2023). En cuanto a las cuestiones técnicas y gráficas, y el manejo de los sprites en Risky Woods, véase la siguiente entrada de la web Codettaper: <https://codettaper.com/amiga/sprite-tricks/risky-woods/> (consultado el 5/1/2024).

Ricardo Puerto y Raúl López, como se comprueba en las entrevistas referidas en este capítulo. Por otra parte, las casas blancas con travesaños en distintas direcciones, de la aldea de la fase séptima, parecen inspiradas tanto en algunos caseríos vascos, como en la casa estilo fachwerkhaus<sup>19</sup> de Shadow of the Beast II (1990), si bien se sustituyeron los techos de tabla por techos de paja. Como curiosidad, en una cadena de influencias, dichas construcciones de Risky Woods pudieron haber sido tomadas de modelo para ciertas viviendas con entramado de madera de los videojuegos Blades of Vengeance (1993)<sup>20</sup> y Jim Power: The Lost Dimension in 3D (1993)<sup>21</sup>, aunque la cercanía en la fecha de publicación de estos juegos nos genera una duda razonable.

Como en Golden Axe, y en tantos otros juegos similares, en Risky Woods la aldea es también un lugar inseguro<sup>22</sup>. La lógica de estos juegos arcade es la de generar una situación de aventura casi constante, por lo que resulta característica la ausencia de lugares-refugio, más allá de las tiendas ocasionales de las que surtir de armas y otros objetos al héroe<sup>23</sup>. Y ello a diferencia de lo que ocurre frecuentemente en los juegos RPG de espada y brujería o de fantasía medieval, que ofrecen al jugador momentos de tranquilidad en las villas o poblados, donde recabar

---

<sup>19</sup> En esta línea, de manera inteligente, uno de nuestros alumnos encontró un paralelismo entre las casas blancas de Risky Woods y las viviendas europeas tipo *pan de bois*. En el juego Kings of the Round (1991) encontramos varias de estas viviendas blancas en la aldea inicial, con cruces de San Andrés, parecidas a las de Risky Woods.

<sup>20</sup> Nótese que también Pedja (2008) nota el paralelismo entre estos dos juegos y considera a Blades of Vengeance un juego “muy similar en su concepción artística y jugable”.

<sup>21</sup> Además, en este juego aparecen unos monjes petrificados que nos recuerdan a los de Risky Woods, así como otros muchos elementos compartidos, como el tiempo límite alterable.

<sup>22</sup> Véanse las villas y poblados inseguros, donde asaltan y atacan al protagonista, de Ghosts 'n Goblins (1985), Wardner (1987), Ghouls 'n Ghosts (1988), Warrior Blade: Rastan Saga Episode III (1991), Danha: Megami Tanjō (1991), Warriors of Fate (1992), Golden Axe II (1991), Golden Axe: The Revenge of Death Adder (1992), Golden Axe 3 (1993), Kings of the Round (1991), Wonder Boy in Monster World (1991), Dungeons & Dragons: Tower of Doom (1994) y Magic Sword (1990).

<sup>23</sup> En la versión de Amiga, entre fase y fase, el jugador podía comprar tranquilamente objetos en las tiendas, al estilo de Black Tiger (1987). Pero esa posibilidad desapareció en la versión de Sega Mega Drive.

información, encontrar pistas, reparar armas, comprender la historia del juego, etc., en un espacio tranquilo<sup>24</sup>.

Otro hito arquitectónico de Risky Woods es el castillo de la fase final, que, claramente, huye de toda pretensión histórica, y constituye un ejemplo de arquitectura fantástica, quizás inspirado en construcciones de ladrillos y sillares con columnas estriadas de Wonder Boy in Monster Land (1987) y Rastan Saga II (1988)<sup>25</sup>. La presencia de un castillo al final, donde se aloja el último monstruo, es un aporte característico de este tipo de videojuegos, como se aprecia en Ghosts 'n Goblins (1985), Wardner (1987), Golden Axe (1989), Willow (1989), Golden Axe II (1991), Danha: Megami Tanjō (1991) y Dungeons & Dragons: Tower of Doom (1993). Nótese que, en el caso concreto de Risky Woods, el edificio no se derrumba tras la victoria del protagonista, a diferencia de lo que vemos en Castlevania (1986), y después en Haunted Castle (1988), Willow (1989), Castlevania III: Dracula's Curse (1990), Super Castlevania IV (1991), Danha: Megami Tanjō (1991), Golden Axe III (1993) y Dungeons & Dragons: Tower of Doom (1994), como señal de que se destruye el imperio demoníaco, y como impacto visual para terminar la experiencia, bajo la influencia de Castlevania.

Risky Woods comienza en la naturaleza y termina en un castillo, con varias fases en el medio separadas por diversos monstruos finales<sup>26</sup>. Esa estructura básica de fases se repite en diferentes títulos semejantes, que

---

<sup>24</sup> Sobre esta cuestión, léase nuestra reflexión en Fernández-Viagras Escudero, 2023. No obstante, en lugar de referirnos en la nota 68 a *Diablo*, deberíamos haber escrito *Diablo II*. Sirva ello para corregir la errata.

<sup>25</sup> Otro modelo que pudo ser tomado como ejemplo fue el de *Shadow of the Beast II* (1990). También aparece un castillo en *Hundra* (1988), de Ricardo Puerto y Raúl López, con mayor pretensión histórica, en tanto se distinguen claramente unas almenas y prescinde de decoración fantástica y demoníaca. De todas formas, la conexión histórica más evidente en *Hundra* son los moáis junto a las palmeras, poco antes de terminar el juego. Por último, en un juego de Raúl López, *Bestial Warrior* (1989), también encontramos un castillo final, de sillería, en este caso con columnas salomónicas.

<sup>26</sup> Respecto de los monstruos finales de cada fase, en la historia de los videojuegos, recomendamos la lectura de Relinque (2023).

mencionamos en nota<sup>27</sup>. Dentro de la edad dorada del software español<sup>28</sup> podemos encontrar este comienzo y este desenlace en varios juegos, como en Sir Fred (1986), Camelot Warrios (1986) y El Capitán Trueno (1989), si bien en éstos no hallamos monstruos ubicados estratégicamente que, como mojones en el campo, marquen el final de cada fase.

Por otra parte, tanto en la aldea, como en el castillo, apreciamos decoración demoníaca al paso del protagonista en Risky Woods, lo que añade un aspecto tétrico y sensación de peligro durante el trayecto y acompaña la narrativa de la invasión demoníaca del país en apuros. Pero este recurso estético no aparece por primera vez en el videojuego español, sino que, con anterioridad, podemos contemplarlo en distintas partes de Rastan (1987), Ghouls 'n Ghosts (1988), Targhan (1989), Cadash (1989), Mega Twins (1990), Saint Sword (1991) y Warrior Blade: Rastan Saga Episode III (1991), entre otros.

A diferencia de otros juegos de espada y brujería, sobre todo posteriores y con más memoria y presupuesto, el protagonista pasa necesariamente por todos los hitos que estamos mencionando. El camino está marcado, las sucesivas fases aparecen en el mapa desde el comienzo, y el héroe no tiene opción de adentrarse por otras sendas<sup>29</sup>. Eso libera al jugador de dudas, lo centra en matar o esquivar a los enemigos, y lo obliga a contemplar todos los escenarios naturales o artificiales diseñados para su disfrute.

En cuanto a las edificaciones de Risky Woods, mayor conexión con la arquitectura histórica tiene el puente de piedra de la fase primera, por sus formas constructivas y la disposición de los materiales, que recuerda a los puentes medievales de Frías y de Gares, en el norte de España, cerca

---

<sup>27</sup> Por nombrar sólo algunos ejemplos, véanse Golden Axe (1989), Dungeons & Dragons: Tower of Doom (1993) y Dungeons & Dragons: Shadow over Mystara (1996).

<sup>28</sup> Sobre la edad de oro del software español, recomendamos la lectura de Esteve Gutiérrez (2016a y 2016b). En especial las páginas 403-410 del último, donde se menciona a Risky Woods.

<sup>29</sup> Si cogemos como ejemplo a la saga de Golden Axe, tanto Golden Axe (1989), como Golden Axe II (1991), los juegos más antiguos, responden a este patrón, pero no Golden Axe: The Revenge of Death Adder (1992) y Golden Axe 3 (1993), que permiten al protagonista tomar distintas sendas, y ver unos escenarios pero no otros, para llegar al monstruo último.

de la localidad de los creadores del juego, como a varios puentes de Guipúzcoa, como los de Santa Catalina, Deba, Villabona y Yarza<sup>30</sup>. Pero un vínculo indudable con el norte de la península lo encontramos cuando aparecen corredores de San Fermín en plena aventura, tras rescatar a cada fraile, en un divertido guiño humorístico hispánico<sup>31</sup>.

Respecto de la naturaleza, el paisaje árido del final reproduce partes muy conocidas del valle de los monumentos de Arizona<sup>32</sup>. Pero, en ocasiones, las referencias fueron extraídas de videojuegos, como por ejemplo las plataformas volantes que sostienen robustos árboles del comienzo, inspiradas en elementos de Rastan Saga II (1988), en su fase primera<sup>33</sup>. En tanto que, posiblemente, de Rastan (1987), Anarchy (1990) y de Shadow of The Beast (1989) se tomó la inspiración para el diseño de las montañas blancas del fondo, situadas al comienzo de Risky Woods<sup>34</sup>.

---

<sup>30</sup> Algunos de nuestros alumnos mencionaron también puentes de piedra similares. En concreto dos de ellos, el puente romano de Córdoba y el puente del Burgo en Pontevedra.

<sup>31</sup> No es extraño encontrar guiños nacionales en este tipo de juegos. De hecho, en Golden Axe puede deducirse una conexión japonesa en lo que parecen ciertos *kusazuri* de algunos enemigos, que les dan cierta apariencia samurái, además de lo que ya mencionamos en Fernández-Viagras Escudero (cf. 2023). Respecto de los samuráis, historia, tácticas, indumentaria, etc., cf. Turnbull (1996). Por otra parte, el empleo de referencias culturales hispánicas en este tipo de juegos, de creadores españoles, no se escapa a ningún analista. Ya sean pequeños guiños, como el caso del juego que nos ocupa, o referencias más profundas, como en el Capitán Trueno (1989), que está basado en un personaje famoso de cómic español, o como en juegos posteriores, como Maldita Castilla (2012) y, más recientemente en el mencionado Blasphemous (2019).

<sup>32</sup> Nótese cómo, ya con anterioridad a 1992, encontramos la influencia de este paisaje, o de otros paisajes áridos muy similares, como el del parque nacional del Cañón Bryce, en ciertas partes de los videojuegos Rygar (1986), Rastan (1987) y Wonder Boy III. The Dragon's Trap (1989), como en la parte final del videoclip Speed Demon (1988) y en la película Regreso al Futuro III (1990).

<sup>33</sup> Otras plataformas, las que se encuentran después del puente de piedra, frente a las casas en altura, en la fase segunda, y que también se hallan en la fase primera, parecen inspiradas en las plantas carnívoras, que sirven de plataformas, en la fase cuarta de Ghouls 'n Ghosts (1988).

<sup>34</sup> Sépase que se hizo alguna pequeña modificación en el diseño de esas montañas entre las versiones de Amiga y Sega Mega Drive. De hecho, las montañas añadidas en esta última versión se parecen notablemente a las de Leander (1991). En todo caso, la fecha de publicación de Risky Woods para Sega Mega Drive es 1992, y esa circunstancia hace que se nos generen dudas en cuanto a la posible influencia en la adaptación para Sega de un juego publicado sólo unos meses antes. Para una comparación entre ambos juegos, si bien no se menciona esta circunstancia del fondo montañoso, cf. Squires (1992). Por último, como curiosidad, un juego

Y de la misma manera que el jugador está obligado a contemplar todos los escenarios para salir victorioso, debe también matar o esquivar a todos los enemigos. En cuanto a los personajes, el protagonista se asemeja a Yamcha, de Bola de Dragón, sobre todo en la versión original de Amiga, con su cinta en la frente y sus pantalones rojos, y su camiseta sin mangas<sup>35</sup>, lo que encaja con las referencias a Bola de Dragón en las entrevistas de los autores. Y, en cuanto a los enemigos, la presencia de esqueletos vivientes la encontramos en múltiples juegos previos<sup>36</sup>, como también los demonios rojos de Risky Woods nos recuerdan a los de Ghosts 'n Goblins (1985)<sup>37</sup>, a los de Black Tiger (1987), a los de Hundra

---

posterior de Ricardo Puerto y Raúl López, Biomechanical Toy (1995), parece inspirarse en el diseño de esas montañas blancas de Risky Woods en la parte del tren, para embellecer el fondo del escenario.

<sup>35</sup> Respecto del parecido con Yamcha, cf. García (2017), sin embargo, para Esteve (cf. 2016b: 403) la conexión más clara es con Son Gohan, de Bola de Dragón. Nótese que uno de los dieciocho alumnos que realizó esta actividad mencionó la similitud del protagonista con Yamcha y en total tres mencionaron alguna conexión del juego con Bola de Dragón. Uno en cambio encontró similitud con John James Rambo. No en vano, para el crítico Scullion (cf. 2021: 154) el protagonista guarda semejanza con Rambo en su vestimenta, y, más allá de la indumentaria, lo cierto es que el héroe tiene un indudable parecido también con Sylvester Stallone. En todo caso, sépase que en la versión de Sega Mega Drive el héroe aparece usualmente vestido de mago, aunque puede conseguir una cota de malla para protegerse y un atuendo completo de caballero medieval. Es por ello por lo que preferimos esta versión del juego para trabajar con los alumnos. En este sentido, respecto del caballero medieval y sus aventuras, cf. Flori (2001), Köhler (1990), Lendo (2004) y Osorio (2009), por citar sólo algunas obras de una inmensa bibliografía especializada.

<sup>36</sup> Como meros ejemplos, y respecto de juegos similares, véanse Ghosts 'n Goblins (1986), Nonamed (1986), Black Tiger (1987), Ghouls 'n Ghosts (1988), Rastan (1987), Rastan Saga II (1988), Warrior Blade: Rastan Saga Episode III (1991), Golden Axe (1989), Golden Axe II (1991), El Capitán Trueno (1989), Magic Sword (1990), Castle of Dragon (1989), Wonder Boy III. The Dragon's Trap (1989), Saint Sword (1991) y The Kings of Dragon (1991). También podríamos mencionar aquí a todos los Castlevania previos a 1992.

<sup>37</sup> Sépase que Ghosts 'n Goblins (1985) fue el videojuego más mencionado entre nuestros alumnos como referencia principal para los creadores de Risky Woods. En total cinco alumnos mencionaron al juego japonés, en tanto que cuatro a Golden Axe (1989), tres a Super Mario Bros (1985), dos a Shadow of the Beast (1989), Hundra (1988) y Shinobi (1987) y una mención tuvieron Sonic the Hedgehog (1991), Gods (1991), Castlevania (1986), Toki (1989), Mega Man (1987), Dragon's Lair (1983), Knights of the Round (1991), Captain Commando (1991), The King of Dragons (1991), Metroid (1986), Wonder Boy (1986), Streets of Rage (1991), The Legend of Zelda (1986) y Final Fight (1987).

(1988)<sup>38</sup> y al protagonista de Gargoyle's Quest (1990)<sup>39</sup>, y duendes agresivos ya aparecen con anterioridad en otro juego de Raúl López, El Capitán Trueno (1989)<sup>40</sup>. Por último, es razonable pensar que para el dragón de los sótanos del castillo no fueron tomados tampoco modelos históricos, sino que se empleó como referencia al monstruo final de la fase cuarta de Xenon 2 Megablast, de cuello alargado<sup>41</sup>, lo que deducimos por su semejanza y por la afición declarada de los autores por el juego

---

<sup>38</sup> Téngase en cuenta que Hundra es un juego arcade en 2D, de scroll lateral, de Ricardo Puerto y Raúl López, como Risky Woods, y donde también el protagonista es agobiado por la presencia de múltiples enemigos a su paso.

<sup>39</sup> De hecho, el demonio protagonista de este juego fue extraído de Ghosts 'n Goblins por Capcom, como diversos otros elementos, al tratarse de un spin-off.

<sup>40</sup> Más allá de ello, los duendes de Risky Woods nos recuerdan a personajes similares en Three Wonders Midnight Wanderers (1991). Este videojuego también incorpora cofres y monedas al paso del protagonista, casas en los árboles y un monstruo de mandíbulas abiertas, como el de la película Predator y el vendedor de Xenon 2 Megablast, y como ciertos enemigos rojos de la fase cuarta de Risky Woods. Los cofres con objetos también aparecen en Shadow of the Beast II (1990) y en un innumerable número de otros juegos, como Castlevania (1986), Black Tiger (1987), Wardner (1987), Ghouls 'n Ghosts (1988), Willow (1989), Mega Twins (1990), Magic Sword (1990), Wonder Boy in Monster World (1991), The King of Dragons (1991) y First Samurai (1991), por mencionar sólo algunos anteriores a Risky Woods. Precisamente en Willow (1989) y en Wonder Boy in Monster World (1991) saltan monedas de los enemigos vencidos, que recuerdan a lo que vemos en Risky Woods, de forma similar a lo que ocurre también en otro juego de Raúl López y Dinamic Software, El Capitán Trueno (1989), y, antes, en Black Tiger (1987).

<sup>41</sup> Identificamos al monstruo de Risky Woods de la fase nueve como un dragón por escupir fuego, por su tamaño, su aspecto reptiliano, sus cuernos y otras características, pero bien pudieramos llamarlo simplemente *bestia*, porque no responde a ningún tipo de dragón de que tengamos conocimiento, sino que parece inspirado en el mencionado monstruo de Xenon 2 Megablast. Por otra parte, y por ahondar en esta conexión, la guarida dorada del monstruo en Risky Woods tiene vinculación estética evidente con la segunda fase de Xenon 2 Megablast, que transcurre entre algas gigantes y donde hallamos múltiples gránulos dorados que no resultan desconocidos a los jugadores del título ibérico. Como curiosidad, dicho monstruo de Risky Woods también recuerda, si bien en menor medida, al alienígena de seis patas de Aliens (1990) y, por centrarnos únicamente en la compañía Capcom, a los dragones de cuello alargado de la fase veintiocho de Magic Sword (1990), así como al extraño dinosaurio de la fase tercera de Last Duel: Inter Planet War 2012 (1988), a la serpiente gigante de Tiger Road (1987) y a la tortuga agresiva de dos cabezas de Mega Twins (1990), y no son pocos los monstruos de cuello exagerado que disparan fuego por sus bocas en juegos de la época. Por último, en la versión para Amiga del juego español aparecen otros dragones, inspirados en Shen Long, de Bola de Dragón, pero esculpidos en distintas piedras a lo largo del trayecto. Y tanto en la versión de Amiga como de Sega Mega Drive encontramos unos extraños demonios, identificados por algunos jugadores como pequeños dragones, que no escapan tampoco a nuestros ojos.

de The Bitmap Brothers<sup>42</sup>.

El contraste entre el héroe y los frailes buenos por un lado y, por otro, los monstruos del nuevo orden demoníaco, es muy claro. Esta oposición entre el bien y el mal, sin demasiados matices o posiciones intermedias, resulta característica de este tipo de videojuegos<sup>43</sup>. En ellos se coloca al jugador en los zapatos del héroe y se le otorga el encargo de derrotar la invasión demoníaca que atenaza al reino o territorio en cuestión. Y esta es la estela que se sigue en *Risky Woods*<sup>44</sup>.

Como hemos comprobado, y se deduce de las palabras de Ricardo Puerto, la mayor parte de las referencias o modelos se encuentran en videojuegos previos<sup>45</sup>; y deducimos no fueron extraídas de fuentes cultas o de la literatura académica, más allá de la literatura técnica útil para desarrollar un videojuego en consolas de 16 bits. El objetivo del juego consiste en divertir a un público mayormente adolescente, y, en esa lógica, el desarrollador buscó generar una ambientación espectacular y un recorrido trepidante para el héroe, de tal manera que incorporó

---

<sup>42</sup> Sobre esta empresa desarrolladora de videojuegos, recomendamos leer el reportaje de Crockes (2019).

<sup>43</sup> Véase nuestra reflexión al respecto en Fernández-Viagras Escudero (2023).

<sup>44</sup> En el libro de instrucciones del juego en su versión para Mega Drive podemos leer lo siguiente, en tono de humor y en relación con esta lucha entre el bien y el mal que se desarrolla en el juego:

*El mal se ha propagado por todas partes: los bosques se hallan repletos de cadáveres en descomposición, los niños no están a salvo, el mundo es un lugar terrible. No vendrían nada mal en la población unos bondadosos frailes que espantaran a la gentuza y así, de paso, subiría el valor de los inmuebles* (Electronic Arts, 1992: 54).

En todo caso, nótese que en Electronic Arts (cf. 1992: 71) leemos que algunos frailes del recorrido son malvados y pueden perjudicar al protagonista al ser liberados. Por lo que no todos los frailes representan la bondad en el juego.

Por otra parte, en ocasiones en este tipo de juegos encontramos algún vendedor que, si bien ayuda al héroe, no lo realiza desinteresadamente, y se lucra con el dinero que acumula del intercambio, como ocurre en la versión para Amiga de *Risky Woods*. Por lo que en esa oposición entre el bien y el mal hay espacio a veces para ciertos matices.

<sup>45</sup> Véanse enlaces con entrevistas a los creadores en las notas sexta y décima de este trabajo y el reportaje de Tabakalera (cf. 2014: 66-70), que también cuenta con opiniones de los autores. Recomendamos también la entrevista a Ricardo Puerto en el programa 119 de Fase bonus, que puede escucharse en el siguiente enlace: [https://www.ivoox.com/fase-bonus-119-entrevista-ricardo-puerto-audios-mp3\\_rf\\_2703148\\_1.html](https://www.ivoox.com/fase-bonus-119-entrevista-ricardo-puerto-audios-mp3_rf_2703148_1.html) (consultado el 4/1/2024).

elementos de inspiración o conexión medieval, como el castillo, la magia, las armas históricas, etc., asociados con la aventura en la cultura popular, pero también otros elementos diferentes, antes mencionados. En esa mezcla, entre Alien, Bola de Dragón, varios otros videojuegos, y cierta inspiración histórica, los creadores hallaron un punto de cocción que fue agradable al paladar de una parte importante de los críticos y jugadores de aquella época<sup>46</sup>.

#### 4. CONCLUSIONES

Como sabemos, frecuentemente la introducción de una ambientación medieval en los videojuegos no es más que una excusa para que aparezcan castillos, murallas, caballeros armados, dragones, etc., que son elementos visualmente muy atractivos y asociados en la cultura popular con la aventura. Algunos videojuegos, como Risky Woods, ni siquiera están ambientados claramente en la Edad Media, si bien toman elementos medievales, como los antes citados u otros, por su potencial lúdico y estético.

Con los alumnos resulta interesante estudiar la repetición de esos elementos y comprender su lógica. Detrás de todo ello tenemos imágenes asociadas a la aventura en la cultura popular, desde antes incluso de los libros Walter Scott y de las novelas históricas, y explotadas en videojuegos, películas y novelas, así como escenarios, armas, enemigos y héroes muy llamativos e impactantes. La lógica aquí es la del entretenimiento, y, en este sector, frecuentemente la rigurosidad histórica pasa a un segundo plano o desaparece por completo, por lo que no pocos videojuegos mezclan elementos históricos de distintas épocas, junto con elementos fantásticos.

Además, sobre todo en los videojuegos antiguos, los desarrolladores tomaban usualmente elementos medievales extraídos o inspirados de películas, videojuegos y de la literatura de fantasía, sin interés alguno por la

---

<sup>46</sup> No en vano, Alonso (cf. 2017), redactor de Hobbyconsolas, sitúa al juego en su lista de los veinte mejores videojuegos españoles de la historia. Si bien aclara que, principalmente, le otorga dicha posición de privilegio por tener el juego su versión en la exitosa videoconsola Sega Mega Drive, allá a principios de los noventa. Lo que marcó un hito muy importante.

rigurosidad histórica o bien tomaban ciertas ideas, como la presencia en la aventura de castillos, caballeros y dragones, que después diseñaban con enorme libertad. No obstante, en juegos posteriores, con mayor presupuesto y resolución gráfica, sí apreciamos, con mayor asiduidad, un intento por aproximar los elementos escogidos con su dimensión histórica.

Tras esta actividad los alumnos pudieron conocer uno de los videojuegos más importantes realizados en España, que tuvo su versión para la exitosa videoconsola Sega Mega Drive, al final de una época dorada del software español. Se trata de un título realizado con enorme talento por Ricardo Puerto y Raúl López, a través del cual se puede fácilmente reflexionar con los alumnos sobre la repetición de distintos elementos medievales en este tipo de videojuegos. Este capítulo de libro nos permite reflexionar sobre todo ello, además de mostrar los resultados obtenidos de nuestras encuestas durante el curso 2022-2023, en materia de industria del entretenimiento.

Por último, una idea central de esta actividad es la de introducir un componente lúdico en la docencia de Historia Medieval. Y ese componente lúdico, en cierta medida, lo hemos trasladado a este capítulo, en tanto que tratar de encontrar las referencias que sirvieron de inspiración a los autores de *Risky Woods* tiene una parte de investigación, pero mucho de juego. Ciertamente, algunas de estas conexiones han sido aquí mencionadas sin mayor explicación, dado el carácter de esta obra y las lógicas limitaciones de palabras que tenemos los autores de este libro. En consecuencia, sería interesante, en una futura publicación, tratar de adentrarnos en mayor densidad por estos temas.

## 5. VIDEOJUEGOS CITADOS

Athena (1990). *Castle of Dragon*. Arcade

Beam Software (1993). *Blades of Vengeance*. Sega Mega Drive

Blizzard North (2000). *Diablo II*. Microsoft Windows

Capcom (1985). *Ghouls 'n Goblins*. Arcade

Capcom (1987). *Black Tiger*. Arcade

Capcom (1987). *Final Fight*. Arcade

- Capcom (1987). *Mega Man*. Arcade
- Capcom (1987). *Tiger Road*. Arcade
- Capcom (1988). *Ghouls 'n Ghosts*. Arcade
- Capcom (1988). *Last Duel: Inter Planet War 2012*. Arcade
- Capcom (1989). *Willow*. Arcade
- Capcom (1990). *Gargoyle's Quest*. Game Boy
- Capcom (1990). *Mega Twins*. Arcade
- Capcom (1990). *Magic Sword*. Arcade
- Capcom (1991). *Captain Commando*. Arcade
- Capcom (1991). *Knights of the Round*. Arcade
- Capcom (1991). *The King of Dragons*. Arcade
- Capcom (1991). *Three Wonders: Midnight Wanderers*. Arcade
- Capcom (1994). *Dungeons & Dragons: Tower of Doom*. Arcade
- Capcom (1996). *Dungeons & Dragons: Shadow over Mystara*. Arcade
- Crema (2022). *Temtem*. Microsoft Windows
- Dinamic (1986). *Camelot Warriors*. Spectrum
- Dinamic (1986) *Nonamed*. Spectrum
- Dinamic Software y Zeus Software (1988). *Comando Tracer*. Spectrum
- Dinamic Software y Zeus Software (1988). *Hundra*. Spectrum
- Dinamic Software y Zeus Software (1989). *Bestial Warrior*. Spectrum
- Dinamic Software y Zeus Software (1992). *Risky Woods*. Sega Mega Drive
- Dinamic Software, Dinamic Multimedia y Gaelco (1992-2006). *Saga PC Fútbol*.  
Microsoft Windows
- Dinamic Software, Gamesoft y Zeus Software (1989). *El Capitán Trueno*. Spectrum
- EricLostie (2018). *Pokémon Iberia*. Microsoft Windows
- Escape (1986). *Wonder Boy*. Arcade
- Fictorama Studios y Badland Games Publishing (2018). *Do not feed the monkeys*.  
Microsoft Windows
- Gameloft (2016). *Asphalt Extreme*. Microsoft Windows
- Gato Studio (2022). *The Waylanders*. Microsoft Windows

Gazpacho Games (2014). *Carrera cofrade, el juego de la Semana Santa*. Android

IGS (1991). *Danha: Megami Tanjō*. Sega Mega Drive

Konami (1986). *Castlevania*. Famicom Disk System

Konami (1988). *Haunted Castle*. Arcade

Konami (1990). *Aliens*. Arcade

Konami (1991). *Castlevania III: Dracula's Curse*. Nintendo Entertainment System

Konami (1991). *Super Castlevania IV*. Super Nintendo Entertainment

Locomalito (2012). *Maldita Castilla*. Microsoft Windows

Loriciel (1993). *Jim Power: The Lost Dimension in 3D*. SNES

Made in Spain (1986). *Sir Fred*. Spectrum

MercurySteam (2013). *Castlevania. Lords of Shadow - Mirror of Fate*. Microsoft Windows

MercurySteam (2017). *Spacelords*. Microsoft Windows

MercurySteam y Nintendo EPD (2017). *Metroid: Samus Return*. Nintendo 3DS

Nintendo EAD (1986). *The Legend of Zelda*. Family Computer Disk System

Nintendo R&D e Intelligent Systems (1986). *Metroid*. Famicom Disk System

Nintendo R&D4 (1985). *Super Mario Bros*. Famicom Disk System

Nomada Studios (2018). *Gris*. Microsoft Windows

Novarama (2009). *Invizimals*. PSP

Pyro Studios (2009). *Planet 51*. PS3

Reco Tecnology (2016). *Toro*. Microsoft Windows

Reflections (1989). *Shadow of the Beast*. Amiga

Reflections (1990). *Shadow of the Beast II*. Amiga

Saber interactive (2020). *WWE 2K Battlegrounds*. Microsoft Windows

Sega (1987). *Shinobi*. Arcade

Sega (1989). *Golden Axe*. Arcade

Sega (1991). *Golden Axe II*. Sega Mega Drive

Sega (1993). *Golden Axe III*. Sega Mega Drive

Sega AM7 (1991). *Streets of Rage*. Arcade

- Silmarils (1989). *Targhan*. Amiga
- Sonic Team (1991). *Sonic the Hedgehog*. Sega Mega Drive
- TAD Corporation (1989). *Toki*. Arcade
- Taito (1987). *Rastan*. Arcade
- Taito (1987). *Wardner*. Arcade
- Taito (1988). *Rastan Saga II*. Arcade
- Taito (1989). *Cadash*. Arcade
- Taito (1991). *Saint Sword*. Mega Drive
- Taito (1991). *Warrior Blade: Rastan Saga Episode III*. Arcade
- Tecmo (1986). *Rygar*. Arcade
- Tequila Works (2017). *Rime*. Microsoft Windows
- The Assembly Line (1989). *Xenon 2 Megablast*. Amiga
- The Bitmap Brothers (1991). *Gods*. Amiga
- The Game Kitchen (2019). *Blasphemous*. Microsoft Windows
- Traveller's Tales (1991). *Leander*. Amiga
- VideojuegosFermin (2017). *Symploké. La leyenda de Gustavo Bueno*. Microsoft Windows
- Vivid Image (1991). *First Samurai*. Amiga
- Virtual Toys (2004-2012). *Saga Torrente*. Microsoft Windows
- Westone (1987). *Wonder Boy in Monster Land*. Arcade
- Westone (1989). *Wonder Boy III. The Dragon's Trap*. Sega Master System
- Westone (1991). *Wonder Boy in Monster World*. Sega Mega Drive
- WJS Design (1990). *Anarchy*. Amiga
- Zeus Software (1995). *Biomechanical Toy*. Arcade
- Zigurat Software y Arcadia Software (1990). *Carlos Sainz Campeonato del Mundo de Rallies*. Amstrad CPC
- Zinkia (2008). *PlayChapas Football Edition*. PSP
- 100% by Dinamic y Zeus Software (1987). *Delfox*. Spectrum

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, Á. (2017). Los mejores juegos españoles de todos los tiempos. *Hobbyconsolas* (consultado online el 7/1/2014 en <https://www.hobbyconsolas.com/reportajes/mejores-juegos-espanoles-todos-tiempos-62880>)
- Bolin, A. (2003) La transversalidad del género. Contextos cultural y prácticas de género. En *Antropología de la sexualidad y diversidad cultural*. Talasa, 231-260
- Braun, P. (1992). Risky Woods, *Amiga Joker*, 9, 80 (consultado online el 3/1/2024 en <https://www.amigareviews.leveluphost.com/riskywoo.htm#riskywoodscu>)
- Burton, B. (1992). Riskt Woods, *Amiga Action*, 35, (consultado online el 3/1/2024 en 32-33 [https://amr.abime.net/review\\_37244](https://amr.abime.net/review_37244))
- Caballero, D. (2021). *Mega Drive*. Amazon Fulfillment
- Consiglieri, N. M. (2022). El dragón medieval: sus continuidades, cambios y reinversiones en siglos posteriores. En *Representaciones del mundo natural de la Edad Media a la Edad Moderna*. Conicet, 67-90 (consultado online el 3/1/2024 en <https://www.imhicihu-conicet.gob.ar/representaciones-del-mundo-natural-de-la-edad-media-a-la-modernidad/>)
- Crockes, D. (2019), The Bitmap Brothers, *Retro Gamer*, 28, 118-125
- Day, D. (1995). *Bestiario de Tolkien*. Grupo editorial Ceac
- Electronic Arts (1992). *Instrucciones de Risky Woods*
- Equipo Micromanía (1992). Crónica de un programa anunciado, Risky Woods, *Micromanía*, 52, 8 (consultado online el 3/1/2024 en <https://archive.org/details/micromania-segunda-epoca-52/mode/2up?view=theater>)
- Evans, M. (1992). Risky Woods, *Amiga Format*, 37, 60 (consultado online el 3/1/2024 en <https://www.amigareviews.leveluphost.com/riskywoo.htm#riskywoodscu>)
- Esteve Gutiérrez, J. (2016). *Ocho quilates. Una historia de la Edad de Oro del software español (I)*. Star-T Magazine Books
- Esteve Gutiérrez, J. (2016). *Ocho quilates. Una historia de la Edad de Oro del software español (II)*. Star-T Magazine Books

- Fernández-Viagas Escudero, P. (2022). La imagen de la Edad Media en la industria del entretenimiento. Un caso práctico para la docencia de Historia Medieval con el cómic “Guadalete. El ocaso visigodo”. En *Educar para transformar: Innovación pedagógica, calidad y TIC en contextos formativos*. Dykinson, 1339-1348 (consultado online el 3/1/2024 en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8874778>)
- Fernández-Viagas Escudero, P. (2022). La industria del entretenimiento y las asignaturas de Historia Medieval. El empleo de cómics en la docencia universitaria: un viaje a la dimensión lúdica de la historia. En *Innovación docentes y prácticas educativas para una educación de calidad*. Dykinson, 1376-1387 (consultado online el 3/1/2024 en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8641739>)
- Fernández-Viagas Escudero, P. (2022). Historia y arquitectura: videojuegos y docencia universitaria: un caso práctico sobre la arquitectura medieval de dos videojuegos de tipo arcade. En *Tendencias en innovación y transferencia del conocimiento: de la universidad a la sociedad*. Dykinson, 198-216 (consultado online el 3/1/2024 en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8751592>)
- Fernández-Viagas Escudero, P. (2023). Fantasía medieval en la videoconsola SEGA Mega Drive. Castillos, villas y espacios naturales en Golden Axe I y II: una actividad docente. En *Convergencia mediática: nuevos escenarios, nuevas perspectivas*. Dykinson, 497-532 (consultado online el 3/1/2024 en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9065305>)
- Flori, J. (2001). *Caballeros y caballería en la Edad Media*. Paidós
- Hewitt, J. (1999). *Armas y armaduras*. Edimat Libros
- J'm Destroy (ed.) (2022). *Mega Drive Anthologie*. Geeks-Line
- Jones, T. (1992). Viva Dinamic! They've produced a hit with Risky Woods, *Amiga Mania*, 42-43 (consultado online el 3/1/2024 en [https://amr.abime.net/review\\_4417](https://amr.abime.net/review_4417))
- Kappler, C. (1986). *Monstruos, demonios y maravillas a fines de la Edad Media*. Akal
- Keen, S. (1992). Risky Woods, *CU Amiga*, 46-47 (consultado online el 3/1/2024 en <https://www.amigareviews.leveluphost.com/riskywoo.htm#riskywoodscu>)
- Klages, R. (1992). Risky Woods, *Amiga Games*, 46-47 (consultado online el 3/1/2024 en [https://amr.abime.net/review\\_11430](https://amr.abime.net/review_11430))
- Köhler, E., (1990). *La aventura caballeresca ideal y realidad en la narrativa cortés*. Sirmio
- Le Goff, J. (2010). *Héroes, maravillas y leyendas de la Edad Media*. Paidós

- Lendo, R. (2004). La imagen del caballero en la novela artúrica, *Anuario de Letras Modernas*, 12, 13-24 (consultado online el 3/1/2024 en <http://ru.ffyl.unam.mx/handle/10391/1451>)
- Maddock, J. (1992). Risky Woods, *Amiga Computing*, 52, 84 (consultado online el 3/1/2024 en <https://www.amigareviews.leveluphost.com/riskywoo.htm#riskywoodscu>)
- McCandless, D. (1992). Risky Woods, *ZERO*, 33, 72-73 (consultado online el 3/1/2024 en <https://www.amigareviews.leveluphost.com/riskywoo.htm#riskywoodscu>)
- Monterrín, R. (2021). *Generation SEGA, Volume 1*, Omaké Books
- Nanda, S. (2003). Hijra y Sadhin ni hombre ni mujer en la India. En *Antropología de la sexualidad y diversidad cultural*. Talasa, 261-274
- O'Connor, F. (1992). Risky Woods, *Computer and Video Games*, 128, 28 (consultado online el 3/1/2024 en [https://amr.abime.net/review\\_30539](https://amr.abime.net/review_30539))
- Ombler, M. (2023). Video game music wouldn't be the same without Ryuichi Sakamoto. *NME* (consultado online el 7/1/2024 en <https://www.nme.com/features/gaming-features/video-game-music-wouldnt-be-the-same-without-ryuichi-sakamoto-3425196>)
- One Amiga (1992). Risky Woods, *One Amiga*, 79-82 (consultado online el 3/1/2024 en <https://archive.org/details/TheOneIssue46Jul92/page/n81/mode/2up>)
- Osorio, L. (2009). Del caballero épico al caballero novelesco, *Tirant*, 12, 109-131 (consultado online el 3/1/2024 en <https://ojs.uv.es/index.php/Tirant/article/view/3425/3132>)
- Pembrey, G. (2023). Shadow of The Beast, *Retro Gamer*, 43, 114-123
- Ppmateos (2023). *16-bit, Blast Processing. Legado de la consola de 16 bits*. Cacharreo & Gaming
- Quber (2014). Retro Review Risky Woods, *NoSoloBits* (consultado online el 3/1/2024 en <https://www.nosolobits.com/es/publicacion/1153/recordando/retro-review-risky-woods>)
- Reid, W. (1987). *Historia de las armas*. Editorial raíces
- Relinque, Jesús, “Pedja” (2008). Risky Woods: Retrovisión, *El PixeBlog de Pedja: Blog de Videojuegos Retro y Next-Gen* (consultado online el 3/1/2024 en <https://elpixeblogdepedja.com/2008/03/retrovision-risky-woods.html>)
- Relinque, Jesús “Pedja” (2023). Jefes finales viejunos: la génesis de los final bosses, *Retro Gamer*, 46, 30-35

- Rijn, L. (1992). Risky Woods, *Amiga Magazine*, 89 (consultado online el 3/1/2024 en [https://amr.abime.net/review\\_28326](https://amr.abime.net/review_28326))
- Scullion, C. (2021). *The Sega Mega Drive & Genesis Encyclopedia*. White Owl
- Squires, M. (1992). Risky Woods, *Amiga Power*, 15, 56-57 (consultado online el 3/1/2024 en <https://www.amigareviews.leveluphost.com/riskywoo.htm#riskywoodscu>)
- Stokstad, M. (2005). *Medieval Castles*. Greenwood Press
- Tabakalera (2014). *Zeus software: 13 años de innovación y videojuegos* (consultado online el 3/1/2024 en <https://www.tabakalera.eus/es/ver-leer-escuchar/contenidos/load-historia-del-videojuego-vasco-1985-2009/>)
- Turnbull, S. (1996). *Samurai Warfare*. DAG Publications
- Veiga Sierra, J. L. (2001). Risky Woods. *Computer Emuzone* (consultado online el 3/1/2024 en <https://computeremuzone.com/ficha/43/risky-woods&sec=amiga>)
- Wilkinson, F. (1978). *Armas y armaduras*. Noguer
- Zaballa García, J. (2016). *El último hito de una edad de oro: Risky Woods*, Retro Gamer, 16, 62-66

## DE LA INNOVACIÓN A LA INVESTIGACIÓN A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE DATOS DE SOLUCIONES TECNOLÓGICAS EDUCATIVAS

---

EMILIA LÓPEZ-IÑESTA  
*Universitat de València*

DANIEL GARCÍA-COSTA  
*Universitat de València*

MARÍA T. SANZ  
*Universitat de València*

FRANCISCO GRIMALDO  
*Universitat de València*

### 1. INTRODUCCIÓN

#### 1.1. LA UNIVERSIDAD EN LA ACTUALIDAD Y EL ESPACIO EUROPEO DE EDUCACIÓN SUPERIOR.

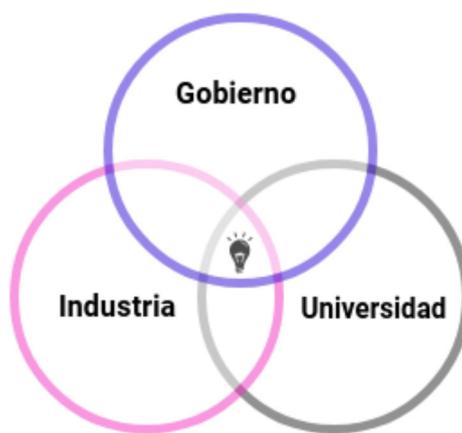
La Universidad actual debe preparar a la ciudadanía para su papel en la sociedad del conocimiento, en la cual el desarrollo económico, social y cultural depende sobre todo de la creación y de la transmisión del conocimiento y las habilidades.

Es por ello por lo que, hoy en día, las universidades están llamadas a desempeñar un triple papel: formativo, de generación de conocimiento y de transferencia de ese conocimiento a la sociedad, de tal manera que contribuyan al desarrollo económico y social de una nación.

Así, las instituciones universitarias con sus distintas misiones de docencia, investigación y transferencia contribuyen al tejido social de la comunidad y su entorno cercano.

Estas interacciones se sustentan en el conocido como modelo de Triple Hélice de Relaciones Universidad-Industria-Gobierno (Cai y Etzkowitz, 2020) que se puede representar como en la Figura 1. La evolución de este modelo se basa en el supuesto de que el conocimiento y la innovación tienen el potencial de educar e integrar sociedades futuras, como sugieren Etzkowitz y Leydesdorff (1995) o König y cols. (2021). La Universidad es y debe ser un motor de transformación social, para lo que se han impulsado muchos y profundos cambios en el sistema universitario en los últimos veinticinco años.

**FIGURA 1.** Ilustración del modelo de Triple Hélice



Fuente: Elaboración propia

Uno de estos cambios reside en el diseño y la creación del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). Se trata de la primera iniciativa a nivel europeo para homogeneizar y compatibilizar los sistemas universitarios de los países miembros de la unión europea que se produce en mayo de 1998, cuando los ministros de educación de Alemania, Francia, Italia y el Reino Unido suscriben en París la denominada Declaración de la Sorbona, proponiendo la iniciación del EEES. Este proceso de armonización de la educación superior en Europa ya se había iniciado en 1997 con la firma del Convenio de Lisboa sobre el reconocimiento de cualificaciones obtenidas en educación superior poniendo de manifiesto

la voluntad decidida de potenciar una Europa del conocimiento en la que la calidad de la educación superior fuera un factor relevante en el incremento de la calidad de vida de la ciudadanía (Montero Curiel, 2010).

El 19 de junio de 1999 mediante la Declaración de Bolonia, 29 países europeos establecieron los fundamentos de un proyecto de carácter intergubernamental para formar un EEES. El nuevo sistema europeo de enseñanza presenta titulaciones más cortas. En primer lugar, el alumnado cursa el denominado título de Grado (primer ciclo), que suprime la anterior división entre diplomaturas y licenciaturas y que pretende facilitar un acceso más rápido y adecuado al mercado laboral. A continuación, puede conseguir los títulos de especialización de postgrado divididos en Máster (segundo ciclo) y Doctorado (tercer ciclo).

La nueva estructura viene acompañada de una profunda renovación de los métodos docentes con la aplicación de un nuevo modelo de enseñanza y aprendizaje.

## 1.2. ADAPTACIÓN AL ESPACIO EUROPEO DE EDUCACIÓN SUPERIOR. INNOVACIÓN DOCENTE EN NIVELES UNIVERSITARIOS: PROYECTOS Y CONTEXTOS PARA INVESTIGAR.

Como se exponía en el apartado anterior, la adaptación al EEES implicó cambios significativos en la educación universitaria, tanto en los contenidos como en la metodología docente.

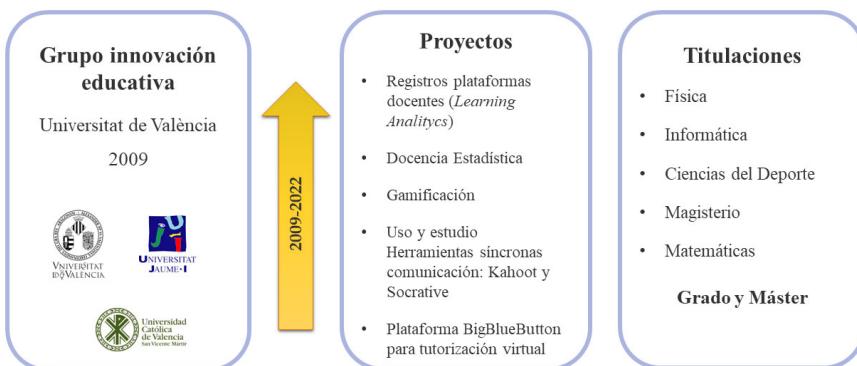
La preparación para la implantación del EEES en España supuso un impulso relevante para la innovación docente. En la Universitat de València se realiza de anualmente una convocatoria de proyectos de innovación docente para desarrollar metodologías docentes innovadoras, lanzar colaboraciones multidisciplinares entre distintas universidades de ámbito nacional o internacional, avanzar hacia la excelencia docente y la mejora continua de la enseñanza universitaria.

Desde el año 2009 el Grupo de Investigación en Metodologías de Enseñanza Colaborativa, Cooperativa y Competitiva liderado por el Departamento de Informática de la Universitat de València conforma una red de investigación educativa junto a la Universitat Jaume I y la

Universidad Católica de Valencia aplicando nuevas metodologías docentes en el ámbito de la enseñanza superior en diferentes asignaturas y titulaciones (Figura 2).

A partir del curso académico 2011-2012, el grupo de innovación se centró en el empleo de nuevas tecnologías en el aula, empezando por el empleo de herramientas de comunicación síncrona y tutorización virtual como Elluminate (Grimaldo y cols., 2011) o BigBlueButton (Grimaldo y cols., 2015), así como el uso de Herramientas de Respuesta de Audiencia (HRA) como Kahoot y Socrative para la resolución de cuestionarios con el objeto de repasar conceptos clave, detectar errores frecuentes cometidos por los estudiantes o contenidos no comprendidos o preparar pruebas escritas (Fuertes y cols., 2016). Asimismo, estas herramientas HRA se han utilizado posteriormente en un entorno de gamificación.

**FIGURA 2.** *Red de Innovación en metodologías docentes colaborativas, cooperativas y competitivas.*



Fuente: Elaboración propia

Esta red ha dado paso a distintos proyectos de innovación liderados por profesorado del Departamento de Didáctica de la Matemática y del Departamento de Informática de la Universitat de València. Se trata de proyectos relacionados con el análisis de los registros de la plataforma Moodle u otros entornos tecnológicos empleados y que han dado origen a distintas publicaciones y comunicaciones realizadas en congresos

docentes (Sanz y cols., 2020; López-Iñesta, García-Costa, y cols., 2020; López-Iñesta y Sanz, 2021; Sanz y López-Iñesta, 2022).

Algunos de estos proyectos son:

- El Dato que hay en ti: Analítica de Datos en Educación aplicada a los entornos de enseñanza-aprendizaje (UV-SFPIE-PID19-1098335).
- BLENDED & DATA-DRIVEN LEARNING: Evidencias basadas en datos para el aprendizaje semipresencial (UV-SFPIE-PID20-1350001).
- Detección de patrones del proceso de enseñanza-aprendizaje en formatos híbridos (UV-SFPIE-PID-1859915).
- De la procrastinación a la planificación: estudio del perfil del alumnado para evitar el abandono temprano (UV-SFPIE\_PIEC-2737017)

Estos proyectos tratan de mostrar que los entornos tecnológicos juegan un papel fundamental al permitir el diseño de diferentes actividades para el seguimiento y evaluación del alumnado, así como la obtención de registros cuyo análisis contribuye al estudio de los patrones de aprendizaje del estudiantado y de la práctica docente. Esto nos permite investigar y reflexionar sobre las posibilidades de aplicación de metodologías docentes en formatos presenciales o semipresenciales mediante las herramientas integradas en plataformas como Moodle y la generación de datos educativos derivados de los procesos de enseñanza-aprendizaje.

En este contexto, es posible plantear preguntas como las siguientes: ¿es posible emplear los datos de las interacciones del alumnado con las plataformas y aplicaciones de enseñanza que se utilizan habitualmente para detectar patrones de aprendizaje? ¿Sería posible usar estos datos para mejorar el rendimiento académico del estudiantado? ¿Resultaría estos datos una buena fuente para implicar al alumnado en el proceso de enseñanza-aprendizaje? ¿Se podría estudiar qué recursos y contenidos funcionan mejor? ¿Se pueden usar los datos recogidos para predecir el éxito o fracaso de un/a estudiante? ¿Es posible reducir el abandono temprano del

alumnado?

Estas cuestiones nos hicieron descubrir que los proyectos de innovación docente pasaban a ser contextos en los que realizar investigación para reflexionar sobre aspectos como:

- a. la adaptación de la docencia y la evaluación empleando plataformas como Moodle en formatos Blended o semipresenciales y
- b. la generación de datos que se producen que se pueden usar en la toma de decisiones (Data-driven) en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Así, por ejemplo, en el mencionado proyecto “BLENDED & DATA-DRIVEN LEARNING: Evidencias basadas en datos para el aprendizaje semipresencial (BDDL)”, el objetivo principal reside en estudiar las evidencias basadas en datos para la aplicación de metodologías de enseñanza y evaluación del alumnado en formato semipresencial en distintos grados universitarios de la Universitat de València.

Este proyecto se enmarca en el contexto de la pandemia debido al virus COVID-19, La comunidad educativa tuvo que realizar un gran esfuerzo a principios del año 2020 para adaptar rápidamente la docencia en formato presencial a una docencia a distancia en todos los niveles educativos que no estuvo exenta de dificultades [3]. Así, las nuevas circunstancias provocaron un cambio en la forma de preparar las clases, evaluar al estudiantado y en general de impartir docencia por parte del profesorado. Asimismo, también generaron un cambio repentino en la manera en la que el alumnado estaba acostumbrado a recibir las clases y a evaluar su conocimiento. Por otro lado, el profesorado tuvo que modificar los programas y temarios de las asignaturas alterando en algunos casos los contenidos, la metodología docente y los porcentajes de evaluación continua y evaluación final. Esto supuso un escenario previo para el pilotaje de metodologías docentes semipresenciales, también conocidas como Blended learning, que usan la enseñanza presencial y la virtual para el curso 2020-2021 y posteriores.

## 1.2. EDULÍTICA

La “edulítica” o la analítica de datos en educación es una cuestión de máxima actualidad en el área de la investigación docente. La incorporación en los últimos años de herramientas y soluciones tecnológicas en los procesos de enseñanza-aprendizaje han dado lugar a múltiples sistemas de gestión del aprendizaje, tutores virtuales y plataformas de gamificación, en algunos casos dotadas de inteligencia artificial. El empleo de estos entornos tecnológicos, no solo se utilizan como repositorio de documentos, ejercicios u otro tipo de recursos al que puede acceder el estudiantado, sino que además se emplean para generar y almacenar grandes cantidades de datos relacionados con el proceso de enseñanza-aprendizaje registrando la interacción estudiante-computador y conformando la traza digital del estudiante.

En este sentido, surge el interés en la analítica de datos en educación que se define como el área que se encarga de medir, recopilar, analizar y presentar datos sobre el alumnado y sus contextos para comprender y optimizar el aprendizaje y los entornos en el que este se produce (Romero y Ventura, 2020). Por ello, en este trabajo se presenta los resultados preliminares de un proyecto de innovación que se torna en proyecto de investigación y que plantea el uso de datos comúnmente disponibles en los entornos virtuales de aprendizaje como Moodle, pero que resultan habitualmente desconocidos para el profesorado. El hecho de tomar decisiones en el proceso de enseñanza-aprendizaje basadas en los datos recogidos en plataformas docentes fomenta el diseño de soluciones que se pueden personalizar para el alumnado. La comprensión de estos datos y la extracción de indicadores es clave para la gestión, la calidad y la investigación docente.

## 2. OBJETIVOS

Dado el contexto expuesto, se plantea como un primer objetivo de este trabajo el estudio de los datos de las interacciones del alumnado de un curso universitario con la plataforma de enseñanza Moodle para detectar patrones de aprendizaje. Como objetivo secundario, se emplean los

datos de las interacciones del alumnado con Moodle para detectar qué recursos y contenidos funcionan mejor, prestando una especial atención a la herramienta de los foros.

### 3. METODOLOGÍA

El escenario planteado por la COVID-19 requirió la adaptación de la asignatura Didáctica de la Aritmética y Resolución de Problemas (DARP) que tiene una carga lectiva de 60 horas y se impartía en dos sesiones semanales de dos horas cada una. Esta materia pertenece al plan de estudios del Grado de Maestra/o en Educación Primaria de la UVEG y está ubicada en tercer curso.

Ante esta situación, las autoras de este trabajo y profesoras encargadas de dos grupos de la asignatura que tenían un total de 72 de estudiantes se plantearon la posibilidad de iniciar una investigación enmarcada en el ámbito del proyecto BDDL.

Todos los grupos de la asignatura DARP siguieron el mismo programa, métodos de evaluación y metodología docente basada en clases magistrales, tutorías y tareas en el aula individuales y grupales hasta el 13 de marzo de 2020, día de la declaración del estado de alarma en el territorio español. En este momento se tuvo que realizar una adaptación de la metodología docente a un formato de enseñanza a distancia o virtual.

La adaptación realizada a estos 72 estudiantes se caracteriza por la impartición de las clases magistrales en línea en el horario habitual de la asignatura de manera síncrona para grupos de máximo 50 estudiantes. Las clases se graban para que el alumnado que no pueda conectarse en ese horario tenga opciones de acceder al contenido impartido en cualquier momento. Se hace uso de las videoconferencias de BBC para impartir las dos sesiones de clase a la semana. Cada sesión tiene una duración de dos horas que la docente prepara para poder impartir la clase con vídeo y micrófono y hacer uso de otras opciones de la herramienta como son el chat grupal o privado, la realización de sondeos o la organización de tareas para que el alumnado trabaje en pequeños grupos. Se trata de simular la situación real que se da en el aula de clase habitual en

la que la profesora va cambiando de grupo para intercambiar preguntas y opiniones sobre alguna tarea propuesta, pero de manera virtual. Para ello, el alumnado puede levantar la mano para intervenir haciendo uso del micrófono y/o la cámara de su ordenador cuando la profesora lo considere.

El alumnado podía acceder al temario y al material complementario a cada uno de los temas mediante los documentos alojados en la plataforma. Los contenidos se explicaban en las sesiones de clase síncrona y además, el alumnado en este modelo de enseñanza emplea otras herramientas disponibles en la plataforma Moodle. Un ejemplo se tiene en los foros, que se utilizan como herramienta de comunicación asíncrona para resolver y comentar dudas y también para realizar actividades que propone la docente en las que son importantes plantear una discusión e intercambiar opiniones. Por otro lado, el alumnado de este grupo realizó distintas tareas propuestas a lo largo del curso y un cuestionario global de la asignatura planteado como un repaso final al terminar el curso.

Como se ha expuesto, la analítica de datos en educación aplicada a los entornos de enseñanza-aprendizaje trata de extraer, procesar y analizar la información que se encuentra tras las trazas digitales obtenidas en sistemas de enseñanza asistida por ordenador, aplicaciones o entornos tecnológicos.

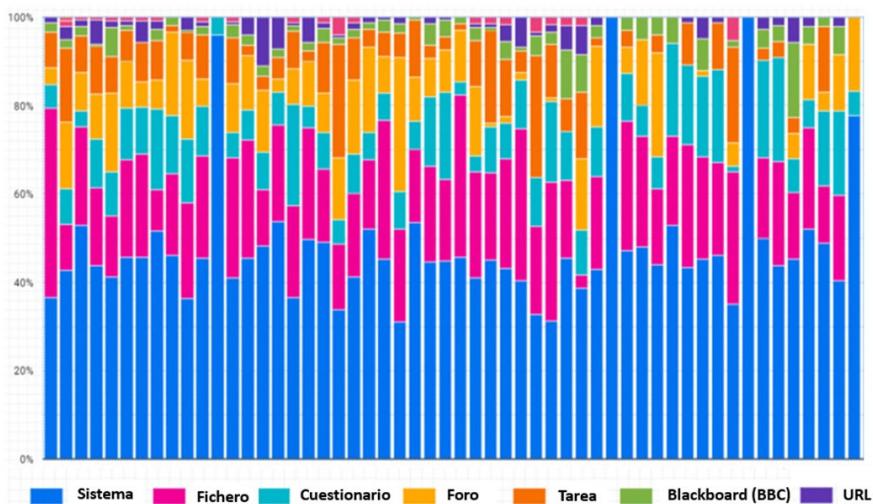
En este trabajo para tener acceso a los registros de Moodle y hacer un análisis de estos, se deben realizar distintas tareas como:

- a. Recogida de los datos disponibles generados a diario por profesorado y alumnado en su interacción con entornos tecnológicos de enseñanza en la enseñanza semipresencial en la asignatura involucrada en el proyecto de innovación docente que se quiere estudiar
- b. Anonimización de los datos
- c. Preprocesado, aplicación de métodos de análisis de datos y extracción de información de los datos obtenidos y detección de patrones de aprendizaje

## 4. RESULTADOS

La analítica de datos en educación aplicada a los entornos de enseñanza-aprendizaje permite analizar en la Figura 3 los registros de Moodle y el porcentaje de acceso por parte del estudiantado al sistema de la plataforma docente y la dedicación a las distintas actividades preparadas en el curso.

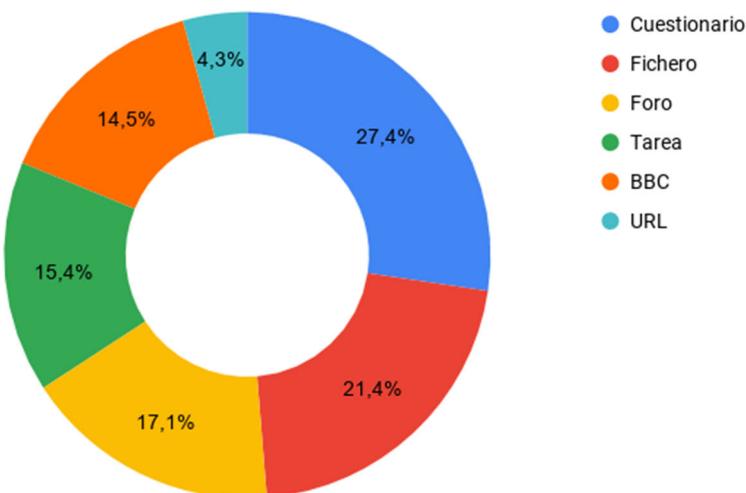
**FIGURA 3.** *Registros de acceso del alumnado a la plataforma docente y a las distintas actividades del curso*



Fuente: Elaboración propia

Para facilitar la comprensión, se filtran los registros del acceso al sistema y nos fijamos en las distintas herramientas de Moodle a las que el alumnado ha accedido más durante el curso en la Figura 4.

**FIGURA 4.** Acceso del alumnado a las distintas herramientas de la plataforma.



Fuente: Elaboración propia

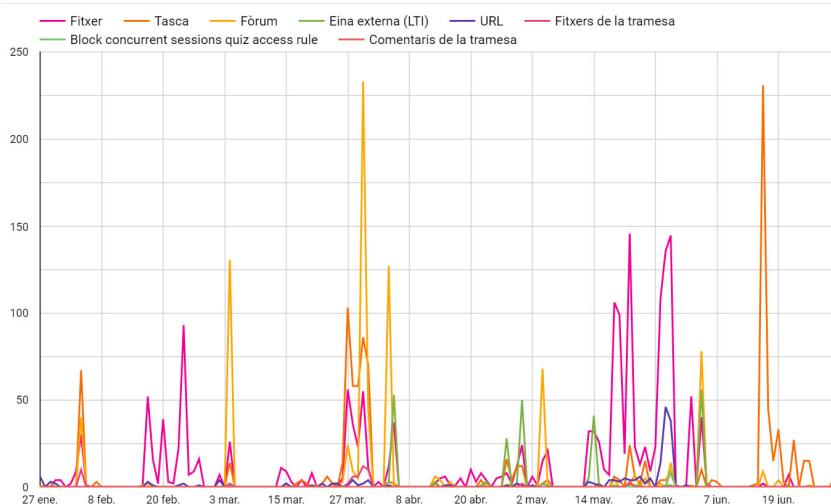
Entre ellas, se tiene la herramienta cuestionario que tiene el porcentaje más alto de acceso (27.4%). Esto se debe a que se realizó un cuestionario previo de conocimientos al alumnado al comenzar el curso en el formato presencial (este también se realizó en el modelo A), un cuestionario global de toda la asignatura para repasar toda la asignatura y por último, el cuestionario de tipo test que se incluía en el examen final. Dado que el temario y las tareas se facilitaban a través de ficheros PDF, se tiene un porcentaje elevado en los registros de la herramienta Fichero (21.4%).

Otro de los recursos utilizados son los foros que tienen registros del 17.1% de los accesos, mientras que la entrega de tareas y la conexión a las sesiones de BBC y sus grabaciones tienen porcentajes similares (15.4% y 14.5%, respectivamente).

Los valores de accesos de las tareas y las conexiones BBC parecen estar en consonancia con el tipo de curso impartido. En el caso de las tareas, debido a la obligatoriedad de la entrega a través de la plataforma y en el caso de las sesiones de BBC, debido a que se trata de alumnado que asiste con asiduidad a las clases presenciales y por tanto, se esperaba este mismo patrón de comportamiento en las sesiones a distancia. Sin

embargo, la participación y el acceso a la herramienta de los foros, nos ha sorprendido debido a que se trata de un recurso docente que se ha tratado de utilizar en otras ocasiones sin éxito, por lo que se realiza un análisis de cómo se ha planteado el uso de la herramienta foros. A lo largo del curso, se plantearon cuatro foros correspondientes a cada uno de los temas impartidos. En la Figura 6, se muestran algunas de las preguntas planteadas relacionadas con el acceso a los números naturales del alumnado de primaria, los principios de conteo, la subitización y estimación de cantidades; además, se muestran una gráfica de la serie temporal donde los picos más altos hasta el 26 de mayo corresponden a los registros de acceso del alumnado a la herramienta foros.

**FIGURA 5.** Serie temporal de los accesos a distintas tareas de Moodle



Fuente: Elaboración propia

Por último, en la Figura 6, se muestran una nube de palabras en la que se muestra el contenido del intercambio de las preguntas y respuestas formuladas por alumnado y profesorado.

**FIGURA 6.** Nube de palabras de los mensajes intercambiados en los foros.



Fuente: Elaboración propia

El tamaño de las palabras corresponde a la frecuencia de uso en los mensajes de los foros. Destacan palabras como principio, pregunta, número, elementos, secuencia, estimación, cardinalidad, manos, dedos, correspondencia, orden, etc. Todos estos términos reflejan el contenido estudiado en la asignatura y las temáticas planteadas.

Uno de patrones que se puede desprender del análisis de los registros del foro en la serie temporal en la Figura 5, es que el alumnado empieza a usar los foros una vez decretado el estado de alarma por la COVID-19, a pesar de que había foros de preguntas y respuestas activados en la plataforma desde inicio de curso y ya había otro foro programado en la asignatura el 3 de marzo de 2020.

Este cambio se debió a que se incluyó la participación en los foros en la evaluación continua y la puntuación dependía de la calidad de las respuestas a las cuestiones planteadas para trabajar el contenido de la asignatura y de la interacción con el resto de estudiantes de su grupo.

De esta situación, es posible deducir en este caso concreto, que una herramienta como el foro que en una situación de enseñanza puramente presencial no se suele utilizar, puede desvelar detalles interesantes sobre la participación, interacción entre estudiantes o número de accesos en el foro. Así se muestra que los resultados de un análisis preliminar de los

datos de las interacciones del alumnado con las plataformas Moodle que sirven para detectar qué recursos y contenidos funcionan mejor y cuáles deberían reforzarse o diseñar y gestionar de otras formas.

## 6. CONCLUSIONES

La integración de las Tecnologías de la Información y Comunicación en las aulas ha impulsado el empleo de entornos tecnológicos de aprendizaje en línea, como los denominados sistemas de gestión de aprendizaje (*Learning Management System*, LMS), los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) o las plataformas de aprendizaje colaborativo asistido por computadora que generan y almacenan grandes cantidades de datos relacionados con el proceso de enseñanza-aprendizaje (Romero y Ventura, 2020) registrando las interacciones estudiante-profesor, estudiante-contenidos y también entre estudiantes y conformando las denominadas trazas digitales que pueden ser grandes aliadas a la hora de evaluar al alumnado o entender mejor sus patrones de rendimiento y modo de estudio.

Los cambios en el ámbito educativo debido a la pandemia del COVID-19 fueron un reto tanto para alumnado como profesorado en el último tramo del curso 2019/2020 al tener que adaptar una docencia planificada como presencial a una docencia a distancia. Esto implicó que, tras unas directrices generales por parte de las diferentes entidades educativas, el cuerpo docente adaptara el modelo presencial a un modelo virtual en función de su bagaje personal y de sus condiciones personales y profesionales.

En este trabajo se presentan algunas reflexiones y resultados preliminares del análisis de los registros almacenados en la plataforma de aprendizaje Moodle en una asignatura de un curso universitario del grado de maestro en educación primaria que se utilizaron para la evaluación continua del alumnado.

Se trata de un proyecto enmarcado en el área de la analítica de datos en educación que trata de aprovechar los datos que a diario se generan de la interacción de estudiantes y docentes en los sistemas de aprendizaje humano-computador.

El análisis de las herramientas que están integradas en Moodle y que han sido utilizadas en los modelos de enseñanza semipresencial, han revelado interesantes aspectos relacionados con la analítica de los datos que se pueden obtener de los registros de los entornos tecnológicos empleados en educación. Se hace notar la cantidad de información que se puede obtener para conocer mejor los hábitos de estudio del alumnado y hacer una valoración de la práctica docente.

Como resultado se tiene que el análisis de los datos generados por Moodle ha revelado interesantes aspectos relacionados con la analítica de los datos. Por un lado, herramientas como el foro, que en una situación de enseñanza puramente presencial no se suelen utilizar, pueden desvelar detalles interesantes sobre la participación, interacción entre estudiantes o número de accesos al mismo. Por otro lado, los resultados de las interacciones del alumnado con la plataforma Moodle sirven para detectar qué recursos y contenidos funcionan mejor y cuáles deberían reforzarse o diseñar y gestionar de otras formas. En particular, los enlaces web y material complementario son los menos visitados y utilizados por el alumnado.

## 7. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto UV-SFPIE\_PIEC-2737017 y el proyecto “AWPSolver: Herramientas para medir la complejidad, las habilidades y el rendimiento en la resolución de problemas aritmético-verbales” financiado por la Generalitat Valencia en las Subvenciones para grupos de investigación Consolidados con código CIAICO/2022/154.

## 8. REFERENCIAS

- Cai, Y., y Etzkowitz, H. (2020). Theorizing the triple helix model: Past, present, and future. *Triple Helix*, 7(2-3), 189–226.
- Etzkowitz, H., y Leydesdorff, L. (1995). The triple helix–university–industry-government relations: A laboratory for knowledge based economic development. *EASST review*, 14 (1), 14–19.

- Fuertes, A., García, M., Castaño, M. A., López, E., Zácares, M., Cobos, M., . . . Grimaldo, F. (2016). Uso de herramientas de respuesta de audiencia en la docencia presencial universitaria. un primer contacto. En *Actas de las XXII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática* (261–268).
- Grimaldo, F., Arevalillo-Hérraez, M., y López-Iñesta, E. (2011). Utilización de una herramienta de comunicación online para la mejora docente. Dos casos prácticos. *JENUI 2011: XVIII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (2011)*, 101–108.
- Grimaldo, F., López Iñesta, E., Arnau, D., Cobos Serrano, M., Ferrís, R., García Pineda, M., . . . Pérez Conde, C. (2015). Disposición del alumnado al uso de herramientas de comunicación síncrona en la docencia universitaria. En *In-red 2015-congreso nacional de innovación educativa y de docencia en red*.
- König, J., Suwala, L., y Delargy, C. (2021). *Helix models of innovation and sustainable development goals*. Springer.
- López-Iñesta, E., García-Costa, D., Grimaldo Moreno, F., Sanz, M. T., Vila-Francés, J., Forte, A., . . . Rueda, S. (2020). Efecto de la retroalimentación orientada al acierto: un caso de estudio de analítica del aprendizaje. En *Actas de las XXVI Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática*.
- López-Iñesta, E., y Sanz, M. T. (2021). Estudio de dos modelos de aprendizaje semipresencial en educación superior. *Latin-American Journal of Physics Education*, 15(1), 17.
- Montero Curiel, M. (2010). El proceso de bolonia y las nuevas competencias / the bologna process and the new skills. *TEJUELO. Didáctica de la Lengua y la Literatura. Educación / TEJUELO. Didactics of Language and Literature. Education*, 9, 19–37.
- Romero, C., y Ventura, S. (2020). Educational data mining and learning analytics: An updated survey. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 10(3), e1355.
- Sanz, M. T., López-Iñesta, E., García-Costa, D., y Grimaldo, F. (2020). Measuring arithmetic word problem complexity through reading comprehension and learning analytics. *Mathematics*, 8(9), 1556.
- Sanz, M. T., & López-Iñesta, E. (2022). Impact of extracurricular factors on the academic performance of university students during the COVID-19 pandemic. *Frontiers in Education*, 7, 991276).

# EL USO DEL PORTAFOLIO COMO HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN INTEGRADORA: PROPUESTA DE INNOVACIÓN EN LA ASIGNATURA INGENIERIA Y SOCIEDAD

---

MARIANA VERÓNICA GONZÁLEZ

*Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Bahía Blanca*

## 1. INTRODUCCIÓN

La asignatura Ingeniería y Sociedad, está situada en el primer cuatrimestre de primer año, es de modalidad cuatrimestral y es homogénea a todas las especialidades de ingeniería que se dictan en la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Bahía Blanca.

Esta asignatura contribuye al desarrollo de habilidades correspondientes a ocho de las diez competencias genéricas propuestas por el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina (CONFEDI) y son las relacionadas a la identificación de problemas de ingeniería, innovación tecnológica, desempeño en equipos de trabajo, comunicación oral y escrita, actuación profesional, aprendizaje autónomo y emprendedorismo.

La planificación de la asignatura se efectúa en diez unidades y se emplea la modalidad de Aprendizaje Activo (AA). En general se presenta una breve exposición del marco teórico de cada uno de los temas, se facilita bibliografía y materiales a través del Aula Virtual y se proponen actividades prácticas a través de estudios de caso, redacción de informes técnicos, juegos de rol, creación mapas mentales, desarrollo de documentos compartidos, etc. Por este motivo, el estudiante al finalizar el cursado cuenta con una vasta producción de trabajos prácticos entregables de modo digital en diversos formatos y a través del Aula Virtual de la

asignatura. Las producciones de los estudiantes se evalúan de modo continuo a lo largo del cuatrimestre y luego como evaluación final se propone la elaboración de una reflexión personal sobre la integración de todos los temas vistos durante el cursado, acompañada de un mapa mental (Actividad Final Integradora - AFI). Dado que para elaborar esta producción final el estudiante requiere haber compilado los trabajos elaborados a lo largo del cuatrimestre, sería óptimo contar con ellos en un único espacio que permita tener un acceso inmediato a los mismos.

De este modo elaborar un portafolio individual que reúna las actividades desarrolladas durante el cuatrimestre facilitaría, al docente, la evaluación de los estudiantes y, al estudiante, observar su progreso gradualmente. Este trabajo presenta una propuesta de innovación para ser implementada en la cátedra Ingeniería y Sociedad, indagando sobre el uso de portafolios educativos como herramienta de evaluación continua.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO PRINCIPAL

- Elaborar una propuesta de implementación del portafolios en el aula, identificando las evidencias a ser implementadas en el portafolios y definiendo un modelo de herramienta para su evaluación.

### 2.2. OBJETIVOS SECUNDARIOS

- Implementar el uso de un portafolio educativo como herramienta de evaluación integradora.
- Favorecer al estudiante la comprensión de la integración de los temas desarrollados en la asignatura.
- Organizar los resultados de las actividades prácticas.
- Facilitar al docente la evaluación continua del progreso del estudiante.

### 3. METODOLOGÍA

Se analiza la conformación de la asignatura en cuanto a los objetivos de la misma, cuáles son los temas abordados a lo largo del cuatrimestre, la descripción de la metodología de enseñanza propuesta para cada uno de los temas y sus modalidades de evaluación.

Se realiza una búsqueda bibliográfica en cuanto al uso de portafolios en general y las experiencias del uso de portafolios con finalidad evaluativa en el nivel superior en particular.

Asimismo, se indaga sobre diversos formatos de portafolios digitales y herramientas de uso abierto para su incorporación en el aula.

De este modo se plantea una propuesta concreta para la implementación del uso de la herramienta en la asignatura Ingeniería y Sociedad, comisión 13, de la Facultad Regional Bahía Blanca de la Universidad Tecnológica Nacional.

### 4. RESULTADOS

La asignatura Ingeniería y Sociedad se ha implementado en la Universidad Tecnológica Nacional en el año 1995 y pertenece al área de Ciencias Sociales. Esto surge como resultado de los procesos de reforma en los diseños curriculares de las Ingenierías en las que se incorporaron asignaturas similares, como Introducción a la Ingeniería, con el propósito de brindar una enseñanza de la profesión más contextualizada y permitir a los futuros profesionales comprender las vinculaciones sociales, culturales, económicas y ambientales de la profesión (Ferrando, 2021).

En el caso de la cátedra de Ingeniería y Sociedad, comisión 13, de la Facultad Regional Bahía Blanca, la planificación de la asignatura, enmarcada en una última actualización curricular efectuada en 2023, desarrolla el programa a partir de las siguientes unidades:

1. Introducción a la Ingeniería
2. La Argentina y el mundo actual. Políticas de desarrollo nacional y regional

3. Conocimiento y pensamiento científico
4. Ciencia, tecnología y desarrollo
5. Problemas sociales contemporáneos
6. Emprendedorismo
7. Parques industriales
8. Inclusión, género y diversidad en ingeniería
9. Ética profesional
10. Integración de saberes de la asignatura

En general se presenta una breve exposición del marco teórico de cada uno de los temas, se facilita bibliografía y materiales a través del aula virtual y se proponen actividades prácticas, tal como muestra la siguiente tabla:

**TABLA 1. Unidades de enseñanza y actividades prácticas**

<i>Unidad</i>	<i>Actividad práctica</i>
U1: Introducción a la ingeniería. Definición. Historia.	AP1: Actividad inicial de integración: Línea de tiempo
U2: La Argentina y el mundo actual. Políticas de desarrollo nacional y regional.	AP2: Sistemas sociotecnológicos
U3: Conocimiento y pensamiento científico	AP3: Conocimiento y pensamiento científico
U4: Ciencia, tecnología y desarrollo	
U5: Problemas sociales contemporáneos	AP4: Problemas sociales contemporáneos
U6: Emprendedorismo	AP5: Emprendedorismo
U7: Parques industriales	AP6: Parques industriales
U8: Inclusión, género y diversidad en ingeniería	AP7: Ética profesional
U9: Ética profesional	
U10: Integración de saberes de la asignatura	AP8: Actividad final de integración

Fuente: elaboración propia

Cada una de estas actividades presenta un formato particular y se desarrolla en base a diversas propuestas metodológicas: estudios de caso, redacción de informes técnicos, juegos de rol, creación mapas mentales, uso de documentos compartidos, etc. tal como se muestra en la siguiente tabla:

**TABLA 2. Estrategias de enseñanza y modalidad de evaluación**

Actividad práctica	Estrategia de enseñanza	Modalidad de evaluación
AP1: Actividad inicial de integración: Línea de tiempo	<i>Think pair share</i>	Oral Heteroevaluación
AP2: Sistemas sociotecnológicos	Desarrollo de informes técnicos	Escrita Heteroevaluación y coevaluación
AP3: Conocimiento y pensamiento científico	Entrevistas y desarrollo de un informe escrito	Escrita Heteroevaluación
AP4: Problemas sociales contemporáneos	Puzzle Redacción de documentos colaborativos Cuarto de escape virtual Mapa mental	Oral y escrita Heteroevaluación y coevaluación
AP5: Emprendedorismo	Juego de rol en equipo	Oral Heteroevaluación
AP6: Parques industriales	Participación en un foro de preguntas abiertas	Escrita Heteroevaluación y coevaluación
AP7: Ética profesional	Caso: Juego de rol individual Debate Análisis del código de ética prof.	Oral Heteroevaluación y coevaluación
AP8: Actividad final de integración	Ensayo reflexivo Mapa mental	Escrita Heteroevaluación

Fuente: elaboración propia

Este modo de llevar adelante el desarrollo de la asignatura, a través de la realización de actividades en diversos formatos y modalidades y de complejidad creciente, permite que el estudiante se involucre y sea partícipe de su propio proceso de aprendizaje.

Así, lo importante y principal es lo que el estudiante hace para aprender, el protagonista de su formación y de este modo el docente es un facilitador que desde su conocimiento y experiencia (tanto docente como profesional) promueve a través del diseño de estrategias, las acciones necesarias para que el estudiante construya su propio conocimiento. Es importante, además, la participación activa de los estudiantes en el desarrollo de estas acciones a través de un aprendizaje activo que facilite la reflexión sobre la experiencia, enfocada en problemas de interés social. (Cukierman, 2018).

En el caso de la asignatura Ingeniería y Sociedad, comisión 13, el desarrollo de las actividades promueve el enfoque, reflexión y resolución de problemas de interés social a partir de la propuesta de diversas actividades, las

cuales se realizan desde el primer día de clases de modo colaborativo.

La implementación de estas actividades académicas promueve cambios en el proceso actual de enseñanza- –aprendizaje, con el objeto de desarrollar una formación que integre el compromiso social, la responsabilidad profesional y el medio ambiente. La construcción del conocimiento sobre la relación ambiente-tecnología y la formación de competencias, incorpora en una mayor sensibilización los futuros profesionales, quienes ejercerán no sólo como gestores sino también como tomadores de decisión frente a los nuevos desafíos de su futuro laboral. (Sartor, 2012).

Desde los primeros años de la formación universitaria de los Ingenieros, se debe enfocar el desarrollo de nuevas competencias, lo que puede facilitarse con la aprehensión de los problemas situados en el territorio donde el futuro profesional puede descubrir y otorgar sentido a la complejidad de los mismos, así como iniciar una construcción de una perspectiva racional y epistemológica que le permita estudiar su relación con las demás dimensiones del desarrollo. Formar profesionales autónomos, con pensamiento crítico, capaces de trabajar en la interculturalidad, sensibilizados en los problemas colectivos etc., requiere que la etapa universitaria sea la incubadora, donde los procesos y actividades académicas se desenvuelvan en condiciones que favorezcan el desarrollo de las competencias que requerirá para su futuro desarrollo profesional (Sartor, 2018).

De este modo, se pretende que los estudiantes desarrollen ocho de las diez competencias genéricas propuestas por el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina (CONFEDI). Estas competencias corresponden mayormente a la identificación de problemas de ingeniería, innovación tecnológica, desempeño en equipos de trabajo, comunicación oral y escrita, actuación profesional, aprendizaje autónomo y emprendedorismo.

En cuanto al concepto del diseño curricular basado en competencias o educación basada en competencias, asimismo como el término competencia, éstos se incorporan al ámbito educativo desde el ámbito profesional en donde se produce la necesidad de un acercamiento entre la formación obtenida y acreditada y el puesto laboral (Mastache, 2007).

Se pretende asimismo en la asignatura que las actividades propuestas se acerquen lo mejor posible a situaciones reales que pueden ser observadas

en el ámbito laboral de la ingeniería. De este modo se promueve que el estudiante asuma un rol protagónico en el que debe percibirse como un futuro profesional en formación.

La tabla siguiente muestra la relación entre las competencias trabajadas y su vinculación con cada unidad temática.

**TABLA 3. Competencias genéricas desarrolladas**

Unidad	Competencias genéricas									
	Tecnológicas					Sociales, políticas y actitudinales				
	CG1	CG2	CG3	CG4	CG5	CG6	CG7	CG8	CG9	CG10
U1: Introducción a la ingeniería. Definición. Historia.						x	x		x	
U2: La Argentina y el mundo actual. Políticas de desarrollo nacional y regional.				x		x	x		x	
U3: Conocimiento y pensamiento científico						x	x		x	
U4: Ciencia, tecnología y desarrollo						x	x		x	
U5: Problemas sociales contemporáneos	x			x	x	x	x	x	x	x
U6: Emprendedorismo	x			x	x	x	x	x	x	x
U7: Parques industriales						x	x		x	
U8: Inclusión, género y diversidad en ingeniería								x	x	
U9: Ética profesional						x	x	x	x	
U10: Integración de saberes de la asignatura							x	x	x	

CG1: Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería  
 CG2. Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería

CG3. Gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería

CG4. Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería

CG5. Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas

CG6. Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo

CG7. Comunicarse con efectividad

CG8. Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad

CG9. Aprender en forma continua y autónoma

CG10. Actuar con espíritu emprendedor

Fuente: elaboración propia

Como puede observarse en las tablas anteriores, las actividades desarrolladas son numerosas y dan como resultado diversos formatos de

entregables. Al finalizar el cuatrimestre, y para alcanzar la aprobación de la asignatura, los estudiantes deben elaborar una producción final para la cual se requiere haber compilado los trabajos elaborados a lo largo del cursado. Si bien todos los entregables se presentan en formato digital a través del aula virtual, en la misma, las entregas se organizan por actividad y no por estudiante, por lo que contar con ellos en un único espacio que permita tener un acceso inmediato a los mismos facilitaría, al docente, la evaluación de los estudiantes y, al estudiante, observar su progreso gradualmente.

De este modo un portafolio podría ser la herramienta que permita la compilación de los trabajos desarrollados durante el cursado.

Teniendo su origen en el ámbito profesional, el uso del portafolio fue iniciado por profesionales buscando evidenciar los mejores trabajos o productos en el mercado laboral. Aunque en la actualidad, el portafolio de aprendizaje tiene también este objetivo, resulta ser una producción compleja que integra mucho más que las prácticas de los estudiantes ya que permite, entre otros, realizar un seguimiento continuo de las actividades y a partir de allí, facilitar la evaluación de las mismas (Trejo González, 2019).

Experiencias sobre el uso de portafolios en educación, muestran que los estudiantes cumplen con las tareas asignadas y que esto les permite progresar en la adquisición de competencias. Además, la construcción del portafolio los motiva a reflexionar y analizar lo que se ha logrado a medida que se colectan y recogen los documentos para archivar o entregar (Agostini, 2015).

Así, para continuar con la modalidad de presentación digital de los resultados de las actividades prácticas, se propone la implementación de un portafolio digital de acceso abierto para el docente que permita integrar la totalidad de las evidencias alcanzadas a lo largo del cursado.

En cuanto a las herramientas para el diseño, construcción y edición de un portafolio digital en entornos educativos, si bien existen aplicaciones de diversos tipos y alcances, se pueden distinguir cuatro tipos: programas de edición digital, de diseño web, de gestión de portafolios y de gestión

contenidos multimedia (Trejo González, 2019).

A fin de seleccionar alguna de ellas se prioriza que la aplicación a ser utilizada sea de uso abierto y gratuito y adaptable a las necesidades educativas de los usuarios, en este caso, los estudiantes. Por esto, se propone como herramientas a ser implementada el entorno Office 365 o el Google. Éstos permiten, en su versión gratuita, disponer de diversos recursos tecnológicos con fines administrativos, de diseño, de comunicación y de investigación.

Así, ambas plataformas facilitan la creación y organización de documentos multimedia en una interfaz moderna que resultan de fácil comprensión para su uso.

Tanto en Office 365, a través de la aplicación Sway, como en Google, a través de la aplicación Blog, es posible crear contenido en formato de presentación para vincular allí y compartir las evidencias generadas en diversos formatos como Word, Excel, PDF, Power Point, etc.

A continuación, se muestra para cada actividad práctica, los entregables asociados junto a su formato de presentación:

**TABLA 4. Resultados de las actividades prácticas**

Actividad práctica	Entregable	Formato de presentación
AP1: Actividad inicial de integración: Línea de tiempo	Línea de tiempo	Imagen .png / .jpg / .pdf
AP2: Sistemas sociotecnológicos	Informe técnico	Documento escrito .doc / .docx
AP3: Conocimiento y pensamiento científico	Informe de entrevista	Documento escrito .doc / .docx
AP4: Problemas sociales contemporáneos	Apuntes colaborativos Mapa mental	Documento compartido e Imagen Google Docs y .png / .jpg / .pdf
AP5: Emprendedorismo	Presentación oral	-
AP6: Parques industriales	Producción escrita en el foro	-
AP7: Ética profesional	Respuesta a encuesta Participación en debate	Formulario de Google Forms
AP8: Actividad final de integración	Informe escrito Mapa mental	Documento escrito e Imagen .doc / .docx y .png / .pdf

Fuente: elaboración propia

En cuanto a los entregables, como puede observarse en el cuadro anterior, todos los formatos permiten su fácil vinculación a través de las plataformas. No obstante, algunos casos obligan a repensar el modo de presentación de los mismos. Por ejemplo, en el caso de la presentación de documentos escritos en formato editable, durante el cursado se sugiere la presentación en .doc o .docx dado que se pretende que el estudiante incorpore la utilización de revisores de texto y de este modo es que se realizan las devoluciones de los escritos por parte de los docentes. Así, se intercambian tantas revisiones del documento como sea necesario, hasta que luego de las correcciones por parte de los estudiantes, el resultado sea el óptimo. Así, la presentación a través del aula virtual permite no sólo el intercambio de documentos, sino también el registro de presentación de las actividades en los plazos acordados. Luego, una vez alcanzado el documento final aprobado, el mismo podrá ser incorporado al portafolio en formato .pdf.

Asimismo, otras actividades requieren de la revisión de su formato de presentación, dado que no tienen asociado un entregable de vinculación directa en el portafolio. Es el caso de aquellas actividades que se realizan a través de aplicaciones virtuales, por ejemplo, la elaboración de una línea de tiempo como primera actividad de integración en la unidad Introducción a la Ingeniería. Allí los estudiantes presentan la misma ante sus compañeros, de modo oral, utilizando como soporte una imagen proyectada y luego comparten la misma en la aplicación Mural. De este modo un documento de imagen con la captura de pantalla o el vínculo de acceso a la aplicación podría ser compartido en el portafolio y contar como evidencia de la realización de la actividad. Otro ejemplo es la actividad del cuarto de escape, correspondiente a la unidad Problemas Sociales Contemporáneos en la que, a través de las respuestas a preguntas presentadas en diversos formatos, el estudiante debe escapar del cuarto en el menor tiempo posible. Una vez alcanzado el desafío, la aplicación le muestra un certificado que así lo acredita, el cual, como formato de imagen, junto al registro del tiempo necesario para resolver la prueba, podría ser evidencia a ser incorporada en el portafolio. Por último, como ejemplo en el uso de diversas aplicaciones, la elaboración de apuntes compartidos en Google Docs, tal es el caso de la actividad práctica

relacionada a Cambio Climático en la unidad Problemas Sociales Contemporáneos, o el juego de rol a través de la respuesta a los formularios Google Forms en la unidad de Ética profesional, si bien no están asociados a un entregable, un vínculo de acceso al documento desde el portafolio, podría ser la acreditación de haber realizado la actividad.

En cuanto a la participación en las actividades que no tienen presentaciones de tipo escrito (ya sea texto o imagen) como es el caso de la participación en el foro sobre Parques Industriales o en el juego de rol sobre Emprendedorismo, el cual se realiza a partir de la presentación oral de un proyecto, se requerirá la implementación de otras modalidades de registro para ser incorporadas en el portafolio. En el primer caso un documento de imagen con la captura de participación en el foro y en el segundo caso, el registro fotográfico del momento de la presentación del proyecto ante el jurado evaluador podría ser un entregables a ser incorporados en el portafolio.

En cuanto a la evaluación de las actividades, se utiliza una rúbrica diseñada especialmente para cada una de ellas. El resultado de las rúbricas también deberá ser incorporado en el portafolio como evidencia. El formato para su presentación podría ser implementado a través de una hoja de cálculo de Excel.

De este modo, todas las actividades tendrán asociado al menos un entregable a ser incorporado en el portafolio. Esto permitirá al estudiante un proceso reflexivo a medida que avanza en su aprendizaje a lo largo del cuatrimestre dado que reunir en un único sitio sus producciones le permitirá visualizar no sólo la trayectoria realizada sino también la vinculación entre los distintos temas alcanzados por la asignatura.

Asimismo, reunir en un único sitio las evidencias motivando ese proceso reflexivo, facilitará el desarrollo de la actividad final de integración. En esta actividad los estudiantes deben de modo individual, elaborar una reflexión personal sobre la integración de todos los temas vistos durante el cursado, presentando este resultado de modo escrito en un documento de tipo ensayo. Asimismo, deben elaborar un mapa mental en el que se muestren esas vinculaciones y presentarlo en formato imagen. En cuanto a su evaluación, la misma se realiza también a través de una

rúbrica diseñada a tal efecto en la que se incorporan como criterios de evaluación: búsqueda de información, selección de fuentes de información, análisis de la información, integración de los temas abordados en el cursado de la asignatura, exposición de ideas, argumentación de la producción escrita, expresión escrita y redacción, diseño del mapa mental, uso de herramientas informáticas y presentación a través del aula virtual. En esta rúbrica los niveles utilizados en la escala de evaluación se consideran como: regular, bueno, muy bueno y excelente.

Es importante señalar que todos estos registros, el documento escrito correspondiente al ensayo reflexivo de la actividad final de integración y la imagen del mapa mental como entregables de la actividad y la rúbrica como instrumento de evaluación serán incorporados en el portafolio.

Asimismo, el propio diseño, edición y armado del portafolio constituye una actividad a ser evaluada por lo que se requerirá de la confección de un instrumento que defina criterios y niveles que reflejen la evaluación integral de la asignatura en su conjunto.

## 5. DISCUSIÓN

De acuerdo a las experiencias investigadas en el uso de portafolios en educación universitaria, la implementación de esta herramienta podría facilitar en el caso de la asignatura Ingeniería y Sociedad, comisión 13, de la Facultad Regional Bahía Blanca de la Universidad Tecnológica Nacional, la evaluación integral de los aprendizajes de los estudiantes de modo continuo.

Implementar el uso de un portafolio educativo en formato virtual y que pueda ser compartido de modo abierto con el docente, representará una evidencia para la evaluación continua del estudiante. Por supuesto, esta evaluación debería ser instrumentada a través de una rúbrica que permita visualizar el avance gradual del estudiante en su proceso de aprendizaje, tomando como criterios de evaluación el alcance de las competencias que pretenden desarrollarse en la asignatura. De este modo, se permite contar con una herramienta que facilite al docente visualizar el logro de cada estudiante al finalizar la asignatura.

La tarea de compilar los resultados en un portafolio, diseñando el mismo con un sentido y criterios definidos a priori, permitirá a los estudiantes elaborar una integración de los temas vistos durante el cursado, esto permite reflexionar sobre los avances y logros individuales y en equipo y pensar de modo crítico en su propio proceso de aprendizaje.

Por otro lado, contar con los entregables de las actividades prácticas compilados en un único sitio en formato digital, facilitaría la organización de las presentaciones y, por lo tanto, la evaluación continua del progreso del estudiante.

La reunión de las evidencias en un único sitio, organizadas por el mismo estudiante, facilitará al docente la evaluación continua en cuanto a que el diseño del portafolio reflejará la evolución en la comprensión de los contenidos de la asignatura y el desarrollo de habilidades.

## 7. AGRADECIMIENTOS

La autora agradece a la Mg. Ing. Aloma Sartor por el aporte desinteresado de numerosos materiales didácticos (apuntes de cátedra, diseño de actividades prácticas, etc.) implementados en la asignatura. Agradece además a los docentes integrantes de la cátedra: Mg. Rafael Omar Cura y Esp. Carolina Anahí Basterra del Vall Iturria por la participación en la elaboración de las guías de aprendizaje de Conocimiento y pensamiento científico y Emprendedorismo, respectivamente y en la evaluación de las actividades prácticas en general.

## 8. REFERENCIAS

Agostini, M. (2015). *Aprendizaje reflexivo en la carrera de medicina: un estudio acerca del portafolio en la adquisición de competencias profesionales*. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Teseo; Universidad Abierta Interamericana. ISBN 978-987-723-022-2

CONFEDI (2018). *Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de Ingeniería en la República Argentina*. Universidad UFASTA Ediciones, 2018.

- Cukierman, U. (2018). *Aprendizaje centrado en el estudiante: un enfoque imprescindible para la educación en ingeniería*. En CONFEDI y ACOFI. Aseguramiento de la calidad y mejora de la educación en ingeniería: experiencias en América Latina, 27-39. Bogotá, D.C. Colombia: Opciones Gráficas Ed. Ltda.
- Ferrando, K. (2021). *El portafolio como instrumento de evaluación desde un enfoque centrado en el estudiante. El caso de Ingeniería y Sociedad en UTN - FRA*. Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería.
- Mastache, A. (2007). *Formar personas competentes. Desarrollo de competencias tecnológicas y psicosociales*. Buenos Aires, Argentina: Novedades Educativas.
- Sartor, A. et al. (2012). *El ingeniero como actor ambiental. El abordaje de la dimensión ambiental desde la currícula*. WEEF Foro Mundial de Educación en Ingeniería. Buenos Aires, Argentina: edUTecNe.
- Sartor, A. et al. (2018). *Tecnología y ambiente. Oportunidad de formación de competencias en carreras de ingeniería*. Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería.
- Trejo González, H. (2019). *Recursos digitales para la elaboración de e-portafolios educativos*. Sincronía, núm. 75, 328-362.

## INNOVACIÓN DOCENTE EN FISIOTERAPIA ONCOLÓGICA A TRAVÉS DE LA TELEREHABILITACIÓN: UNA PROPUESTA DE AVANCE EDUCATIVO

---

ANA BELÉN ROMOJARO RODRÍGUEZ

*Hospital Universitario Ramón y Cajal. Universidad de Alcalá.*

### 1. INTRODUCCIÓN

Desde hace años se está registrando un aumento exponencial de casos de cáncer en el mundo. Se diagnosticaron cerca de 19,3 millones de nuevos cánceres en 2020 y se prevé que habrá 30,2 millones de casos nuevos en 2040, según la *International Agency for Research on Cancer*. En paralelo, también ha aumentado la supervivencia de los pacientes y su calidad de vida.

La mayoría de las personas que viven con y después del cáncer experimentarán una función física y cognitiva comprometida debido a los tratamientos contra el cáncer y los efectos secundarios (Miller KD et al., 2016; Fitzmaurice et al., 2017). El impacto negativo de la morbilidad relacionada con el tratamiento del cáncer es identificable en muchos tipos diferentes de cáncer (Downing et al., 2019; Bayly et al., 2016), que impacta múltiples sistemas corporales (Mohan et al., 2018; Cormier, 2010) y dominios de función (Neo et al., 2017; Pendergrass, 2018) y abarca la trayectoria de la vida de los individuos durante y después de tratamientos médicos activos (Winters-Stone et al., 2017; Syed et al., 2016).

Las intervenciones de rehabilitación y ejercicio reducen el impacto negativo de los síntomas relacionados con el tratamiento y mejoran la función de las personas que viven con y después del cáncer (Smith et al.,

2020; Galvão et al., 2018). A pesar de la creciente evidencia y recomendaciones para una mejor integración de la rehabilitación en la atención oncológica Mina (2018) y el *National Academies of Sciences Engineering, and Medicine, Health and Medicine Division, Board on Health Care Services, & National Cancer Policy Forum*, (2018) hablan de la rehabilitación como un servicio relativamente infrautilizado (Cheville et al., 2009).

Según Ana Serrano, presidenta de la Comisión de Fisioterapia Oncológica y Cuidados Paliativos del Colegio Profesional de Fisioterapeutas de la Comunidad de Madrid: “La Fisioterapia Oncológica previene, trata, recupera o mantiene las secuelas de los pacientes con cáncer. Actúa en todas las etapas de la enfermedad: antes del tratamiento, en el diagnóstico, en el tratamiento oncológico y durante toda la vida del paciente después de haber superado el cáncer”.

En 2017, la Organización Mundial de la Salud (OMS) inició Rehabilitación 2030, una llamada a la acción para promover el acceso global a la rehabilitación de alta calidad como servicio de atención médica esencial para personas con enfermedades no transmisibles (Gimigliano & Negri, 2017). El objetivo de la iniciativa es crear un paquete de intervenciones de rehabilitación que fortalecerá los sistemas de salud para brindar servicios de rehabilitación a través de una mejor conciencia y accesibilidad a los recursos para mejorar la salud de la población (Krug & Cieza, 2019). Dados los efectos agudos, persistentes y tardíos del cáncer y sus tratamientos asociados, la OMS designó la oncología como un área prioritaria para esta iniciativa. Para este proyecto, la OMS estableció un Grupo de Trabajo Técnico (GTT) en 2019, realizando una revisión sistemática de las guías de práctica clínica en oncología y rehabilitación de acuerdo con una metodología estandarizada para desarrollar el Paquete de Intervenciones de Rehabilitación (Rauch et al., 2019).

Tras la revisión del texto completo, las directrices incluidas se dividieron en dos categorías. Las directrices de categoría A fueron aquellas que proporcionaron recomendaciones para evaluaciones e intervenciones de rehabilitación específicas. Las directrices de categoría B fueron aquellas que respaldaban la derivación a servicios de rehabilitación, pero no

tenían recomendaciones discretas adicionales para la evaluación o las intervenciones. Resumiré a continuación las directrices de las primeras.

### 1.1. DIRECTRICES DE CATEGORÍA A:

#### 1.1.1. Cáncer de mama

La *American Cancer Society/American Society of Clinical Oncology Breast Survivorship* (Runowicz et al., 2016) estableció la intervención de rehabilitación en caso de fatiga, alteración de la salud musculoesquelética, linfedema y/o dolor. Se les recomendó realizar actividad física regular de acuerdo con las pautas de la ACS, específicamente: (a) evitar la inactividad y regresar a las actividades diarias normales lo antes posible después del diagnóstico (b) intentar realizar al menos 150 minutos de ejercicio aeróbico moderado o 75 minutos de ejercicio aeróbico vigoroso por semana y (c) incluir ejercicios de entrenamiento de fuerza al menos 2 días por semana y enfatizar el entrenamiento de fuerza para mujeres tratadas con quimioterapia adyuvante o terapia hormonal. La *Society for Integrative Oncology Integrative Therapies in Breast Cancer* (Greenlee et al., 2017) recomendó yoga, masaje y relajación y para el linfedema se puede considerar la terapia con láser de baja intensidad, el drenaje linfático manual y los vendajes de compresión.

#### 1.1.2. Cáncer de próstata.

La *American Cancer Society Prostate Survivorship* (Skolarus et al., 2014) promueve la consulta a un fisioterapeuta para la rehabilitación del suelo pélvico y como mínimo, instruir a los sobrevivientes sobre los ejercicios de Kegel. Les aconseja que realicen al menos 150 minutos por semana de actividad física, esto puede incluir ejercicios con pesas.

El *National Institute for Health and Care Excellence* (Duffy et al., 2014) recomienda ofrecer a las personas que están iniciando o recibiendo terapia de privación de andrógenos, ejercicio aeróbico y de resistencia supervisado al menos dos veces por semana durante 12 semanas para reducir la fatiga y mejorar la calidad de vida. Los tratamientos conservadores incluyen: estrategias de afrontamiento, reeducación de los músculos del suelo pélvico y reentrenamiento de la vejiga.

### 1.1.3. Cáncer de cabeza y cuello

Para la *American Cancer Society Head and Neck Survivorship* (Cohen et al., 2016) los médicos de atención primaria deben derivar a los sobrevivientes con parálisis del nervio espinal accesorio, después de una disección radical del cuello, a un especialista en rehabilitación para mejorar el rango de movimiento y la capacidad para realizar las tareas diarias. Deben consultar a un especialista en rehabilitación para un tratamiento neuromusculoesquelético integral si se encuentra disfonía cervical o neuropatía y para mejorar el dolor, la discapacidad y el rango de movimiento cuando existe morbilidad en el hombro.

Consultarán a especialistas en rehabilitación y profesionales dentales para prevenir el trismo y tratarlo tan pronto como se diagnostique. Se remitirá a las personas que tienen linfedema e hinchazón facial para recibir tratamiento.

### 1.1.4. Cáncer de tiroides

La *American Thyroid Association Anaplastic Thyroid* (Smallridge et al., 2012) recomienda remitir a un equipo integral de cuidados paliativos con experiencia en el manejo del dolor y el control de los síntomas. También la rehabilitación del manejo de la voz, incluida la evaluación de la movilidad de las cuerdas vocales y las intervenciones de restauración de la voz para todos los individuos después de la cirugía.

### 1.1.5. Supervivencia en todos los tipos de cáncer

La Red Nacional Integral de Cáncer (NCCN), aborda ampliamente la supervivencia en todos los tipos de cáncer.

Recomienda una evaluación anual de todos los sobrevivientes para determinar las necesidades y las intervenciones necesarias. Esto debería incluir la evaluación de:

- Estado actual de la enfermedad
- Estado de desempeño funcional
- Uso de medicamentos
- Comorbilidades

- Historia previa de tratamiento del cáncer.
- Historia familiar
- Factores psicosociales
- Peso y comportamiento de salud.
- Función cognitiva: evaluar con escala estandarizada
- Fatiga - Evaluar con escala analógica visual
- Linfedema: evaluar los síntomas subjetivos y las medidas objetivas de las extremidades y la movilidad funcional
- Síntomas relacionados con hormonas en mujeres: evaluar síntomas vasomotores, sequedad vaginal, disfunción sexual, alteración del estado de ánimo, disfunción cognitiva, fatiga, artralgia/mialgia
- Dolor: evaluar el síndrome de dolor con una escala analógica visual
- Dormir
- Comorbilidades
- Medicamentos
- Síntomas vasomotores
- Horario de sueño/vigilia o registro/diario de sueño
- Revisar la ingesta de cafeína
- Evaluar el dolor
- Evaluar la fatiga
- Evaluar el horario de trabajo
- Evaluar las estrategias de afrontamiento actuales.

Esta guía ofrece recomendaciones para la derivación a rehabilitación basadas en la presentación de síntomas y los umbrales de gravedad de los síntomas, y recomendaciones de intervención para muchos síntomas comunes, incluidos dolor, fatiga, síntomas relacionados con hormonas en hombres y mujeres, y linfedema, y para deficiencias negativas impactando la función cognitiva, la función sexual y el sueño.

## 1.1.6. Intervenciones de rehabilitación a realizar

### 1.1.6.1. Función cognitiva:

- Considerar la meditación, el yoga, la reducción del estrés basada en la atención plena y el entrenamiento cognitivo.
- Recomendar actividad física diaria.

### 1.1.6.2. Fatiga:

- Asesoramiento al paciente/familia para la conservación de energía y el autocontrol.
- Recomendaciones para mantener un nivel adecuado de actividad física.

### 1.1.6.3. Linfedema:

- Prendas de compresión.
- Entrenamiento de resistencia progresiva bajo supervisión.
- Drenaje linfático manual.
- Ejercicios de rango de movimiento.

### 1.1.6.4. Síntomas relacionados con las hormonas en las mujeres:

- Acupuntura.
- Actividad física y ejercicio.
- Modificación del estilo de vida.
- Terapias integrativas (yoga, terapias cognitivo-conductuales).

### 1.1.6.5. Síntomas relacionados con las hormonas en los hombres:

- Acupuntura.
- Actividad física y ejercicio.
- Modificación del estilo de vida.
- Terapias integrativas (yoga, terapias cognitivo-conductuales).

#### 1.1.6.6. Síndromes del dolor:

##### 1.1.6.6. 1. Dolor post-amputación:

- Desensibilización.
- Terapia de espejo.
- Terapias cognitivas.

##### 1.1.6.6. 2. Dolor post-disección radical del cuello.

- Extensión.
- Rango de movimiento.
- Masaje de tejidos blandos.
- Liberación miofascial.
- Inyecciones en puntos gatillo.
- Inyecciones de toxina botulínica.

##### 1.1.6.7. Mialgia, dolor de artralgia:

- Actividad física: calor, paquete frío, terapia acuática, masaje y yoga.

##### 1.1.6.8. Dolor por compresión esquelética o vertebral:

- Movilidad.
- Ejercicio con pesas cuando el dolor mejora.
- Ejercicios de estabilización torácica y lumbar.

##### 1.1.6.9. Síndrome de dolor miofascial:

- Actividad física.
- Ejercicios de rango de movimiento.
- Ejercicios de fuerza.
- Liberación miofascial de tejidos blandos.
- Estimulación ultrasónica.

#### 1.1.6.10. Síndrome de dolor pélvico:

- Ejercicios del suelo pélvico.
- Hidratación.
- Función sexual.
- Libido femenina baja, falta de deseo, dolor durante la actividad sexual, problemas con el orgasmo.
- Terapias vaginales tópicas.
- Dilatadores vaginales.
- Fisioterapia del suelo pélvico.
- Vibrador o dispositivo de estimulación del clítoris.
- Baja libido masculina, disfunción eréctil, problemas con el orgasmo.
- Actividad física.
- Dejar de fumar.
- Pérdida de peso.
- Fisioterapia pélvica.
- Diario miccional.
- Terapia con vibrador.
- Desorden del sueño.
- Educación sobre higiene del sueño.
- Terapias cognitivo-conductuales.

La pandemia de la Covid-19 ha repercutido negativamente, en mayor o menor medida, en todas las áreas que rodean a las personas con cáncer: psicológica, física, social y económica. Incluso, en 2020 se detectó un número de casos similar al año anterior y la Sociedad Española de Oncología Médica señala que los programas de cribado de cáncer se vieron afectados por la pandemia de coronavirus, de modo que “con toda probabilidad, el número de cánceres colorrectales y de mama finalmente diagnosticados en 2020 fue menor al esperado”, indican en su informe “Las cifras del cáncer en España 2021”. Esta situación ha hecho que los pacientes de cáncer perciban que su calidad de vida ha disminuido notablemente. Así, la Fisioterapia Oncológica se ha tenido que reinventar durante este periodo, fomentando modelos de intervención a través de

la educación terapéutica, el ejercicio terapéutico o las videoconsultas para seguir atendiendo a las personas que padecen cáncer.

Se demostró que una iteración de teleasistencia del Modelo de Atención Colaborativa (CCM) neutraliza las barreras de acceso y mejora eficazmente los resultados de la depresión y el dolor entre los pacientes con cáncer (Choi Yoo, 2014; Kroenke, 2010).

Es posible que la telemedicina promueva la participación y responsabilidad del paciente, que es uno de los pilares del proceso de rehabilitación (Eriksson, 2009).

Un desafío para perfeccionar la fisioterapia a distancia puede ser el desarrollo de técnicas indirectas para llevar las manos del terapeuta 'a través de los cables', mediante el uso de robótica, o desarrollar el rol de fisioterapeuta para compensar el no estar en la misma habitación que el paciente (Eriksson, 2009).

La digitalización ha tenido un gran impacto en la vida laboral y la competencia digital es una necesidad para todos en la sociedad moderna (van Laar et al., 2017), incluidos aquellos que trabajan en el sector social y sanitario (Zlatanovic et al., 2017). Para satisfacer las demandas de la digitalización, la educación debe reformarse y desarrollarse continuamente (Gonen et al., 2016).

Los educadores competentes en pedagogía digital pueden integrar la tecnología digital en la educación y enseñar las habilidades digitales esenciales que los estudiantes necesitan en la vida laboral (McDonald et al., 2018; Redecker, 2017).

El compromiso profesional significa que un educador tiene la capacidad de utilizar la tecnología digital en la comunicación (McDonald et al., 2018; Redecker, 2017; van Laar et al., 2017), la colaboración y el desarrollo profesional (Redecker, 2017). Un educador digitalmente competente tiene la capacidad de seleccionar, crear, modificar, gestionar, proteger y compartir diferentes recursos digitales, como contenidos o datos digitales utilizados en la enseñanza (McDonald et al., 2018; Redecker, 2017; van Laar et al., 2017). Además, los educadores digitalmente competentes son capaces de gestionar el uso de la tecnología en la enseñanza

y el aprendizaje y también pueden evaluar el aprendizaje de sus estudiantes utilizando la tecnología digital (Redecker, 2017; van Laar et al., 2017).

Según la percepción de los educadores, la competencia en materia digital de los educadores sociales y sanitarios constaba de tres categorías principales: competencia pedagógica, competencia digital y competencia ética (Ryhtä, 2020).

La competencia pedagógica consta a su vez de 3 subcategorías: conocimiento de la materia, experiencia en métodos de enseñanza y experiencia en habilidades para la vida laboral.

En opinión de los educadores, la competencia digital se componía de tres subcategorías: 1) tener conocimiento de la tecnología digital y tener la capacidad de utilizarla, 2) comprender el potencial de la digital tecnología, y 3) utilizar la tecnología digital en la enseñanza.

Las opiniones de los educadores sobre la competencia ética se dividieron en tres subcategorías: 1) ser conscientes de la igualdad de los estudiantes, 2) priorizar la experiencia de aprendizaje y 3) enfatizar la alfabetización digital (Ryhtä, 2020).

Existen implicaciones asociadas con la práctica digital para la educación en fisioterapia tanto a nivel de ingreso/pregrado como de posgrado. La profesión necesita profesionales con comprensión, habilidades y conocimiento de las tecnologías y la práctica digitales, un hecho que ha sido plenamente reconocido en un informe publicado recientemente en el Reino Unido y recogido por la WCPT (2020).

Aunque muchos proveedores de educación en fisioterapia tienen como objetivo preparar a sus estudiantes para la práctica digital, no existen estándares educativos nacionales de práctica digital dentro del plan de estudios de pregrado. Los proveedores de educación, las universidades, ahora han pedido ayuda para abordar este problema y se están realizando esfuerzos a nivel nacional. En los Estados Unidos, la Comisión de Acreditación en Educación en Terapia Física (CAPTE) es la única agencia de acreditación reconocida por el Departamento de Educación de los EE. UU. (USDE) y el Consejo de Acreditación de Educación Superior

(CHEA) para acreditar a fisioterapeutas y fisioterapeutas de nivel inicial. Aunque CAPTE y la Academia de Educación en Fisioterapia son conscientes de la práctica digital emergente, faltan pautas y estándares curriculares en la educación inicial y de posgrado. La Asociación Estadounidense de Terapia Física (APTA) ha publicado recursos de práctica digitales para educadores, incluida una mesa para ayudar a los educadores a desarrollar el aula y la clínica para los contenidos de aprendizaje en la práctica digital.

### 1.2. ¿QUÉ BENEFICIOS TIENE LA TELEFISIOTERAPIA PARA EL PACIENTE?

Según el informe de la *World Confederation for Physical Therapy* (WCPT) de marzo de 2020, los beneficios y ventajas que la telefisioterapia reporta a los pacientes son muchos. Algunos de los más importantes son:

- Aumenta la capacidad de conectarse con el fisioterapeuta, independientemente de la distancia o ubicación.
- Incrementa la seguridad al eliminar la necesidad de viajar para personas con problemas de salud serios.
- Aumenta la independencia y el control del paciente en la gestión de sus problemas de salud gracias al fácil acceso a recursos online.
- Añade flexibilidad, ya que los pacientes pueden programar la terapia en los momentos que mejor les convenga.
- Disminuye las barreras, como disponibilidad de estacionamientos, tiempos de espera y tiempos de transporte.
- Reduce los costos relacionados con los viajes, la asistencia necesaria para salir de casa y el tiempo perdido en otras actividades.

### 1.3. ¿QUÉ BENEFICIOS TIENE LA TELEFISIOTERAPIA PARA LA SOCIEDAD?

- Aumenta el uso eficiente de los recursos públicos; especialmente en sistemas de salud financiados con fondos públicos.
- Proporciona beneficios a los empleadores, incluyendo menos

ausencias laborales y eficiencias.

- Proporciona un beneficio social más amplio al tener un público mejor informado y autónomo con respecto a la salud personal.
- Fomenta un mayor énfasis en la autogestión y una sociedad menos dependiente médica.
- Proporciona una mayor oportunidad de influir en los comportamientos de búsqueda de salud.
- Se adapta a las expectativas y preferencias de los individuos para vivir una vida más digital.
- Crea una equidad de acceso independiente de la geografía.
- Disminuye el impacto ambiental impacto con la reducción de viajes para acceder a la atención.

## 2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este proyecto de innovación docente es capacitar a los alumnos de fisioterapia en el uso de la telerehabilitación como una herramienta efectiva en pacientes oncológicos. Los objetivos específicos incluyen:

- Familiarizar a los estudiantes con los principios básicos de la fisioterapia oncológica y los desafíos asociados.
- Enseñar a los estudiantes a utilizar tecnologías de telemedicina y plataformas de telerehabilitación.
- Desarrollar protocolos de tratamiento específicos para pacientes oncológicos que puedan ser aplicados de manera remota.
- Evaluar la eficacia y la satisfacción del paciente con respecto a la telerehabilitación en comparación con las sesiones presenciales.

### 3. METODOLOGÍA

La metodología de este proyecto de innovación docente consta de varias fases:

#### 3.1. REVISIÓN DE LITERATURA:

Se hará una revisión exhaustiva de la literatura científica relacionada con la fisioterapia oncológica y la telerehabilitación para identificar mejores prácticas y enfoques efectivos.

Se realizará una búsqueda en bases como Pubmed, Cochrane, Pedro, Enfispo utilizando términos como *Physiotherapy Oncology* y *Digital Physical Therapy*, seleccionando ensayos clínicos, metanálisis y revisiones sistemáticas de los 5 últimos años.

#### 3.2. FORMACIÓN:

Los alumnos recibirán capacitación teórica y práctica sobre fisioterapia oncológica y el uso de la telerehabilitación.

Previamente, realizarán un cuestionario perteneciente al programa Generación D del Ministerio de Transformación digital para ver la competencia digital del alumno.

Se les explicará cuales son los principios básicos de la fisioterapia oncológica y los objetivos específicos de la fisioterapia oncológica. Además, se les formará en las distintas fases del proceso oncológico.

#### 3.3. DESARROLLO DE LOS PROTOCOLOS:

Los estudiantes trabajarán en grupos para diseñar protocolos de tratamiento adaptados a pacientes oncológicos y adecuados para la telerehabilitación.

Inicialmente, comenzarán trabajando con el cáncer de mama, el cáncer de colon y el cáncer de pulmón ya que son los procesos oncológicos en los que la fisioterapia está más instaurada.

### 3.4. IMPLEMENTACIÓN:

Se llevarán a cabo sesiones de telerehabilitación con pacientes oncológicos voluntarios, supervisadas por profesionales de fisioterapia.

Es sabido que la telerehabilitación híbrida con atención presencial es más favorable para los usuarios del servicio que la atención presencial sola.

Los medios a emplear serán las plataformas web, chat y conexiones mediante videoconferencia.

### 3.5. EVALUACIÓN:

Se recopilarán datos sobre la efectividad de la telerehabilitación en términos de mejoras funcionales y calidad de vida, así como la satisfacción del paciente.

Mediante cuestionarios como los de calidad de vida de enfermos oncológicos como los de la EORTC-C30, cuestionarios breves del dolor, DASH y el HAD. Se diseñarán encuestas de satisfacción que se pasarán a los pacientes oncológicos que hayan participado en este proyecto para conocer su opinión sobre la telerehabilitación en su proceso.

## 4. RESULTADOS

Tras la búsqueda en las bases de datos, los principios básicos de la fisioterapia oncológica encontrados son:

- Enfoque multidisciplinar: la fisioterapia oncológica se lleva a cabo en colaboración con otros profesionales sanitarios, como médicos, enfermeros, nutricionistas, psicólogos, etc., para garantizar una atención integral al paciente.
- Enfoque holístico: la fisioterapia oncológica tiene en cuenta todas las dimensiones del paciente, incluyendo la física, la psicológica, la social y la espiritual.
- Enfoque centrado en el paciente: la fisioterapia oncológica se centra en las necesidades y objetivos del paciente, respetando sus preferencias y limitaciones.

Estos principios se basan en la evidencia científica, que ha demostrado la eficacia de la fisioterapia oncológica en la prevención, tratamiento y rehabilitación de las secuelas del cáncer y sus tratamientos (AEFITO, 2022; Ferreira, 2021; Klaas, 2022).

A continuación, se describen algunos de los objetivos específicos de la fisioterapia oncológica (WCPT, 2020):

- Prevención de complicaciones: la fisioterapia puede ayudar a prevenir complicaciones relacionadas con el cáncer y sus tratamientos, como la pérdida de fuerza muscular, la disminución de la movilidad, la fatiga, la ansiedad y la depresión.
- Tratamiento de complicaciones: la fisioterapia puede ayudar a tratar las complicaciones que ya se han producido, como el linfedema, la contractura muscular, la limitación de la movilidad articular, el dolor y el deterioro de la función pulmonar.
- Rehabilitación: la fisioterapia puede ayudar a los pacientes oncológicos a recuperar su función física y su calidad de vida.

La fisioterapia oncológica se puede aplicar en diferentes fases del proceso oncológico, incluyendo:

- Prevención: la fisioterapia puede ayudar a prevenir la aparición de complicaciones relacionadas con el cáncer, como la pérdida de fuerza muscular y la disminución de la movilidad.
- Tratamiento: la fisioterapia puede aplicarse antes, durante y después del tratamiento. Permite ayudar a tratar las complicaciones que ya se han producido, como el linfedema, la contractura muscular, la limitación de la movilidad articular, el dolor y el deterioro de la función pulmonar.
- Rehabilitación: la fisioterapia puede ayudar a los pacientes oncológicos a recuperar su función física y su calidad de vida.
- Cuidados paliativos.

La fisioterapia oncológica es una parte esencial del tratamiento del cáncer, ya que puede ayudar a prevenir, tratar y rehabilitar las secuelas del cáncer y sus tratamientos.

Según recoge la Guía de Fisioterapia Oncológica del colegio Profesional de Fisioterapeutas de Madrid, las secuelas derivadas del proceso oncológico y de sus tratamientos son: dolor, fatiga, alteración de la movilidad, pérdida de musculatura (sarcopenia), obesidad (obesidad sarcopénica), linfedema, cicatrices, edema, fibrosis (endurecimiento del tejido), alteraciones cardiorrespiratorias, alteración en el control y miccional y fecal, alteraciones en la función sexual, neuropatías, alteraciones de la boca y alteraciones de la postura.

En dicha guía se cuenta como la fisioterapia oncológica ayuda con la realización del ejercicio terapéutico, disminuyendo la incidencia e intensidad de los efectos secundarios del tratamiento. La fisioterapia oncológica incluye también técnicas manuales, masaje oncológico, técnicas instrumentales y técnicas comportamentales además del tratamiento del linfedema: drenaje linfático manual, vendaje y prendas de compresión, ejercicio terapéutico y ejercicio físico (aeróbico y de fuerza).

Es lógico decir que los profesionales de la salud han llegado a una encrucijada. En una dirección está la Fisioterapia tradicional, y en la otra el nuevo mundo de la Telesalud.

Según Rodriguez (2020) la Telesalud es el término general que se ha dado a la «atención virtual», y sus aplicaciones varían según el tipo de práctica y la herramienta que se utilice. Para todos los profesionales de la salud, la Telesalud puede acercarlos a sus pacientes como nunca antes.

Un fisioterapeuta puede usar una herramienta de Telesalud en más de una forma. Como se ha mencionado, un factor determinante es el sistema que se está utilizando, y las funcionalidades que ofrece. Por ejemplo, algunos sistemas ofrecen PEC (prescripción de ejercicios en casa).

Esto permite a los fisioterapeutas crear y asignar programas de rehabilitación para sus pacientes. Estos pacientes pueden entonces acceder y participar en los programas virtualmente a través de la web, o de una aplicación. Algunas de estas herramientas incluso ofrecen una

funcionalidad de «resultados», que ayuda al fisioterapeuta a seguir el progreso de sus pacientes registrando los datos de los resultados.

Otra funcionalidad muy importante, y posiblemente la más utilizada, es la videoconferencia. Los médicos, por ejemplo, pueden utilizar esta función para tener consultas con sus pacientes con mayor frecuencia y asegurarse de que cumplen con los regímenes de medicación. También pueden utilizarla para realizar exámenes antes y después de la consulta con sus pacientes.

El fisioterapeuta puede usar esta función para interactuar con sus pacientes en tiempo real, mientras ellos hacen los ejercicios de su programa. Haciendo esto, pueden intercambiar retroalimentación, y el fisioterapeuta puede hacer ajustes en cosas como la forma o el rango de movimiento.

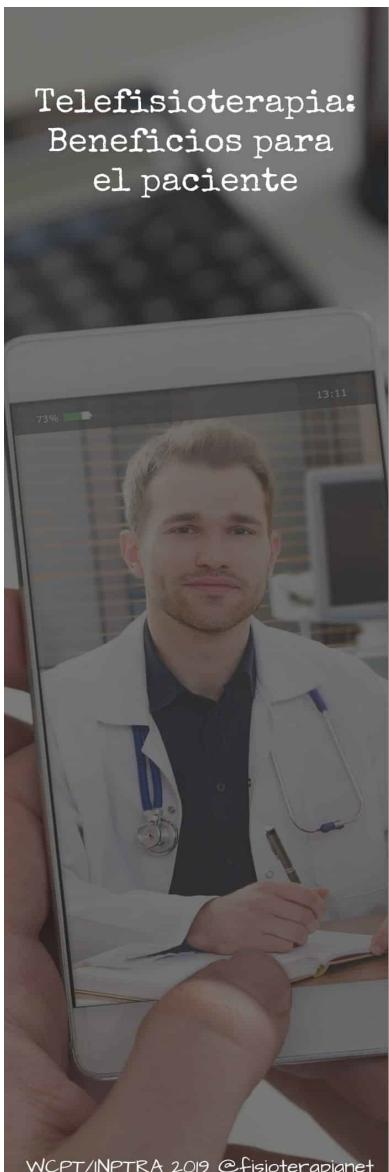
El futuro tiene muchas incertidumbres, pero a medida que el mundo cambia, también deberían cambiar nuestros métodos de práctica. La propuesta de avance educativo de este estudio propone que los alumnos redacten protocolos para el tratamiento del cáncer de mama, colon y pulmón teniendo en cuenta el periodo postcirugía en el que se encuentra el paciente y el tipo de cirugía aplicada. Es necesario conocer muy bien el tipo de cirugía para ver que afectaciones musculoesqueléticas son las que van a encontrarse.

La competencia digital de los alumnos permitirá el uso de las plataformas guiadas por los profesores asociados responsables de su formación. El inicio precoz del tratamiento fisioterápico oncológico gracias a las plataformas permitirá reducir las secuelas del tratamiento del cáncer. Un inicio a los 10-15 días tras la cirugía, tras obtener el permiso por el cirujano permitirá recuperar el recorrido articular y la funcionalidad. El conectarse en el domicilio por parte del paciente permitirá mejorar la adhesión al tratamiento.

Tras la realización del protocolo adaptado al tipo de cirugía y el tipo de cáncer y trabajar a distancia con el paciente el alumno valorará la eficacia de su tratamiento evaluando la recuperación de la funcionalidad mediante cuestionarios validados tipo DASH, EORTC-C-30, TSK-11SV

y CBD. Se elaborará un cuestionario de satisfacción del paciente con respecto a la telerehabilitación.

**FIGURA 1.** Implicaciones de la telefisioterapia



Telefisioterapia:  
Beneficios para  
el paciente

- ↑ capacidad de conectarse con el fisioterapeuta, independientemente de la distancia o ubicación.
- ↑ seguridad al eliminar la necesidad de viajar para personas con problemas de salud serios.
- ↑ independencia y el control del paciente en la gestión de sus problemas de salud gracias al fácil acceso a recursos online.
- ↑ flexibilidad, ya que los pacientes pueden programar la terapia en los momentos que mejor les convenga.
- ↓ barreras como disponibilidad de estacionamientos, tiempos de espera y tiempos de transporte.
- ↓ costos relacionados con los viajes, la asistencia necesaria para salir de casa y el tiempo perdido en otras actividades.

WCPT/INTRA 2019 @fisioterapienet

laFisioterapia.net

Fuente: WCPT/INTRA 2019.

## 5. DISCUSIÓN

El 20 de febrero de 2017, WCPT e INPTRA anunciaron una colaboración formal a través de un Memorando de Entendimiento para desarrollar una gama de iniciativas que incluyen la práctica global y la regulación de proporcionar práctica digital. Las organizaciones establecieron un Grupo de Trabajo Conjunto de Práctica de Terapia Física Digital en 2017. Se realizó una conferencia telefónica inicial en febrero de 2018 para confirmar el alcance, el plan y los plazos para este trabajo. En general, el consenso fue desarrollar un "libro blanco" que abordara la práctica y la regulación de la terapia física en la era digital.

Los usuarios del servicio, es decir, los receptores de fisioterapia deben estar seguros de que:

- están recibiendo atención de alta calidad, segura y basada en evidencia;
- los resultados anticipados son equivalentes o superan la atención en persona;
- existe una vía clara y fácil para comunicarse con el proveedor o recibir una consulta cara a cara según sea necesario;
- podrán comprender fácilmente la información proporcionada y navegar por la tecnología;
- los datos de atención médica personal y la información de atención es privada;
- los datos personales de atención médica se almacenan de conformidad con la ley y los reglamentos;
- los proveedores de atención médica han cumplido todos los requisitos reglamentarios y profesionales requeridos; y
- se han considerado y respetado las preferencias culturales durante la interacción digital.

Los hallazgos proporcionan información sobre los factores que pueden influir en la aceptación, la aceptabilidad, la viabilidad, la adherencia, el desgaste y el cambio de comportamiento positivo en las intervenciones basadas en la Web para los sobrevivientes de cáncer. Es importante destacar que un análisis de la información destaca cuestiones específicas a considerar al diseñar intervenciones basadas en la Web para quienes han completado el tratamiento contra el cáncer. Los sobrevivientes de cáncer podrán valorar las intervenciones que reconocen sus necesidades cambiantes y se administran en la etapa correcta de la trayectoria del cáncer. Los hallazgos indican que el trabajo futuro debería concentrarse inicialmente en identificar la etapa óptima de supervivencia al cáncer para facilitar la ejecución óptima de la intervención (Corbett, 2018).

Por otro lado, el grupo de trabajo de la WCPT/INPTRA (2020) recomienda que las partes interesadas revisen y actualicen periódicamente el contenido del plan de estudios de fisioterapia a medida que la práctica digital evoluciona y se desarrolla evidencia para garantizar que el plan de estudios tenga en cuenta las siguientes consideraciones:

- **Código de conducta/ética:** las consideraciones éticas relacionadas con la capacidad de utilizar la práctica digital con los determinantes sociales apropiados de los clientes /usuarios del servicio para mejorar los resultados de la calidad de vida.
- **Dominios culturales:** la comprensión e importancia de los proveedores para demostrar sensibilidad a aspectos específicos de las características culturales y étnicas y la ubicación de un usuario del servicio.
- **Práctica emergente:** los planes educativos deben mejorar la percepción, el conocimiento y las habilidades del fisioterapeuta en las tendencias de atención médica contemporáneas y emergentes y la prestación de atención. Estos deben incluir ejemplos de actividades en el aula que aborden el uso apropiado de los recursos en cursos profesionales y post -profesionales en práctica digital. Las actividades clínicas deben informar la gestión práctica, la gestión financiera, comercial y de riesgos para perseguir los contratos de los pagadores y la mitigación de responsabilidades.

- **Uso del equipo:** se deben abordar las normas para que los usuarios y proveedores reconozcan y aborden las fallas del equipo, así como el uso básico del equipo de telecomunicaciones. El control infeccioso y las políticas y procedimientos para mantener el equipo adecuado para uso clínico deben mantenerse y revisarse.
- **Consentimiento informado:** se debe abordar el conocimiento para garantizar el consentimiento informado apropiado (verbal o escrito) y documentado. Además, el papel y las responsabilidades de los proveedores para identificar e introducir a todos los participantes a través de la tecnología de telecomunicaciones digitales.
- **Experiencia del usuario:** comprender la importancia de la práctica digital, posicionando y retratando cuidadosamente a los usuarios y proveedores en la pantalla; maximizando la calidad de la imagen; utilizando funciones de imagen por imagen (seguimiento de imágenes en la pantalla), control remoto, iluminación, lenguaje corporal y características únicas de la tecnología de telecomunicaciones digitales de audio y video.
- **Seguridad y privacidad:** se debe ser consciente y sensible a que el sentido de privacidad y confidencialidad debe asegurarse por parte de todas las partes involucradas con la práctica digital. Se deben desarrollar señales de privacidad que limiten las interrupciones y reduzcan las sesiones interrumpidas en la práctica digital.
- **Seguridad del usuario del servicio y gestión de crisis:** como se describe en las consideraciones regulatorias, las consideraciones de seguridad del cliente / usuario del servicio y la gestión de crisis asociadas con la práctica de fisioterapia digital pueden ser diferentes a aquellas que se tienen cuando se realiza atención en persona. Por lo tanto, los proveedores deben asegurarse de que comprenden la legislación de práctica que impacta en la práctica de fisioterapia digital y consultar con el asesor legal

apropiado lo que es necesario implementar a nivel nacional, estatal u organizacional. La información sobre los proveedores locales de emergencias y atención médica, así como los detalles de contacto de la familia y redes de apoyo, deben estar disponibles para todos los interesados.

Los educadores tienen el desafío de mantenerse al día con la práctica en evolución y las tecnologías emergentes. La evidencia reciente en academia en enfermería y medicina (Ali, 2025; Erickson, 2015) señala que a través de la práctica digital puede preparar a los profesionales para las demandas en atención primaria y mejorar el acceso a la atención en áreas de alta demanda. La demanda de más profesionales y servicios habilitados digitalmente no es exclusiva de la fisioterapia e impacta en todas las profesiones. Se recomienda que las partes interesadas en fisioterapia colaboren con otras disciplinas de atención médica en la práctica digital para desarrollar la educación, el aprendizaje y el desarrollo interprofesional para que los profesionales mejoren la atención en salud en la era digital. En general, los objetivos de aprendizaje para la práctica digital, según el reporte del grupo de trabajo WCPT/INPTRA deben estar centrados en el usuario del servicio, estar basados en la evidencia y no dañar a los clientes / usuarios del servicio que participan en las actividades de aprendizaje clínico y en el aula.

La implementación de la telerehabilitación en la fisioterapia oncológica presenta ventajas significativas, como la accesibilidad para pacientes en áreas remotas y la minimización de riesgos durante la pandemia. Sin embargo, también se deben abordar desafíos técnicos y de comunicación. La experiencia adquirida en este proyecto de innovación docente podrá contribuir al desarrollo de futuras prácticas clínicas y mejorar la formación de fisioterapeutas.

## 6. CONCLUSIONES

La propuesta de innovación docente en fisioterapia oncológica a través de la telerehabilitación representa un paso crucial hacia la preparación de futuros fisioterapeutas para enfrentar los desafíos de la atención oncológica en la era digital. Este proyecto tiene el potencial de mejorar la calidad

de vida de los pacientes oncológicos al tiempo que formar a profesionales más capacitados y adaptados a las demandas del mundo actual.

Un estudiante de fisioterapia que esté interesado en la telemedicina y las plataformas de telerehabilitación debe adquirir un conocimiento sólido sobre estos temas para estar preparado para el entorno de atención médica actual. En resumen, un estudiante de fisioterapia debe saber sobre la telemedicina y las plataformas de telerehabilitación:

#### 6.1. CONCEPTOS BÁSICOS DE TELEMEDICINA:

- Comprender qué es la telemedicina y cómo se utiliza para brindar atención médica a distancia.
- Conocer los diferentes tipos de telemedicina, como la telesalud, la telerehabilitación y la teleconsulta, y cómo se aplican en fisioterapia.

#### 6.2. VENTAJAS Y DESAFÍOS:

- Reconocer las ventajas de la telemedicina, como la accesibilidad, la comodidad y la ampliación del alcance de la atención.
- Entender los desafíos, como la seguridad de datos, la privacidad del paciente y la limitación de la evaluación física en comparación con las consultas en persona.

#### 6.3. REGULACIONES Y ÉTICA:

- Familiarizarse con las regulaciones y normativas relacionadas con la telemedicina en su área geográfica.
- Comprender los aspectos éticos de la telemedicina, incluyendo la confidencialidad y el consentimiento informado.

#### 6.4. HERRAMIENTAS Y PLATAFORMAS

- Conocer las herramientas y plataformas de telemedicina utilizadas en fisioterapia, como aplicaciones de videoconferencia y software de registro de datos médicos.

- Aprender a utilizar estas herramientas de manera efectiva y segura.

#### 6.5. EVALUACIÓN A DISTANCIA:

- Entender cómo realizar una evaluación inicial de un paciente a través de la telemedicina, incluyendo la revisión de la historia clínica, la entrevista y la observación visual.
- Conocer las limitaciones de la evaluación a distancia en comparación con una evaluación física en persona.

#### 6.6. DISEÑO DE PROGRAMAS DE TELEREHABILITACIÓN COMUNICACIÓN Y EMPATÍA

- Aprender a diseñar programas de ejercicios y tratamientos específicos para pacientes que reciben terapia de rehabilitación a distancia.
- Considerar la adaptación de los programas de acuerdo a las limitaciones y necesidades individuales de cada paciente.

#### 6.7. COMUNICACIÓN Y EMPATÍA:

- Desarrollar habilidades de comunicación efectiva, ya que la telemedicina requiere una comunicación clara y empática para establecer una buena relación con el paciente.
- Practicar la empatía y la escucha activa para comprender las preocupaciones y necesidades del paciente.

#### 6.8. SEGURIDAD DE DATOS:

- Concienciarse sobre la importancia de mantener la seguridad de los datos médicos y aprender a utilizar sistemas seguros de manejo de información de pacientes.

#### 6.9. ACTUALIZACIÓN CONTINUA:

- Reconocer que la telemedicina y las tecnologías asociadas están en constante evolución, por lo que es esencial mantenerse actualizado sobre las últimas tendencias y avances en este campo.

## 6.10. TRABAJO EN EQUIPO:

- Comprender cómo colaborar de manera efectiva con otros profesionales de la salud en el entorno de la telemedicina, incluyendo médicos, enfermeras y terapeutas.

La telemedicina y la telerehabilitación están transformando la forma en que se brinda atención médica, y es fundamental que los estudiantes de fisioterapia estén preparados para aprovechar estas tecnologías y proporcionar una atención de alta calidad a sus pacientes a distancia.

## 8. REFERENCIAS

- Ali N.S., K.H. Carlton, O.S. Ali, (2015) *“Telehealth Education in Nursing Curricula,”* Nursing Education 40, no. 5: 266-269.
- Asociación Española de Fisioterapia Oncológica (AEFITO). (2022). Guía de práctica clínica de fisioterapia oncológica. Madrid.
- Bayly, J. L., & Lloyd-Williams, M. (2016). Identifying functional impairment and rehabilitation needs in patients newly diagnosed with inoperable lung cancer: a structured literature review. *Supportive care in cancer: official journal of the Multinational Association of Supportive Care in Cancer*, 24(5), 2359–2379. <https://doi.org/10.1007/s00520-015-3066-1>
- Cheville, A. L., Beck, L. A., Petersen, T. L., Marks, R. S., & Gamble, G. L. (2009). The detection and treatment of cancer-related functional problems in an outpatient setting. *Supportive care in cancer: official journal of the Multinational Association of Supportive Care in Cancer*, 17(1), 61–67. <https://doi.org/10.1007/s00520-008-0461-x>
- Cheville, A. L., Moynihan, T., Herrin, J., Loprinzi, C., & Kroenke, K. (2019). Effect of Collaborative Telerehabilitation on Functional Impairment and Pain Among Patients With Advanced-Stage Cancer: A Randomized Clinical Trial. *JAMA oncology*, 5(5), 644–652. <https://doi.org/10.1001/jamaoncol.2019.0011>
- Choi Yoo, S. J., Nyman, J. A., Cheville, A. L., & Kroenke, K. (2014). Cost effectiveness of telecare management for pain and depression in patients with cancer: results from a randomized trial. *General hospital psychiatry*, 36(6), 599–606. <https://doi.org/10.1016/j.genhosppsych.2014.07.004>
- Cohen, E. E., LaMonte, S. J., Erb, N. L., Beckman, K. L., Sadeghi, N., Hutcheson, K. A., Stubblefield, M. D., Abbott, D. M., Fisher, P. S., Stein, K. D.,

- Lyman, G. H., & Pratt-Chapman, M. L. (2016). American Cancer Society Head and Neck Cancer Survivorship Care Guideline. *CA: a cancer journal for clinicians*, 66(3), 203–239. <https://doi.org/10.3322/caac.21343>
- Colegio Profesional de Fisioterapeutas de la Comunidad de Madrid. (2021). Guía de fisioterapia Oncológica. <https://bit.ly/4aG14BO>
- Corbett, T., Singh, K., Payne, L., Bradbury, K., Foster, C., Watson, E., Richardson, A., Little, P., & Yardley, L. (2018). Understanding acceptability of and engagement with Web-based interventions aiming to improve quality of life in cancer survivors: A synthesis of current research. *Psycho-oncology*, 27(1), 22–33. <https://doi.org/10.1002/pon.4566>
- Cormier, J. N., Askew, R. L., Mungovan, K. S., Xing, Y., Ross, M. I., & Armer, J. M. (2010). Lymphedema beyond breast cancer: a systematic review and meta-analysis of cancer-related secondary lymphedema. *Cancer*, 116(22), 5138–5149. <https://doi.org/10.1002/cncr.25458>
- Downing, A., Glaser, A. W., Finan, P. J., Wright, P., Thomas, J. D., Gilbert, A., Corner, J., Richards, M., Morris, E. J. A., & Sebag-Montefiore, D. (2019). Functional Outcomes and Health-Related Quality of Life After Curative Treatment for Rectal Cancer: A Population-Level Study in England. *International journal of radiation oncology, biology, physics*, 103(5), 1132–1142. <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2018.12.005>
- Duffy S, Graham J, Kirkbride P, et al. (2014). Prostate cancer: diagnosis and treatment (CG175). National Institute for Health and Clinical Excellence (NICE);
- Erickson C.E., S. Fauchald, M. Ideker, (2015) “Integrating telehealth into the graduate nursing curriculum,” *Journal of Nurse Practitioners* 31, no. 11 .e1-5.
- Eriksson, L., Lindström, B., Gard, G., & Lysholm, J. (2009). Physiotherapy at a distance: a controlled study of rehabilitation at home after a shoulder joint operation. *Journal of telemedicine and telecare*, 15(5), 215–220. <https://doi.org/10.1258/jtt.2009.081003>
- Ferreira, E., et al. (2021). The role of physiotherapy in cancer care: A systematic review. *European Journal of Cancer Care*, 30(6), 102192.
- Galvão, D. A., Taaffe, D. R., Spry, N., Cormie, P., Joseph, D., Chambers, S. K., Chee, R., Peddle-McIntyre, C. J., Hart, N. H., Baumann, F. T., Denham, J., Baker, M., & Newton, R. U. (2018). Exercise Preserves Physical Function in Prostate Cancer Patients with Bone Metastases. *Medicine and science in sports and exercise*, 50(3), 393–399. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001454>

- Gimigliano, F., & Negrini, S. (2017). The World Health Organization "Rehabilitation 2030: a call for action". *European journal of physical and rehabilitation medicine*, 53(2), 155–168. <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.17.04746-3>
- Global Burden of Disease Cancer Collaboration, Fitzmaurice, C., Allen, C., Barber, R. M., Barregard, L., Bhutta, Z. A., Brenner, H., Dicker, D. J., Chimed-Orchir, O., Dandona, R., Dandona, L., Fleming, T., Forouzanfar, M. H., Hancock, J., Hay, R. J., Hunter-Merrill, R., Huynh, C., Hosgood, H. D., Johnson, C. O., Jonas, J. B., Naghavi, M. (2017). Global, Regional, and National Cancer Incidence, Mortality, Years of Life Lost, Years Lived With Disability, and Disability-Adjusted Life-years for 32 Cancer Groups, 1990 to 2015: A Systematic Analysis for the Global Burden of Disease Study. *JAMA oncology*, 3(4), 524–548. <https://doi.org/10.1001/jamaoncol.2016.5688>
- Gonen, A., Sharon, D., & Lev-Ari, L. (2016). Integrating Information Technology's competencies into academic nursing education—An action study. *Cogent Education*, 3(1), 1193109.
- Greenlee, H., DuPont-Reyes, M. J., Balneaves, L. G., Carlson, L. E., Cohen, M. R., Deng, G., Johnson, J. A., Mumber, M., Seely, D., Zick, S. M., Boyce, L. M., & Tripathy, D. (2017). Clinical practice guidelines on the evidence-based use of integrative therapies during and after breast cancer treatment. *CA: a cancer journal for clinicians*, 67(3), 194–232. <https://doi.org/10.3322/caac.21397>
- Klaas, J., et al. (2022). The effectiveness of physiotherapy in oncology: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Physiotherapy*, 68(2), 104-114.
- Kroenke, K., Theobald, D., Wu, J., Norton, K., Morrison, G., Carpenter, J., & Tu, W. (2010). Effect of telecare management on pain and depression in patients with cancer: a randomized trial. *JAMA*, 304(2), 163–171. <https://doi.org/10.1001/jama.2010.944>
- Krug, E., & Cieza, A. (2019). Strengthening health systems to provide rehabilitation services. *Neuropsychological rehabilitation*, 29(5), 672–674. <https://doi.org/10.1080/09602011.2017.1319391>
- McDonald, E., Boulton, J., Davis, J., (2018). E-learning and nursing assessment skills and knowledge – an integrative review. *Nurse Educ. Today* 66, 166–174.
- Miller, K. D., Siegel, R. L., Lin, C. C., Mariotto, A. B., Kramer, J. L., Rowland, J. H., Stein, K. D., Alteri, R., & Jemal, A. (2016). Cancer treatment and survivorship statistics, 2016. *CA: a cancer journal for clinicians*, 66(4), 271–289. <https://doi.org/10.3322/caac.21349>

- Mina, D. S., Langelier, D., Adams, S. C., Alibhai, S. M. H., Chasen, M., Campbell, K. L., Oh, P., Jones, J. M., & Chang, E. (2018). Exercise as part of routine cancer care. *The Lancet. Oncology*, 19(9), e433–e436.  
[https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(18\)30599-0](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(18)30599-0)
- Mohan, N., Jiang, J., Dokmanovic, M., & Wu, W. J. (2018). Trastuzumab-mediated cardiotoxicity: current understanding, challenges, and frontiers. *Antibody therapeutics*, 1(1), 13–17. <https://doi.org/10.1093/abt/tby003>
- Molassiotis, A., Smith, J. A., Mazzone, P., Blackhall, F., Irwin, R. S., & CHEST Expert Cough Panel (2017). Symptomatic Treatment of Cough Among Adult Patients With Lung Cancer: CHEST Guideline and Expert Panel Report. *Chest*, 151(4), 861–874. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2016.12.028>
- National Comprehensive Cancer Network (NCCN). (2019). NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology (NCCN Guidelines®) Survivorship. NCCN.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, Health and Medicine Division, Board on Health Care Services, & National Cancer Policy Forum. (2018). Long-Term Survivorship Care After Cancer Treatment: Proceedings of a Workshop. National Academies Press (US).
- Neo, J., Fettes, L., Gao, W., Higginson, I. J., & Maddocks, M. (2017). Disability in activities of daily living among adults with cancer: A systematic review and meta-analysis. *Cancer treatment reviews*, 61, 94–106.  
<https://doi.org/10.1016/j.ctrv.2017.10.006>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2017) Rehabilitation 2030-A Call for Action Meeting Report. WHO Organization.  
[http://who.int/disability/care/Rehab2030MeetingReport\\_plain\\_text\\_version.pdf](http://who.int/disability/care/Rehab2030MeetingReport_plain_text_version.pdf)
- Pendergrass, J. C., Targum, S. D., & Harrison, J. E. (2018). Cognitive Impairment Associated with Cancer: A Brief Review. *Innovations in clinical neuroscience*, 15(1-2), 36–44.
- Rauch, A., Negrini, S., & Cieza, A. (2019). Toward Strengthening Rehabilitation in Health Systems: Methods Used to Develop a WHO Package of Rehabilitation Interventions. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 100(11), 2205–2211.  
<https://doi.org/10.1016/j.apmr.2019.06.002>
- Redecker, C., & Punie, Y. (2017). Digital Competence of Educators. *Edited by Yves Punie*.

Reporte del grupo de trabajo de la WCPT/INPTRA (2020) sobre práctica digital en fisioterapia traducción al español realizada por: PHD, MSC, PT. KARIM ALVIS. <https://bit.ly/3veVR3r>

Rodriguez, J. (2020). La importancia de la telesalud en la fisioterapia y cómo Physitrack está ayudando. *La fisioterapia.net*. <https://bit.ly/4aBBfTl>

Runowicz, C. D., Leach, C. R., Henry, N. L., Henry, K. S., Mackey, H. T., Cowens-Alvarado, R. L., Cannady, R. S., Pratt-Chapman, M. L., Edge, S. B., Jacobs, L. A., Hurria, A., Marks, L. B., LaMonte, S. J., Warner, E., Lyman, G. H., & Ganz, P. A. (2016). American Cancer Society/American Society of Clinical Oncology Breast Cancer Survivorship Care Guideline. *CA: a cancer journal for clinicians*, 66(1), 43–73. <https://doi.org/10.3322/caac.21319>

Ryhtä, I., Elonen, I., Saaranen, T., Sormunen, M., Mikkonen, K., Kääriäinen, M., Koskinen, C., Koskinen, M., Koivula, M., Koskimäki, M., Lähteenmäki, M. L., Wallin, O., Sjögren, T., & Salminen, L. (2020). Social and health care educators' perceptions of competence in digital pedagogy: A qualitative descriptive study. *Nurse education today*, 92, 104521. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2020.104521>

Skolarus, T. A., Wolf, A. M., Erb, N. L., Brooks, D. D., Rivers, B. M., Underwood, W., 3rd, Salner, A. L., Zelefsky, M. J., Aragon-Ching, J. B., Slovin, S. F., Wittmann, D. A., Hoyt, M. A., Sinibaldi, V. J., Chodak, G., Pratt-Chapman, M. L., & Cowens-Alvarado, R. L. (2014). American Cancer Society prostate cancer survivorship care guidelines. *CA: a cancer journal for clinicians*, 64(4), 225–249. <https://doi.org/10.3322/caac.21234>

Smallridge, R. C., Ain, K. B., Asa, S. L., Bible, K. C., Brierley, J. D., Burman, K. D., Kebebew, E., Lee, N. Y., Nikiforov, Y. E., Rosenthal, M. S., Shah, M. H., Shaha, A. R., Tuttle, R. M., & American Thyroid Association Anaplastic Thyroid Cancer Guidelines Taskforce (2012). American Thyroid Association guidelines for management of patients with anaplastic thyroid cancer. *Thyroid: official journal of the American Thyroid Association*, 22(11), 1104–1139. <https://doi.org/10.1089/thy.2012.0302>

Smith, S. R., Zheng, J. Y., Silver, J., Haig, A. J., & Cheville, A. (2020). Cancer rehabilitation as an essential component of quality care and survivorship from an international perspective. *Disability and rehabilitation*, 42(1), 8–13. <https://doi.org/10.1080/09638288.2018.1514662>

Stout, N. L., Santa Mina, D., Lyons, K. D., Robb, K., & Silver, J. K. (2021). A systematic review of rehabilitation and exercise recommendations in oncology guidelines. *CA: a cancer journal for clinicians*, 71(2), 149–175. <https://doi.org/10.3322/caac.21639>

- Syed, I. A., Klassen, A. F., Barr, R., Wang, R., Dix, D., Nelson, M., Rosenberg-Yunger, Z. R., & Nathan, P. C. (2016). Factors associated with childhood cancer survivors' knowledge about their diagnosis, treatment, and risk for late effects. *Journal of cancer survivorship : research and practice*, 10(2), 363–374. <https://doi.org/10.1007/s11764-015-0482-7>
- Van Laar, E., van Deursen, A., van Dijk, J., de Haan, J., (2017). The relation between 21st century skills and digital skills: a systematic literature review. *Comput. Hum. Behav.* 72, 577–588
- Winters-Stone, K. M., Horak, F., Jacobs, P. G., Trubowitz, P., Dieckmann, N. F., Stoyles, S., & Faithfull, S. (2017). Falls, Functioning, and Disability Among Women With Persistent Symptoms of Chemotherapy-Induced Peripheral Neuropathy. *Journal of clinical oncology: official journal of the American Society of Clinical Oncology*, 35(23), 2604–2612. <https://doi.org/10.1200/JCO.2016.71.3552>
- World Confederation for Physiotherapy. (2020). Report of the WCPT/INPTRA Digital Physical Therapy Practice Task Force. <https://bit.ly/4aEH8yX>
- Zlatanovic, T., Havnes, A., Mausethagen, S., (2017). A research review of nurse Teachers' competencies. *Vocat. Learn.* 10, 201–233.

# REAL-WORLD EXPLOITATION OF DRONE TECHNOLOGY AND EXPERT SYSTEMS FOR ENHANCED LAST-MILE DELIVERY OPERATIONS

---

DAVID SANCHEZ-WELLS

*Department of Industrial Engineering and Management Science  
School of Engineering, University of Seville*

PEDRO L. GONZALEZ-R.

*Department of Industrial Engineering and Management Science  
School of Engineering, University of Seville*

JOSE L. ANDRADE-PINEDA

*Robotics, Vision, and Control Research Laboratory  
School of Engineering, University of Seville*

## 1. INTRODUCTION

The burgeoning e-commerce sector coupled with the urbanization trend has exerted substantial pressure on the traditional logistics and supply chain frameworks, especially in the last-mile delivery segment. Last-mile delivery, the final leg of the supply chain where goods are transported from distribution hubs to the end consumers, has been identified as the most cost-intensive and time-consuming process. The exigency for more efficient, cost-effective, and environmentally sustainable last-mile delivery solutions has driven the exploration and adoption of innovative technologies. Among them, drone technology emerges as a promising candidate owing to its potential for reducing delivery times, operational costs, and greenhouse gas emissions.

Recent real-world applications have demonstrated the feasibility and advantages of deploying drones for last-mile delivery in various contexts, including pharmaceutical deliveries, consumer goods, and business-to-business (B2B) logistics. Additionally, the cooperative utilization of drones with existing transportation infrastructures like trucks and public

transport networks has been explored to overcome the inherent limitations of drones such as flight endurance and payload capacity.

In light of these developments, this paper aims to delve into the real-world applications of drones in last-mile delivery and investigate the implications of employing expert systems for optimizing drone route planning. The research question guiding this inquiry is: "How are drones being utilized in real-world last-mile delivery operations, and what are the implications of employing expert systems for route planning in enhancing operational efficiency and sustainability?" Through a comprehensive examination of recent drone deployments and an analysis of expert system applications in drone route planning, this paper endeavors to contribute to the burgeoning discourse on innovative last-mile delivery solutions.

The remainder of this paper is organized as follows: Section 2 outlines the methodology employed for the search. Section 3 presents an analysis of the state of the art, followed by a discussion in Section 4. Finally, Section 5 concludes the paper with a summary of findings and implications for future research.

### 1.1. THEORETICAL EXPANSION ON DRONE TECHNOLOGY AND EXPERT SYSTEMS

The realm of last-mile delivery is witnessing a revolutionary transformation, primarily driven by the integration of drone technology and expert systems. This chapter delves into the evolution and current applications of these innovations, highlighting their pivotal role in reshaping logistics and delivery services.

#### 1.1.1. Drone Technology in Logistics

The journey of drone technology, from its nascent military applications to its current commercial utility, represents a significant leap in innovation. Initially developed for reconnaissance and remote operations, drones have evolved with advancements in GPS technology, lightweight materials, and improved battery life. This progression has paved the way for their adoption in various civilian applications, notably in logistics and delivery services.

In the landscape of modern logistics, drones offer a paradigm shift from traditional delivery methods. Their ability to swiftly navigate through urban environments and reach remote areas has made them an invaluable asset in the logistics chain. Drones are increasingly being used for delivering medical supplies, e-commerce products, and even perishables, showcasing their versatility. The comparative analysis with traditional delivery methods such as ground transportation reveals the efficiency and time-saving benefits of drones, particularly in reducing traffic congestion and carbon emissions.

### 1.1.2. Expert Systems in Operational Planning

Expert systems, at their core, are a branch of artificial intelligence that emulate the decision-making ability of a human expert. These systems are designed to solve complex problems by reasoning through bodies of knowledge, represented mainly as if-then rules rather than through conventional procedural code. They are characterized by their ability to explain their reasoning and handle uncertain or incomplete information.

Moreover, integrating expert systems into drone operations enhances the efficiency and safety of delivery routes. These systems process vast amounts of data, including weather patterns, topography, and no-fly zones, to determine optimal flight paths. This not only ensures timely deliveries but also minimizes risks associated with unforeseen circumstances such as sudden weather changes.

Finally, the infusion of artificial intelligence and machine learning into expert systems marks a significant advancement in operational planning for drone deliveries. Machine learning algorithms, through their predictive capabilities, enable these systems to learn from past delivery routes, optimizing future operations. This continuous improvement cycle ensures that the drone delivery system becomes more efficient over time, adapting to changing environmental conditions and urban landscapes.

### 1.1.3. Synergy of Drones and Expert Systems

The synergy between drones and expert systems represents a significant milestone in delivery operations. This integration leads to a seamless,

efficient, and automated delivery process, minimizing human intervention and error. The expert systems provide real-time data processing and decision-making capabilities, which, when combined with the agility of drones, result in a highly efficient and responsive delivery mechanism. This integrated approach is particularly beneficial in complex urban environments where quick adaptation to changing scenarios is essential.

Numerous case studies underscore the efficacy of combining drones with expert systems in logistics. For instance, in emergency medical deliveries, drones equipped with expert systems have successfully navigated challenging terrains to deliver life-saving medications and equipment. Similarly, in e-commerce, drones integrated with sophisticated planning algorithms have demonstrated their ability to perform rapid and precise deliveries, significantly enhancing customer satisfaction and operational throughput.

#### 1.1.4. Conclusion

The exploration of drone technology and expert systems in this chapter highlights their transformative potential in the realm of last-mile delivery. By offering innovative solutions to traditional logistical challenges, these technologies pave the way for a more efficient, environmentally friendly, and cost-effective future in logistics. The ongoing advancements in these fields suggest a promising horizon for their broader application, signaling a new era in delivery and supply chain management. This comprehensive examination not only underscores the current impact of these technologies but also sets the stage for future research and development in this rapidly evolving domain.

## 2. OBJECTIVES

This study embarks on an intricate exploration of integrating advanced drone technology with expert systems in refining the efficiency of last-mile delivery services. These objectives are framed to offer a detailed and multi-faceted perspective on this technological synergy.

- **Documenting current drone applications in delivery:** We aim to meticulously catalog and scrutinize how drones and

expert systems are currently employed in delivery services. This entails a thorough analysis of operational models, efficiency parameters, and their implementations in existing systems.

- **Analyzing operational efficacy and environmental benefits:** A pivotal objective is to assess the operational efficacy of drones in delivery and their impact on environmental sustainability. This analysis will compare drone delivery with conventional methods, using various performance indicators to measure effectiveness and ecological impact.
- **Navigating challenges and identifying future prospects:** This research intends to dissect the challenges hindering the adoption of drone technology in delivery services, exploring technical, legal, and infrastructural obstacles. Concurrently, it will shed light on potential future opportunities, anticipating market demands and technological evolutions.
- **Evaluating regulatory landscapes for drone utilization:** The study will also delve into the regulatory frameworks governing drone usage in logistics. It will critique existing policies, and propose recommendations for accommodating the burgeoning role of drones in commercial delivery.
- **Forecasting technological developments and emerging trends:** Lastly, the research aims to stay at the forefront of technological advancements in drones and expert systems. It will project future trends and potential applications, focusing on how these advancements will redefine drone-based delivery services.

In essence, these objectives collectively strive to offer a comprehensive analysis of drones and expert systems in enhancing last-mile delivery, aiming to provide insightful contributions to the logistics and supply chain management discourse.

### 3. METHODOLOGY

The methodology employed for sourcing real-world use cases of drones in last-mile delivery operations and expert systems for route planning commenced with keyword formulation, targeting “drones”, “last-mile delivery”, and “expert systems”. Initial online searches yielded a wide array of sources, with a preference for academic papers, reputable industry publications, and authoritative reports to ensure accuracy and reliability. A meticulous selection process followed to choose diverse and reputable sources based on relevance, credibility, and depth of information concerning the research inquiry.

Subsequent steps involved extracting pertinent information from selected sources, cross-verifying the data for consistency, and organizing the extracted information coherently. A deeper exploration was undertaken for sources with rich information by clicking into them to garner more nuanced insights. The cross-verification ensured the elimination of discrepancies and upheld a high standard of reliability.

The organization and synthesis of information provided a comprehensive overview of the topic, aiding in understanding the real-world applications of drones in last-mile delivery and the application of expert systems in route planning. A rigorous citation process adhered to academic standards was maintained throughout, ensuring transparency and credibility in the research process, encapsulating a systematic and iterative approach to information gathering and validation.

### 4. RESULTS

The contemporary landscape of last-mile delivery has been significantly impacted by the integration of drone technology, addressing the critical challenges posed by urbanization and the booming e-commerce sector. A variety of real-world use cases have surfaced, demonstrating the practical and operational feasibility of drones in last-mile delivery scenarios. Among these, the delivery of pharmaceutical products to remote or hard-to-reach areas has emerged as a significant application, bridging the gap between healthcare facilities and the communities they serve

(Brett, 2021). Furthermore, notable industry players like UPS have embarked on experimental drone delivery models, further substantiating the operational viability of drones in augmenting traditional delivery systems (Roberson, 2019).

**TABLE 1.** Overview of Use Cases of Drones in Last-Mile Delivery.

Use Case	Description	Ref.
Pharmaceutical Deliveries	Delivery of pharmaceutical products to hard-to-reach areas	(Brett, 2021)
Consumer and B2B Deliveries	Delivery of consumer goods, food, and B2B items like medical samples to labs	(Cornell et al., 2023)
Daily Commercial Deliveries	Over 2,000 daily commercial drone deliveries worldwide as of early 2022	(Cornell et al., 2023)
Commercial Momentum in 2023	Over ten drone operators each completed more than 5,000 commercial deliveries in 2022	(Cornell et al., 2023b)
Urban Deliveries	Delivery of goods ranging from hot coffee to healthcare supplies in urban environments	(Garland, 2021)
UPS Drone Experiment	A model where a drone autonomously delivers packages and returns to a UPS vehicle	(Roberson, 2019)

Source: own elaboration

The exploration of expert systems for operational planning and route optimization in drone delivery has also marked a substantial stride in overcoming the inherent limitations of drone technology, such as flight endurance and payload capacity (Moadab et al., 2022, Rosales & Santoso, 2019). The discourse around the hybridization of delivery models, incorporating both drones and traditional delivery vehicles, underscores a pivotal evolution towards more efficient and sustainable last-mile delivery solutions (Lu et al., 2022, Sanchez-Wells et al., 2023). The real-world applications and ongoing research echo a converging consensus on the potential of drones in revolutionizing last-mile delivery operations, ushering in a new era of logistics and supply chain management.

#### 4.1. USE CASE: DELIVERY OF PHARMACEUTICAL PRODUCTS TO HARD-TO-REACH AREAS (BRETT, 2021)

In the rapidly evolving domain of aerial logistics, several pioneering enterprises including Zipline, Matternet, DHL Parcel, and Alphabet's Wing, have been at the forefront of revolutionizing Beyond Visual Line

of Sight (BVLOS) operations. These cutting-edge ventures are instrumental in transforming the logistics of critical healthcare deliveries, encompassing a broad spectrum of medical necessities. Their operations have facilitated the transportation of essential items such as blood, various laboratory specimens, an assortment of over-the-counter medications, life-saving vaccines, Covid-19 test samples, defibrillators for emergency response to heart attacks, inhalers for asthma relief, and a diverse range of general medical payloads and supplies.

The scope of these operations extends from remote, scarcely populated regions to densely inhabited urban centers. This wide operational range not only demonstrates the versatility and adaptability of BVLOS logistics but also underscores its vital role in healthcare delivery across different geographical contexts. The successful deployment of these services in varying locales provides compelling evidence of the substantial potential for further investments and research in this field. This is particularly pertinent in light of the escalating global demand for swift and reliable medical supply chains.

Moreover, these developments signal a pressing need for the harmonization of aviation regulations on a global scale. Such convergent regulatory frameworks are essential to ensure the safe, efficient, and optimized functioning of BVLOS operations worldwide. The establishment of standardized, universally accepted aviation norms would not only enhance the efficacy of these aerial delivery systems but also pave the way for their broader application and integration into existing healthcare and logistics infrastructures. Consequently, this presents a fertile ground for academic and practical exploration, aimed at maximizing the potential of BVLOS technology in transforming global healthcare logistics.

#### 4.2. USE CASE: DRONES TAKE TO THE SKY, POTENTIALLY DISRUPTING LAST-MILE DELIVERY (CORNELL ET AL., 2023)

In certain scenarios, particularly within regions burdened by suboptimal road infrastructure, or when the amalgamation of multiple deliveries is neither feasible nor efficient, the deployment of drones emerges as an economically superior mode of transportation. This paradigm shift is

particularly noticeable in environments where traditional vehicular transport faces geographical or infrastructural limitations, underscoring the distinct advantage of drones in navigating such logistical hurdles.

Moreover, the environmental credentials of drones are noteworthy. One of the most significant attributes of drone technology is its relatively minimal carbon footprint, especially when compared to electric cars and vans engaged in individual delivery missions. This benefit is further accentuated when contrasted with the emissions from gasoline-powered vehicles. The lower CO<sub>2</sub> emissions associated with drone deliveries align with the growing global emphasis on sustainable and environmentally responsible logistics practices.

The progressive developments in autonomous drone flight capabilities, coupled with advancements in unmanned traffic management systems and sophisticated sense-and-avoid technologies, represent a quantum leap in the domain of drone logistics. These technological strides extend beyond mere incremental improvements; they are pivotal in enhancing the operational efficacy, safety, and dependability of drone deliveries. As these technologies continue to evolve and gain wider application, the cost-effectiveness of drone delivery is expected to escalate markedly. This trajectory indicates a future wherein drone delivery could become a more prevalent and economically advantageous logistics solution, highlighting the imperative for ongoing research and development in this dynamic and emerging field.

#### 4.3. USE CASE: COMMERCIAL DRONE DELIVERY DEMONSTRATES CONTINUED MOMENTUM IN 2023 (CORNELL ET AL., 2023B)

The year 2022 marked a significant milestone in the commercial utilization of drones for delivery purposes. Notably, over ten drone operators successfully accomplished in excess of 5,000 commercial deliveries each within this period. Among these operators, a frontrunner emerged, distinguished by its achievement of executing several hundred thousand deliveries, thereby setting a new precedent in the industry.

The overall quantum of packages delivered via drone technology witnessed a remarkable surge, registering an increase exceeding 80 percent

when compared to the preceding year, 2021. This escalation culminated in a total of nearly 875,000 deliveries executed globally through drone technology in 2022. This substantial growth can be attributed to a confluence of key factors and industry trends.

Three principal trends were instrumental in driving this exponential growth in drone delivery. Firstly, geographical expansion played a critical role, with significant growth observed particularly in regions of Africa and North America. This expansion signifies a broadening acceptance and adoption of drone technology across diverse global markets. Secondly, the emergence of new use cases for drone deliveries further catalyzed the industry's growth. These novel applications highlighted the versatility and efficiency of drones in various sectors beyond traditional delivery models. Finally, the gradual coalescing of regulatory standards across different regions provided a more conducive and predictable framework for drone operations. This harmonization of regulations is crucial as it ensures safety, reliability, and compliance, thereby fostering a more stable and scalable environment for the drone delivery industry.

In summary, the year 2022 stands as a testament to the burgeoning capabilities and potential of drone technology in the realm of commercial deliveries. The remarkable growth observed during this period is indicative of the increasing reliance on and confidence in drone technology as a viable and efficient alternative to conventional delivery methods. This trend, supported by expanding geographical reach, innovative application areas, and evolving regulatory landscapes, sets a promising trajectory for the future of drone-based logistics.

#### 4.4. USE CASE: PARCEL-CARRYING DRONES HAVEN'T FILLED THE SKIES... YET (GARLAND, 2021)

In the contemporary landscape of e-commerce, the advent of the Covid-19 pandemic has catalyzed a remarkable surge in online ordering practices. This unprecedented increase in digital commerce has, in turn, accentuated the necessity for innovative and more efficient on-demand delivery services. The existing delivery methodologies are increasingly

being perceived as inadequate to meet the burgeoning demands of this new era. Flytrex, a prominent player in the field of aerial delivery, succinctly encapsulates this sentiment, acknowledging the phenomenal growth in online ordering over the past eighteen months and highlighting the consequential emergence of advanced delivery solutions.

Flytrex, in particular, has made significant strides in expanding its operational footprint. This expansion was notably accelerated following the acquisition of a critical permit from the Federal Aviation Administration (FAA) in May 2021, authorizing the company to conduct drone flights overpopulated areas. This regulatory milestone enabled Flytrex to extend its services to encompass over 2,000 households. A central objective of Flytrex's operational strategy is the ambitious pursuit of reducing the cost of drone deliveries to a fraction – one-tenth – of the expenses incurred in traditional courier services involving human personnel.

Parallel to Flytrex's endeavors, Matternet, another key entity in the drone delivery sector, has been focusing its efforts on the transportation of high-value healthcare commodities, particularly in urban settings. Matternet's initiative is driven by the recognition of the critical challenges posed by urban traffic congestion, which can significantly impede the timely and efficient delivery of urgent healthcare items via ground transport. This strategic focus is emblematic of the growing recognition of the unique advantages that drone technology offers in circumventing terrestrial traffic bottlenecks, thereby enhancing the reliability and speed of healthcare logistics.

In a notable development, Matternet commenced its operations at a hospital laboratory in Germany in November 2020. This initiative was aimed at facilitating the expedited transport of diagnostic samples across various facilities within the hospital's network. The launch of this operation is indicative of the practical applications of drone technology in streamlining healthcare logistics, particularly in complex and congested urban environments. This case serves as a microcosm of the broader potential of drone delivery systems in revolutionizing the transportation of critical medical supplies, thereby making a substantial contribution to the efficiency and effectiveness of healthcare services.

#### 4.4. USE CASE: AUTONOMOUS VEHICLES AND DRONES FORTIFY UPS' LOGISTICS OPERATIONS (ROBERSON, 2019)

United Parcel Service (UPS), a prominent player in the logistics and package delivery sector, has recently embarked on an innovative venture to integrate autonomous vehicle technology, with a specific focus on implementing drone-based trial projects. This strategic move by UPS is aimed at leveraging the advanced capabilities of unmanned aerial vehicles (UAVs) to revolutionize package delivery processes.

The company has articulated that the frequent utilization of drones for package delivery is anticipated to yield substantial improvements in operational efficiency. This enhancement is not merely limited to the acceleration of delivery times but extends to a broader impact within the retail sector. Specifically, the deployment of drones is expected to alleviate space constraints faced by franchisees in retail environments. By transferring a portion of the package handling responsibilities to aerial drones, valuable physical space within retail settings can be liberated, thereby optimizing the utilization of available retail real estate.

One of the noteworthy experiments conducted by UPS in this domain was the utilization of drone technology for the delivery of pharmaceutical products directly to customers' homes in North Carolina. This initiative has been recognized as a resounding success and marks a pivotal milestone in UPS's ongoing transformation journey. The success of this trial underscores the feasibility and effectiveness of drones in enhancing the speed and reliability of critical deliveries, such as pharmaceuticals, to end consumers.

Building upon this success, UPS has recently announced its plans to launch an additional drone trial. This upcoming project is set to unfold in San Diego and will operate in collaboration with the University of California San Diego Health through a specialized health campus delivery program. The objective of this initiative is to explore and further validate the efficacy of drone technology in a healthcare setting, potentially setting a precedent for future applications of UAVs in the medical and healthcare logistics sectors. This trial represents a significant step in

UPS's exploration of innovative delivery solutions and demonstrates the company's commitment to pioneering advancements in the realm of logistics and package delivery.

## 5. DISCUSSION

The transition towards drone technology in last-mile delivery operations showcases a promising trajectory in addressing the pressing challenges of urban logistics and delivery efficiency. This study delineates several real-world use cases where drones have been employed for last-mile delivery, encapsulating a variety of sectors including pharmaceuticals, consumer goods, and business-to-business deliveries. The diversification of drone applications accentuates their flexibility and adaptability in meeting distinct delivery requirements and operational contexts.

The UPS drone experiment elucidates a pragmatic approach in integrating drones with existing delivery infrastructures, thereby not only enhancing delivery efficiency but also extending the operational capabilities of traditional delivery systems. On the other hand, the utilization of drones for pharmaceutical deliveries underscores a crucial social impact, particularly in enhancing healthcare accessibility in remote or underserved areas.

**FIGURE 1.** UPS *drone-hybrid electric vehicle experiment*



Source: UPS

Moreover, the exploration of expert systems in planning and optimizing drone routes is a testimony to the relentless pursuit of operational efficiency in last-mile delivery. The incorporation of expert systems addresses, among others, the complex Vehicle Routing Problem (VRP), facilitating optimal route planning for drones to serve a given set of customers efficiently. Furthermore, the discourse around truck-drone hybrid systems and the integration with public transportation networks manifests an innovative stride towards overcoming the inherent limitations of drone technology, such as flight endurance and payload capacity.

The discussion also beckons a critical examination of the environmental and economic sustainability of drone technology. The findings underscore the drones' potential in significantly reducing greenhouse gas emissions and operational costs, aligning with the broader sustainability goals and the burgeoning consumer demand for faster and more efficient delivery services.

In summation, the real-world use cases, and the advancements in expert systems for drone route planning epitomize a progressive shift towards more efficient, sustainable, and accessible last-mile delivery solutions. The discussion accentuates the need for further exploration and adoption of drone technology in conjunction with expert systems to fully realize the transformative potential of drones in modern logistics and supply chain operations.

## 6. CONCLUSIONS

The examination of real-world use cases and the implementation of expert systems for planning drone routes in last-mile delivery operations illuminates the transformative potential of drone technology in modern logistics and supply chain management. The emergence of drones as a viable solution for last-mile delivery challenges has been substantiated by various real-world applications, ranging from pharmaceutical deliveries to urban logistics solutions. The cooperative use of drones alongside traditional delivery vehicles, as well as the exploration of public transport networks as mobile charging stations, exemplifies innovative approaches to extending drones' operational range and efficiency.

The discourse around the Vehicle Routing Problem (VRP) and the integration of expert systems in operational planning showcases the potential for sophisticated planning solutions in optimizing delivery routes, thereby enhancing operational efficiency and customer satisfaction. The environmental and economic efficiency of drones, characterized by reduced greenhouse gas emissions and delivery times, aligns with the growing sustainability objectives within the logistics sector, heralding a shift towards more sustainable distribution systems.

Future research should delve deeper into the operational, economic, and environmental implications of widespread drone implementation in last-mile delivery. This includes exploring the regulatory frameworks necessary to support the safe and efficient operation of drones within urban and suburban landscapes. Additionally, the development and validation of more advanced expert systems and AI-based planning algorithms are crucial to further refine the operational planning and route optimization processes for drone delivery.

Investigating the integration of drones with other emerging technologies such as autonomous vehicles and smart city infrastructures could unveil new horizons for achieving unprecedented levels of efficiency and sustainability in last-mile delivery operations. Lastly, longitudinal studies observing the long-term impacts of drone delivery on urban logistics, traffic congestion, and local economies will provide a more comprehensive understanding of the potential and challenges inherent in the broader adoption of drone technology for last-mile delivery.

## 7. REFERENCES

- Brett, D. (2021, September 8). *Drones used for last-mile delivery are “here to stay.”* Air Cargo News.
- Cornell, A., Kloss, B., Presser, D.J., & Riedel, R. (2023, January 3). *Drones take to the sky, potentially disrupting last-mile delivery.* McKinsey & Company.
- Cornell, A., Mahan, S., & Reidel, R. (2023, October 6). *Commercial drone deliveries are demonstrating continued momentum in 2023.* McKinsey & Company.
- Garland, M. (2021, September 29). *How the case for drone delivery expanded beyond parcels.* Industry Dive.

- Lu, S.-H., Kuo, R. J., Ho, Y.-T., Nguyen, A.-T. (2022). *Improving the efficiency of last-mile delivery with the flexible drones traveling salesman problem*. Expert Systems with Applications, 209, 118351.
- Moadab, A., Farajzadeh, F. & Fatahi Valilai, O. (2022). *Drone routing problem model for last-mile delivery using the public transportation capacity as moving charging stations*. Scientific Reports, 12, 6361.
- Roberson, C. (2019, April 29). *Drones – A Viable Last Mile Delivery Solution?* FreightWaves.
- Rosales Garcia, O., & Santoso, A. (2019). *Comparative Evaluation of Drone Delivery Systems in Last-Mile Delivery*. MIT Center for Transportation & Logistics.
- Sanchez-Wells, D., Gonzalez-R, P.L., Andrade-Pineda, J.L. (2023). *Multiple Trip Drones-Truck Combined Operations for Last-Mile Delivery Applications. A Literature Review*. IoT and Data Science in Engineering Management. CIO 2022. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 160. Springer, Cham.

*Este libro se terminó de elaborar en julio de 2024  
en la ciudad de Sevilla, bajo los cuidados de  
Francisco Anaya Benítez, director de Egregius editorial.*

