
This is the **published version** of the bachelor thesis:

Dueñas Villegas, Indira. *ESKAPE Hospitalario : Gamificación para la Divulgación Científica sobre Infecciones Nosocomiales*. Treball de Final de Grau (Universitat Autònoma de Barcelona), 2026 (Microbiologia)

This version is available at <https://ddd.uab.cat/record/331797>

under the terms of the  license.



ESKAPE Hospitalario:

Gamificación para la Divulgación Científica sobre Infecciones Nosocomiales

Indira Dueñas Villegas

Grado en Microbiología

María Pérez Varela

Universidad Autónoma de Barcelona

25/05/2026

Agradecimientos

A los docentes y centros educativos que confiaron en esta propuesta y facilitaron su implementación en el aula. Sobre todo a Olga por ayudarme a difundir la propuesta de la actividad, permitiendo que llegue a muchos otros docentes.

A María, mi tutora del TFG, por su orientación y disponibilidad absoluta a lo largo de todo el trabajo. A Ferran, mi profesor de estadística, por su ayuda y guía en el análisis estadístico, pieza fundamental para la parte de resultados de este proyecto.

Y por último, gracias a mis padres y amigas por su apoyo incondicional. En especial, a mi amigo Adri, por acompañarme en cada etapa y por su ayuda constante, incluso durante las sesiones de implementación.

Resumen:

Las infecciones nosocomiales y la resistencia a los antimicrobianos (RAM) representan una de las mayores crisis de salud pública del siglo XXI. Este trabajo presenta el diseño, desarrollo e implementación pedagógica de "ESKAPE Hospitalario", un laboratorio virtual gamificado creado para la divulgación de la microbiología clínica en entornos de educación secundaria y cursos superiores no universitarios. El objetivo principal fue evaluar si este recurso docente, centrado en la resolución de casos clínicos, facilita la adquisición de competencias científicas frente a la didáctica tradicional. La metodología consistió en un estudio cuantitativo, de diseño pre-post, con una muestra de 357 estudiantes de 8 centros educativos en Cataluña, abarcando desde 4º de la ESO, Bachillerato, hasta diversos Ciclos Formativos de Grado Medio y Superior. La efectividad pedagógica se validó mediante un cuestionario de 10 ítems, cuyos resultados fueron analizados mediante descriptivas, modelos lineales mixtos y regresión logística multivariante. Los resultados demuestran una eficacia significativa, con un incremento medio de 2,64 puntos tras la intervención (p-valor <0,001). El análisis estadístico confirma que la mejora en el rendimiento académico es transversal independientemente del bagaje formativo previo. En conclusión, el proyecto representa, por tanto, una herramienta en la alfabetización científica y sanitaria de la ciudadanía desde edades tempranas frente a los retos de la medicina del siglo XXI, demostrando que la gamificación es una vía efectiva para transformar la comprensión científica en un aprendizaje significativo.

Palabras clave: gamificación, divulgación científica, infecciones nosocomiales, bacterias ESKAPE, resistencia a los antimicrobianos (RAM)

Índice

1. Introducción.....	5
1.1. Microbiología clínica.....	5
1.2. Infecciones nosocomiales.....	5
1.3. Gamificación.....	6
1.4. Marco contextual.....	6
2. Objetivos.....	7
3. Metodología.....	8
3.1. Fuentes de información.....	8
3.2. Producción del recurso y el cuestionario.....	9
3.3. Implementación con el alumnado.....	10
3.4. Análisis estadístico de los datos.....	11
4. Resultados y discusión.....	12
5. Conclusiones.....	16
6. Bibliografía.....	17
Anexo I.....	19
Anexo II.....	21

1. Introducción

1.1. Microbiología clínica

La microbiología clínica es la rama de la microbiología dedicada al estudio de los microorganismos implicados en enfermedades humanas. Su principal objetivo es la detección, identificación y caracterización, mediante diversas pruebas en el laboratorio de los agentes etiológicos y sus sensibilidades. Esta resulta fundamental en el ámbito sanitario, ya que permite establecer diagnósticos precisos, orientar el tratamiento y contribuir a la prevención y control de infecciones. Más allá de la simple identificación de patógenos, la microbiología clínica integra los conocimientos de epidemiología, biología molecular y farmacología. [1, 2]

1.2. Infecciones nosocomiales

Dentro del campo de la microbiología clínica, las infecciones nosocomiales, también denominadas como infecciones relacionadas con la asistencia sanitaria (IRAS), son infecciones que se adquieren durante la atención en hospitales, clínicas u otros centros sanitarios como serían los centros de diálisis, de rehabilitación, etc. Clínicamente, se define que una infección es nosocomial cuando se manifiesta 48 horas o más después del ingreso del paciente o hasta 30 días tras el alta médica, siempre que no estuviera presente ni en periodo de incubación en el momento del ingreso. [3, 4]

Adquiere especial relevancia en este tipo de infecciones el grupo de bacterias conocido bajo el acrónimo ESKAPE, propuesto por la Infectious Diseases Society of America (IDSA). [5]

Este grupo está formado, principalmente, por:

- *Enterococcus faecium*: Coco Gram positivo que presentan una elevada resistencia intrínseca a múltiples antimicrobianos y una alarmante capacidad de adquirir resistencia a los glucopéptidos (cepas VRE).
- *Staphylococcus aureus*: Coco Gram positivo capaces de causar desde infecciones de tejidos profundos hasta bacteriemias graves, siendo las cepas resistentes a la metilicina (MRSA) un problema endémico en entornos críticos.
- *Klebsiella pneumoniae*: Enterobacteria, con una extraordinaria plasticidad genética, responsable de brotes epidémicos hospitalarios mediante la producción de betalactamasas de espectro extendido (BLEE) y carbapenemasas.
- *Acinetobacter baumannii*: Cocobacilo Gram negativo no fermentador que destaca por su extrema tolerancia a la desecación y resistencia a casi todas las familias de antibióticos disponibles, restringiendo en algunos casos, las opciones terapéuticas a fármacos de último recurso como la colistina.
- *Pseudomonas aeruginosa*: Bacilo gram negativo no fermentador oportunista, ubicuo en ambientes húmedos, que combina la impermeabilidad de membrana, bombas de expulsión activa y resistencia inducible como mecanismos de resistencia.
- *Enterobacter* spp.: Enterobacterias que expresan betalactamasas cromosómicas inducibles (AmpC), complicando las terapias empíricas de amplio espectro.

Estos microorganismos destacan por su capacidad para desarrollar resistencia frente a múltiples antibióticos, lo que dificulta significativamente su tratamiento. Además de poseer características fisiológicas y genéticas que les permiten su perseverancia en estos entornos clínicos. Son capaces de colonizar diversas superficies inanimadas como catéteres,

sistemas de ventilación mecánica, entre ellos, gracias a mecanismos avanzados como la formación de biopelículas. [1, 6]

1.3. Gamificación

En paralelo, el ámbito educativo ha experimentado una transformación pedagógica, impulsada por la incorporación de tecnologías digitales y la consolidación de las denominadas metodologías activas de aprendizaje. Estas metodologías se definen como modelos pedagógicos en los que el estudiante deja de ser un receptor pasivo de información para convertirse en el protagonista de su propio aprendizaje. A través de la interacción, la resolución de problemas y la reflexión, el alumno construye significados y competencias que van más allá de la memorización, permitiendo una mayor retención a largo plazo y la aplicación del conocimiento en contextos reales. Al situar al alumno en un rol activo, se estimula la curiosidad, se reduce la frustración ante el error y se fomenta este pensamiento crítico y analítico, competencias transversales indispensables para el desarrollo en el área científica. [7, 8]

Entre estas metodologías se encuentra la gamificación (derivada del término inglés game, juego) que ha emergido como una herramienta metodológica con el objetivo de aumentar la motivación, la participación, y la implicación en el proceso pedagógico por parte del alumnado. Esta gamificación consiste en la aplicación de elementos, mecánicas y dinámicas propias del diseño de juegos en entornos y contextos que originalmente no son lúdicos, como es un aula de secundaria o un laboratorio virtual. Elementos como el establecimiento de una narrativa inmersiva, la resolución de misiones, la concesión de insignias, los sistemas de puntuación inmediata y el feedback constructivo actúan de forma directa sobre la motivación del estudiante. Haciendo que no solo se incremente la participación activa, sino que también se favorece de manera notable la adquisición y comprensión de contenidos complejos mediante la experimentación directa y la resolución de problemas. [7-9]

1.4. Marco contextual

En un contexto de creciente complejidad sanitaria, la relevancia de las infecciones nosocomiales ha aumentado significativamente a nivel mundial, especialmente con la aparición de microorganismos con mecanismos de adaptación y transferencia genética horizontal, cada vez más sofisticados, para la evasión de los tratamientos con antimicrobianos. Actualmente, la Organización Mundial de la Salud (OMS) considera a estas infecciones como una de las mayores amenazas mundiales para la salud pública y la seguridad de los pacientes. Catalogando a estos microorganismos multirresistentes como patógenos prioritarios de investigación debido a su perfil de multirresistencia y la escasez crítica de alternativas terapéuticas eficaces. [10, 11]

De acuerdo con el informe anual epidemiológico del 2024 sobre las resistencias a antimicrobianos en Europa del Centro Europeo para la Prevención y el Control de Enfermedades (ECDC), las tasas de resistencia en bacterias como *Klebsiella pneumoniae* siguen mostrando una tendencia preocupante. Los datos confirman que la resistencia a carbapenémicos, antibióticos de última línea, se mantiene elevada en varios países, subrayando la urgencia de intervenciones tanto en la práctica clínica como en la concienciación social. Siendo la magnitud de esta amenaza global y estimándose que, de

no revertirse las tendencias actuales, las infecciones causadas por bacterias con resistencia a los antimicrobianos (RAM) podrían llegar a ocasionar hasta 8 millones de muertes anuales para el año 2050. [12, 13]

Estas infecciones afectan de forma incrementada, sobre todo a pacientes ingresados en unidades de cuidados intensivos (UCI), quienes normalmente presentan una mayor vulnerabilidad intrínseca debido a su estado de inmunosupresión o al uso de procedimientos invasivos. De hecho, las estadísticas señalan que, en Europa, 8 de cada 100 pacientes adquieren al menos una infección relacionada a la asistencia sanitaria durante su estancia en hospitales. Este impacto socioeconómico que generan es considerable, no solo por el alarmante aumento de las tasas de morbilidad y mortalidad directa, sino también por la prolongación de las estancias hospitalarias y el incremento masivo que esto supone para los costes de los sistemas sanitarios. [10, 14, 15]

Ante la insostenibilidad de este escenario, la Organización Mundial de la Salud (OMS) enfatiza de manera explícita en sus planes de acción globales que la educación, la divulgación científica y la concienciación social desde edades tempranas constituyen pilares fundamentales e irrenunciables para mitigar la crisis de la resistencia a los antimicrobianos (RAM). Explicar de manera didáctica y comprensible a la población fenómenos biológicos resulta vital para promover prácticas de salud ciudadana responsables, tales como el rechazo a la automedicación, el cumplimiento estricto de las pautas médicas antibióticas y la adopción de medidas higiénicas profilácticas básicas. [16]

No obstante, en el contexto educativo actual de la educación secundaria, la microbiología a menudo carece de una transposición didáctica adecuada, lo que deriva en un preocupante analfabetismo en este ámbito científico. Los contenidos curriculares suelen enfocarse desde una perspectiva meramente memorística y teórica, lo que convierte a los conceptos científicos en ideas abstractas o alejadas de la experiencia cotidiana y del interés real del alumnado. La gamificación se presenta aquí como una estrategia pedagógica idónea y necesaria para aproximar y divulgar el conocimiento a los estudiantes de secundaria y cursos superiores no universitarios. A través de la creación de un entorno interactivo digital, como un laboratorio virtual inmersivo, es posible desarrollar un aprendizaje verdaderamente significativo. Esto no solo mejora el rendimiento académico, sino que contribuye a crear una ciudadanía joven informada, competente, alfabetizada y sensibilizada frente a una de las pandemias silenciosas más preocupantes del siglo XXI. [17, 18]

2. Objetivos

El objetivo principal de este proyecto es el diseño, desarrollo, implementación en el aula y evaluación pedagógica de un recurso divulgativo e interactivo basado en un laboratorio virtual gamificado mediante la plataforma digital Genially. Enfocado en los principios de la microbiología clínica, las infecciones nosocomiales y las resistencias a los antimicrobianos. Dirigido principalmente a estudiantes de 4º de Educación Secundaria Obligatoria (ESO), Bachillerato y Ciclos Formativos de Grado Medio (CFGM) y Superior (CFGS) del ámbito sanitario.

Para conseguir el objetivo general planteado, se estructuran los siguientes objetivos específicos:

1. Desarrollar un recurso gamificado en un entorno de laboratorio virtual interactivo e inmersivo en la plataforma Genially, donde el usuario adopte de forma activa el rol de un microbiólogo clínico hospitalario encargado de la resolución de casos clínicos ficticios.
2. Adaptar y traducir el contenido científico y los protocolos técnicos microbiológicos en un lenguaje divulgativo que resulte accesible para estudiantes con formación científica básica, sin perder por ello el rigor técnico y científico.
3. Implementar la actividad gamificada dentro de aulas mediante dinámicas grupales dirigidas que estimulen el debate científico, la toma colectiva de decisiones clínicas y el coaprendizaje entre iguales.
4. Validar la herramienta mediante una evaluación con un cuestionario pre-post estructurado en 10 ítems analíticos clave para medir el nivel de adquisición de las competencias conceptuales.
5. Estudiar los datos recopilados tras la intervención en alumnos empleando la estadística descriptiva e inferencial con modelos lineales mixtos y modelos de regresión logística, para contrastar la hipótesis alternativa (H_1) de mejora y aprendizaje gracias al recurso, frente a la hipótesis nula (H_0) de ausencia de mejora y aprendizaje.

3. Metodología

3.1. Fuentes de información

La fundamentación teórica, la conceptualización científica y la elaboración de los casos clínicos incluidos en el recurso gamificado requirieron una exhaustiva revisión bibliográfica y documental centrada en la microbiología clínica. Las búsquedas académicas se realizaron principalmente a través de Google Scholar. Se priorizaron los artículos científicos de revisión, las guías de práctica clínica y los informes de consenso internacional publicados en los últimos años. Específicamente, el marco metodológico del diagnóstico se fundamentó en los procedimientos recomendados y guías técnicas de la Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica (SEIMC), las cuales detallan los procedimientos recomendados para el aislamiento y la identificación de patógenos en muestras biológicas y la posterior lectura interpretada del antibiograma. [1, 4, 19-21]

Asimismo, la documentación y construcción de la narrativa de los casos clínicos ficticios se inspiraron directamente en reportes de casos reales de infecciones nosocomiales causadas por bacterias pertenecientes al grupo ESKAPE, lo que permitió dotar al recurso de un cierto realismo científico. Y, para contextualizar el impacto macroeconómico y social de la importancia de las infecciones nosocomiales, la resistencia a los antimicrobianos (RAM), así como para justificar las estrategias de divulgación ciudadana, se analizaron las guías y planes de acción globales elaborados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y las estadísticas epidemiológicas provistas por el Centro Europeo para la Prevención y el Control de Enfermedades (ECDC). [12, 16, 22-25]

Por otra parte, el diseño de la arquitectura gamificada y las mecánicas se basaron en la literatura pedagógica contemporánea. Asegurándose que el recurso, pese a hacerse referencia a él como un juego, no se trata de Aprendizaje Basado en Juegos (ABJ) convencional, donde un juego ya existente se adapta y se vuelve el eje de la asignatura, sino que se trata de un recurso de un laboratorio virtual, donde se aprovechan las

mecánicas de gamificación para encapsular la experiencia. Haciendo que el recurso se diseñe para integrarse en una clase ordinaria como una herramienta de aprendizaje intensiva, sin necesidad de transformar toda la programación docente. [9]

3.2. Producción del recurso y el cuestionario

La gamificación ha ido tomando más relevancia en las aulas gracias al desarrollo de los videojuegos y de la tecnología. No obstante, para gamificar una asignatura o parte de ella no sería imprescindible utilizar un soporte informático complejo, pero sí se suele aprovechar el enganche psicológico y el entorno inmersivo que producen las interfaces relacionadas con el universo visual de un videojuego. Por este motivo, se optó por un formato de recurso tecnológico multiplataforma, ejecutable desde ordenadores, tabletas y dispositivos móviles conectados a internet, garantizando la equidad en el acceso tecnológico dentro de las aulas. [9]

Con el propósito de trasladar la divulgación científica rigurosa a un entorno estimulante, se desarrolló un simulador de laboratorio virtual interactivo gamificado, llamado "ESKAPE Hospitalario", estructurado en torno a la dinámica de resolución de casos clínicos. El núcleo narrativo sitúa al participante en la piel de un microbiólogo clínico que inicia una jornada en el laboratorio de microbiología de un hospital universitario ficticio. Este tiene diversos casos clínicos sobre pacientes que han desarrollado infecciones graves dentro del centro de salud, y su misión consiste, principalmente, en investigar la etiología y el tratamiento de estas infecciones nosocomiales.

Para avanzar progresivamente, los alumnos deben examinar de manera analítica diversos objetos preparados en la interfaz:

- Informes con el historial clínico del paciente.
- Resultados de visualización microscópica tras tinciones de Gram, crecimientos en placa, diversas pruebas bioquímicas de identificación y antibiogramas simplificados.
- Diversos apuntes sobre las infecciones nosocomiales, las bacterias ESKAPE, las resistencias y el correcto uso de los antibióticos.

Este juego se encuentra estructurado en un total de 4 casos clínicos independientes, cada uno protagonizado por una bacteria diferente. A medida que los alumnos resuelven los casos, la experiencia adquirida agiliza mecánicamente la resolución de los siguientes casos, gracias a la familiarización con la interfaz. Una vez completados con éxito los 4 casos clínicos, el juego ofrece al usuario una pantalla final de consolidación. Esta sección final consiste en un breve cuestionario de evaluación rápida, llamado "Quizz final", compuesto por 10 preguntas diseñadas para reforzar y afianzar las competencias, conceptos clave y aprendizajes adquiridos a lo largo de la actividad lúdica.

La maquetación, programación de hipervínculos e integración multimedia del material interactivo se llevó a cabo íntegramente mediante la plataforma en la nube Genially. La organización del contenido combina de manera equilibrada la instrucción guiada obligatoria con la toma de decisiones autónomas cooperando entre los jugadores, proporcionando explicaciones conceptuales breves, glosarios y recursos de apoyo audiovisual integrados que guían la interpretación autónoma de los datos microbiológicos expuestos. El acceso al recurso se encuentra en el Anexo I.

El cuestionario para la evaluación del conocimiento se realizó en formato online mediante la plataforma Google Forms. Contenía 5 preguntas de múltiple opción con 5 opciones por preguntas y un total, en todo el cuestionario, de 10 respuestas correctas a marcar identificadas como A, B1, B2, B3, C, D1, D2, D3, E1 y E2. En las cuales, se trataban los temas de infecciones nosocomiales (A), bacterias ESKAPE (B1, B2, B3) y el uso de antibióticos y las resistencias (C, D1, D2, D3, E1, E2). Donde se puntuó con 1 punto por correcta y -0,25 puntos por errónea. El cuestionario se encuentra recogido en el Anexo II.

3.3. Implementación con el alumnado

Para evaluar la efectividad pedagógica y la capacidad de transferencia de conocimiento del recurso interactivo diseñado, se llevó a cabo un estudio cuantitativo de diseño antes-después en una muestra constituida por 357 alumnos pertenecientes a múltiples itinerarios académicos y cursos educativos desde 4º de la ESO, 1º de Bachillerato, 2º de Bachillerato, así como diferentes Ciclos Formativos de Grado Medio (CFGM) y de Grado Superior (CFGS) integrados dentro del ámbito de las ciencias de la salud, como Técnico en Cuidados Auxiliares de Enfermería (TCAE), Emergencias Sanitarias (TES), Técnico en Farmacia y Parafarmacia, Dietética y, Laboratorio Clínico y Biomédico.

Inicialmente el proyecto estaba destinado a 3 institutos de Santa Coloma de Gramenet, pero debido a que diversos centros contactaron para solicitar realizar la actividad también, finalmente se distribuyó en un total de 8 institutos y centros educativos de diferentes comarcas de Cataluña:

- Comarca del Barcelonès: Institut Ramón Berenguer IV (Santa Coloma de Gramenet), Institut Les Vinyes (Santa Coloma de Gramenet), Institut Puig Castellar (Santa Coloma de Gramenet), Centre d'Estudis Dolmen (L'Hospitalet de Llobregat), y Col·legi Sant Gabriel (Sant Adrià del Besòs).
- Comarca del Baix Ebre: Institut Camarles (Camarles).
- Comarca del Baix Camp: Escola Puigcerver (Reus).
- Comarca del Gironès: Institut de Llagostera (Llagostera).

Las sesiones se realizaron presencialmente en las aulas habituales o las aulas de informática de los respectivos centros, contando con una duración temporal estandarizada de aproximadamente 60 minutos por grupo. Siendo coordinadas de forma directa por la autora de este TFG o por el profesorado titular de las asignaturas. El protocolo experimental cronológico se implementó bajo el siguiente esquema tripartido:

1. Cuestionario pre-juego: Antes de interactuar con el recurso, los alumnos respondieron de forma estrictamente individual y sin posibilidad de consultar fuentes externas, el cuestionario de 5 preguntas formato multiopción, en un tiempo promedio de unos 10 minutos.
2. Aplicación del recurso gamificado: Acto seguido a la finalización del cuestionario inicial, se inició la actividad central. Los alumnos se agruparon cooperativamente en equipos reducidos de entre 2 y 4 personas, para favorecer el aprendizaje colaborativo. Donde cada equipo dispuso de mínimo un dispositivo informático, sea un móvil, tablet u ordenador, para acceder al laboratorio virtual interactivo en Genially. El requisito mínimo para dar por concluida esta fase fue la resolución completa de, al menos, uno de los casos clínicos principales propuestos. Siendo la etapa más larga con un tiempo máximo de 40 minutos.

3. Cuestionario post-juego: Después de finalizar la experiencia con el juego, los alumnos volvieron a completar de manera estrictamente individual y sin consultas externas, el mismo cuestionario original de 5 preguntas, en otros 10 minutos promedio, permitiendo así medir con precisión los cambios cognitivos intrapersonales inducidos por el estímulo gamificado.

Fotografía realizada durante una sesión en el Institut Les Vinyes, en Santa Coloma de Gramenet (Barcelonès), con el alumnado del Ciclo Formativo de Grado Medio de Farmacia y Parafarmacia.



Se establecieron criterios de exclusión rigurosos para garantizar la calidad de los datos:

- Uso de fuentes externas: Se invalidaron los datos de aquellas personas que se detectó el uso de dispositivos externos o consultas ajenas durante la realización del cuestionario, tanto pre-juego como post-juego, comprometiendo la validez del estudio.
- Integridad de los datos: Se eliminaron del análisis las participaciones donde solo se completó el cuestionario pre-juego o el cuestionario post-juego, asegurando así la comparabilidad apareada.
- Tiempo de interacción insuficiente: Se descartaron las respuestas de alumnos cuyo tiempo de diferencia entre cuestionarios fue inferior a 20 minutos, dado que este periodo se consideró el mínimo necesario para realizar uno de los casos clínicos y realizar, de manera consciente, las dos veces el cuestionario.
- Sesgo de respuesta: Se excluyeron aquellos participantes que marcaron todas las 25 opciones posibles en alguna o ambas fases, lo que denota una falta de implicación cognitiva en la evaluación.

3.4. Análisis estadístico de los datos

Pese a utilizar Google Forms para el cuestionario, la plataforma no permitía la corrección automática de los ítems con el sistema de puntuación con penalización por error, por lo que la corrección se realizó manualmente y los datos se trasvasaron a una hoja de cálculo. Donde el cálculo de la puntuación global se realizó aplicando la fórmula:

$$\text{Puntuación} = (\text{nº de aciertos}) - (\text{nº de errores} \times 0,25)$$

Esta estandarización permitió penalizar la respuesta aleatoria y obtener un valor métrico ajustado de los conocimientos del estudiante. Esta hoja de cálculo, con los datos, facilitó la estructuración de la matriz de datos definitiva. Se realizó la codificación en formato numérico binario, donde un valor de 1 indicaba que el sujeto había marcado la respuesta correcta al ítem evaluado y un valor de 0 si no se había marcado. Además en la matriz, para cada alumno, contenía las dos observaciones apareadas asociadas a la variable temporal dicotómica llamada Tiempo, categorizada en sus dos niveles de contraste, pre y post, y la variable Curso, que refleja el nivel académico que cursaban los estudiantes.

Para el procesamiento analítico descriptivo y de la estadística inferencial, de los resultados generales, se utilizó el software estadístico de código abierto [Jamovi](#) versión 2.6.44. Para el análisis descriptivo, se calcularon los estadísticos de tendencia central y dispersión, además de los valores mínimos y máximos por grupo temporal y nivel educativo, permitiendo identificar la variabilidad intergrupar antes y después de la intervención. Para la evaluación de la puntuación global de los 357 alumnos se aplicaron Modelos Lineales Mixtos (LMM), una técnica estadística que permite controlar la variabilidad de las medidas repetidas, pre-post, dentro los mismos sujetos.

Adicionalmente, en colaboración con la Unitat de Bioestadística de Medicina de la UAB, mediante el uso del software SAS, se ejecutaron modelos de regresión logística multivariante para cada una de las 10 respuestas correctas. El objetivo fue aislar el efecto de la intervención ajustando por la variable Curso. Permitiendo determinar si la probabilidad de éxito estaba condicionada por el bagaje académico previo. Se tomó 4º de la ESO como categoría de referencia, dado que representa en el itinerario académico actual, el nivel educativo basal común antes de la especialización profesional de los siguientes cursos. Esta variable se reportó y discutió mediante el cálculo de las Odds Ratios (OR), indicador que permite cuantificar la asociación entre cursar un nivel académico concreto y la probabilidad de acierto desde el inicio. Para interpretar estos resultados, se consideraron tanto los valores de significación estadística global como los específicos por parámetro, estableciendo el umbral de significación estadística en un p-valor convencional de $\alpha \leq 0,05$.

4. Resultados y discusión

Tabla 1. Descriptivas de las puntuaciones globales

Tiempo	Curso	N	Media	DE	Mínimo	Máximo
Pre	4 ESO	21	3,36	2,44	-0,25	9,50
	1 Bachillerato	116	3,95	2,27	-0,75	9,75
	2 Bachillerato	57	4,77	2,20	0,25	9,00
	CFGM TCAE	67	4,96	2,10	0,00	10,00
	CFGM TES	28	3,46	2,41	0,00	9,75
	CFGM Farmacia	35	5,23	1,90	1,75	9,50
	CFGS Dietética	11	4,23	1,71	2,25	8,00
	CFGS Laboratorio	22	7,17	2,07	1,00	10,00
Post	4 ESO	21	6,73	2,04	3,50	10,00
	1 Bachillerato	116	7,27	2,16	0,50	10,00
	2 Bachillerato	57	7,87	1,45	5,00	10,00
	CFGM TCAE	67	7,45	1,89	3,75	10,00
	CFGM TES	28	6,07	1,96	2,50	10,00
	CFGM Farmacia	35	7,25	1,53	4,25	10,00
	CFGS Dietética	11	6,91	2,25	3,75	10,00
	CFGS Laboratorio	22	8,69	1,40	3,50	10,00

Nota: La tabla muestra la estadística descriptiva con la cantidad de muestra, la media, la desviación estándar, los mínimos y los máximos de las puntuaciones obtenidas antes y después de la intervención con el juego separadas por los cursos.

En la Tabla 1 se observa el análisis descriptivo, con una tendencia al alza en las medias de puntuación en todos los cursos tras la intervención, en el post. Es destacable que el grupo de 4º de la ESO y 1º de Bachillerato experimentaron el mayor incremento relativo respecto a la situación basal, el pre. Por el contrario, los grupos de CFGS en Laboratorio Clínico y Biomédico y CFGM de Farmacia ya partían de una media superior debido a su formación académica previa. En cuanto a la desviación estándar, se aprecia una reducción generalizada en el post, a excepción del ciclo de Dietética, lo que sugiere a rasgos generales una mayor homogeneidad en los resultados tras la actividad. Respecto a los valores extremos, los mínimos muestran una mejora generalizada, logrando que alumnos que partían de puntuaciones negativas, debido a la penalización por errores, alcancen valores positivos. En los valores máximos, aunque desde el inicio se observan puntuaciones elevadas, los cursos con margen de mejora alcanzaron el máximo posible tras la intervención.

Tabla 2. Resultado del modelo lineal mixto comparando tiempos

Comparación			Diferencia	EE	t	gl	p
Tiempo	vs	Tiempo					
Pre	-	Post	-2,640	0,1452	-18,18	349	<,001

Nota: La tabla muestra los resultados del modelo lineal mixto evaluando la diferencia de puntuación entre tiempo de manera global, otorgando la diferencia, el error estándar, el estadístico t, los grados de libertad y el p-valor.

El modelo lineal mixto, en la Tabla 2, demuestra que los resultados globales son estadísticamente significativos, comparando tras la exposición al juego. Se registró un aumento promedio de 2,64 puntos tras realizar la actividad, con un error estándar reducido de aproximadamente 0,15. El estadístico t obtenido de -18,18 proporciona una evidencia robusta en contra de la hipótesis nula, lo cual se confirma con un p-valor inferior a 0,001. Estos resultados permiten rechazar con un alto grado de confianza la hipótesis nula, confirmando que la mejora observada no es fruto del azar.

Por otra parte, en cuanto a la regresión logística multivariante, en la Tabla 3, los resultados de las Odds Ratios (OR) revelan variaciones interesantes según la pregunta y el nivel académico. En la respuesta A, se observó que el alumnado de los Ciclos Formativos mostró una mayor probabilidad de acierto frente a los estudiantes de 4º de ESO y Bachillerato, lo que evidencia un conocimiento basal superior en cuanto a la definición de infecciones nosocomiales. No obstante, para el resto de los ítems, los resultados fueron más específicos según el bagaje previo. En la respuesta B2, fueron los alumnos con mayor formación microbiológica, de 2º de Bachillerato y CFGS Laboratorio, quienes mostraron las Odds Ratios (OR) más significativas. En los ítems sobre el uso de antibióticos, la respuesta D1 presentó OR significativas y crecientes en 2º de Bachillerato, TCAE y Laboratorio, respectivamente. La respuesta D2 fue significativa únicamente para el ciclo de Laboratorio, y la D3 destacó en 2º de Bachillerato y Laboratorio. Finalmente, para la respuesta E1, los ciclos de Farmacia y Laboratorio fueron los únicos con OR significativas.

La estadística también reveló la ausencia de diferencias significativas en las respuestas B1 y B3, lo que sugiere que estos conceptos constituyen una laguna de conocimiento común que el juego puede ayudar a resolver por igual, independientemente del nivel académico previo del alumno. Como se puede observar en el Gráfico 1, esta eficacia es evidente en la respuesta B1, donde se obtuvo un incremento de 168 alumnos que marcaron correctamente esta respuesta solo tras el juego. En cambio, para el ítem B3, el concepto no resultó tan clarificado tras la intervención, dado que solo 77 alumnos lo marcaron después, frente a 198 que no lo marcaron ni antes ni después del juego.

Por el contrario, en las respuestas C y E2, la falta de significancia estadística respondió a una dinámica diferente, el conocimiento inicial era ya tan elevado en todos los grupos que se produjo un efecto techo. Tal como muestra el Gráfico 1, estas fueron las respuestas con mayor número de aciertos desde el inicio hasta el final, con 295 y 263 alumnos respectivamente, que ya tenían el concepto consolidado y lo mantuvieron tras el juego. Un caso extremo fue el ítem E2 en el curso de Dietética, donde el 100% de aciertos impidió que el modelo pudiera calcular la OR, al no existir variabilidad en los datos.

Tabla 3. Odds Ratio de las respuestas correctas por curso

	Respu estas	1 Bachiller ato	2 Bachiller ato	CFGM TCAE	CFGM TES	CFGM Farmacia	CFGS Dietética	CFGS Laborato rio
Odds Ratio (OR)	A	2,21	2,81	82,72*	3,61*	3,69*	13,69*	106,58*
	B1	0,65	0,65	0,65	0,34	0,78	0,25	0,78
	B2	1,20	2,53*	0,82	0,86	1,39	0,79	5,30*
	B3	0,87	0,79	0,67	0,61	0,69	1,72	0,69
	C	1,06	1,86	1,74	1,01	3,86	0,75	6,32
	D1	1,47	1,38*	2,67*	0,44	0,93	1,67	14,96*
	D2	0,89	1,47	1,06	0,86	1,80	0,40	9,5*
	D3	1,21	2,12*	1,43	0,51	1,47	0,86	6,28*
	E1	1,60	2,02	1,65	0,89	43,33*	0,70	8,27*
	E2	1,25	2,80	1,20	0,53	0,79	...	1,86

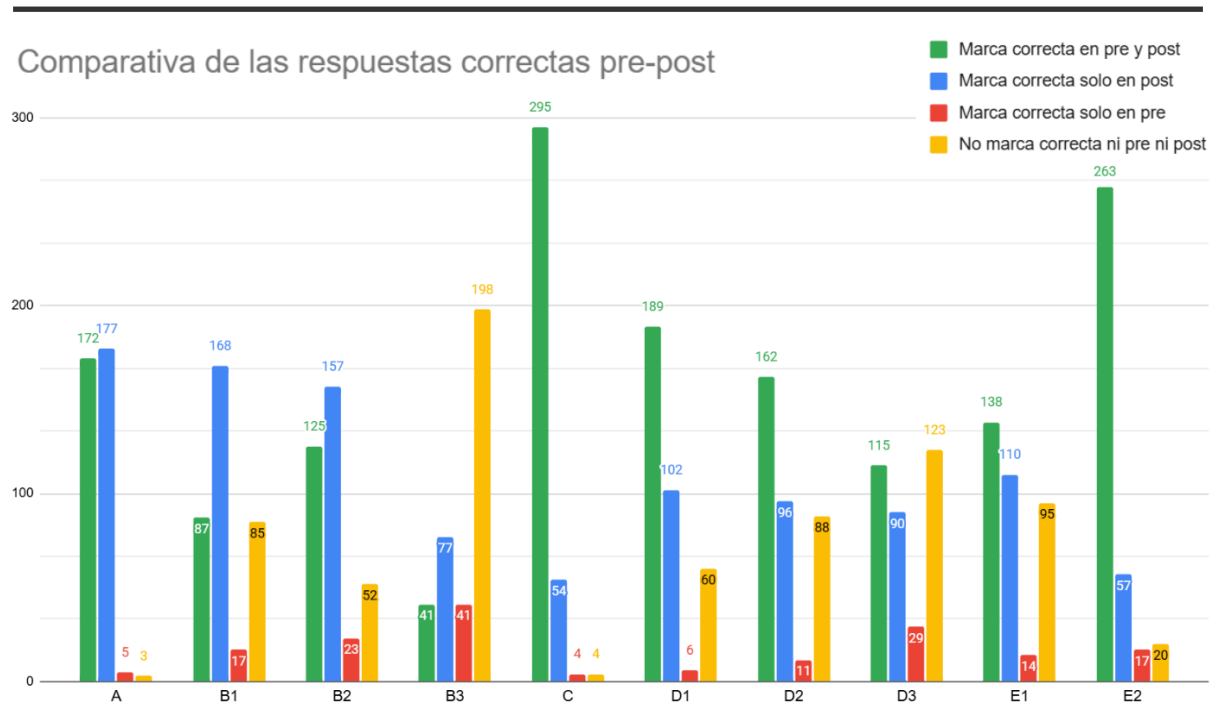
Nota: La tabla muestra las OR de los cursos, comparándolas contra 4º ESO, motivo por el cual este curso no aparece en la tabla. Aquellas OR marcadas con un * tienen, para el propio curso en esa respuesta, un p-valor de <0,05, indicando que la probabilidad de acertar por pertenecer a ese curso es realmente significativa.

Estos hallazgos son coherentes con la carga curricular de cada titulación. El ciclo de Laboratorio, al ser el que presenta una formación más extensa en microbiología, obtuvo OR muy significativas en la mayoría de las cuestiones. Sin embargo, también se observó otras competencias específicas de cada ciclo, como el alumnado de TCAE que mostró una OR significativa en el ítem D1, vinculado a la prevención de resistencias mediante el uso correcto de antibióticos. Del mismo modo, el ciclo de Farmacia destacó en la respuesta E1 con un alto valor significativo de OR para este ítem, relacionada con las consecuencias de interrumpir tratamientos antibióticos, reflejando cómo el aprendizaje previo de sus

respectivas especialidades favorece la resolución más exitosa, en según qué ítems, del cuestionario.

En definitiva, el análisis de la variable Curso revela que, si bien existen diferencias significativas basales a favor de los cursos superiores como 2º de Bachillerato o el CFGS de Laboratorio debido a su bagaje académico, la variable Tiempo pre-post se mantiene como el predictor con mayor peso estadístico en el modelo global. Los resultados aportan evidencia concluyente sobre la eficacia pedagógica del entorno gamificado, donde la intervención induce un cambio significativo y positivo, rechazando categóricamente la hipótesis nula y validando la efectividad del recurso diseñado para estudiantes desde 4º de la ESO hasta cursos superiores.

Gráfico 1. Comparativa de las respuestas correctas pre-post



Nota: El gráfico muestra la cantidad de alumnos que en cada respuesta del cuestionario marcaron correctamente tanto en el pre y el post (verde), si solo fue en el post (azul), solo en el pre (rojo), o en ninguna (amarillo), en cada uno de los 10 ítems evaluativos.

A la luz de los resultados obtenidos, estos permiten identificar áreas de mejora para futuras iteraciones del recurso. La presencia de efectos techo en ciertos ítems, como el E2, sugiere la necesidad de recalibrar la dificultad de algunas preguntas, permitiendo así una mayor discriminación en los niveles de competencia. Asimismo, resulta fundamental ampliar el tamaño muestral en aquellas cohortes con una menor representación, como sucede con el ciclo de Dietética (n=11) frente a 1º de Bachillerato (n=116), lo que permitiría equilibrar el peso estadístico de cada grupo y dotar al estudio de una mayor robustez. Por otro lado, los resultados en el ítem B3, donde no se observó una mejora significativa tras la intervención ponen de manifiesto una oportunidad para revisar la transposición didáctica de dicho contenido. Estos datos indican que el material explicativo o las dinámicas relacionadas con este concepto concreto podrían requerir un refuerzo o una reformulación en la interfaz del

laboratorio virtual, para asegurar que el contenido científico sea más accesible y entendible para el alumnado.

5. Conclusiones

Los resultados estadísticos obtenidos avalan el cumplimiento de los objetivos planteados al inicio de este trabajo. Se ha demostrado que la herramienta no solo es eficaz pedagógicamente de manera general, sino que su diseño y la capacidad de rápida implementación la convierten en un recurso altamente eficiente para las necesidades del aula moderna.

La acogida y validación externa por parte de los docentes de los centros educativos han constatado una demanda latente de materiales de calidad en el ámbito de la microbiología. El hecho de haber superado la planificación inicial, pasando de una intervención de tres centros a una demanda espontánea en cinco adicionales, es una prueba inequívoca de la necesidad de herramientas que, más allá de informar, logren captar el interés y el compromiso del alumnado. Este fenómeno subraya la existencia de una necesidad sentida en el profesorado por la búsqueda de recursos que trasciendan la didáctica tradicional y promuevan un aprendizaje activo, para la divulgación de la microbiología clínica y las resistencias a los antimicrobianos.

Una de las fortalezas destacables de este recurso es su elevado potencial de escalabilidad. Al estructurarse sobre una base conceptual del nivel de 4º de la ESO, que actúa como un mínimo común denominador educativo, los contenidos resultan trasladables a la población adulta no experta en el ámbito. Esto sitúa al recurso no sólo como un material de aula, sino como una pieza clave para la alfabetización científica y sanitaria. La lucha contra la crisis de las resistencias a los antimicrobianos requiere de una ciudadanía informada. Por ello, este recurso posee una gran capacidad para ser implementado en entornos no formales, como centros cívicos o campañas de salud pública.

En cuanto a las limitaciones del estudio, se ha identificado una menor representatividad de ciertas cohortes menos representadas. Por consiguiente, las futuras líneas de investigación deberían centrarse en ampliar el tamaño muestral, buscando grupos más homogéneos y robustos que permitan un equilibrio estadístico superior. Asimismo, se hace necesario un proceso de revisión y mejora de aquellos contenidos didácticos que, tras el análisis, han mostrado un menor rendimiento pedagógico, con el fin de reformular la transposición didáctica de los conceptos menos claros y optimizar así la eficacia global de la herramienta en todos los niveles académicos.

En conclusión, este trabajo no solo ha culminado en el desarrollo de un material didáctico funcional, sino que ha servido como prueba piloto de que la divulgación científica, cuando se fundamenta en un diseño pedagógico, tiene la capacidad de reducir la disparidad en la base académica. Siendo este proyecto un paso adelante en la alfabetización de la ciudadanía, desde tempranas edades, frente a uno de los retos de la medicina más importante del siglo XXI, demostrando que la gamificación es una vía efectiva para transformar la comprensión científica en un aprendizaje significativo.

6. Bibliografía

1. Murray PR, Rosenthal KS, Pfaller MA. Microbiología médica. Elsevier Health Sciences; 2021.
2. Mühlhauser PM, Rivas JL. Laboratorio de microbiología: conocimientos básicos para un clínico. Revista Médica Clínica las Condes. 1 de mayo de 2014;25(3):569-79. [https://doi.org/10.1016/s0716-8640\(14\)70072-0](https://doi.org/10.1016/s0716-8640(14)70072-0)
3. Bermejo B, De Jalón JG, Insausti J. Vigilancia y control de las infecciones nosocomiales: EPINE, VICONOS, PREVINE, ENVIN-UCI. DOAJ (DOAJ: Directory Of Open Access Journals). 28 de mayo de 2009;23(2):37-47. <https://doaj.org/article/76a83466db1d4139881598a3fc69767a>
4. Szabó S, Feier B, Capatina D, Tertis M, Cristea C, Popa A. An Overview of Healthcare Associated Infections and Their Detection Methods Caused by Pathogen Bacteria in Romania and Europe. Journal Of Clinical Medicine. 4 de junio de 2022;11(11):3204. <https://doi.org/10.3390/jcm11113204>
5. Rice LB. Federal Funding for the Study of Antimicrobial Resistance in Nosocomial Pathogens: No ESKAPE. The Journal Of Infectious Diseases. 7 de marzo de 2008;197(8):1079-81. <https://doi.org/10.1086/533452>
6. De Oliveira DMP, Forde BM, Kidd TJ, Harris PNA, Schembri MA, Beatson SA, et al. Antimicrobial Resistance in ESKAPE Pathogens. Clinical Microbiology Reviews. 12 de mayo de 2020;33(3). <https://doi.org/10.1128/cmr.00181-19>
7. Villalobos-López JA. Metodologías activas de aprendizaje y la ética educativa. Revista Docentes 2 0. 29 de agosto de 2022;13(2):47-58. <https://doi.org/10.37843/rted.v13i2.316>
8. Gallego-Durán FJ, Arnedo CJV, Cuerda RS, Compan P, Molina-Carmona R, Largo FL. Panorámica: serious games, gamification y mucho más. RUA, Repositorio Institucional de la Universidad de Alicante (Universidad de Alicante). 6 de agosto de 2014;7(2):2. <http://hdl.handle.net/10045/37972>
9. Servicio de Innovación Educativa de la Universidad Politécnica de Madrid. Gamificación en el aula. UPM; 2020.
10. World Health Organization. Global report on infection prevention and control 2024. WHO eBooks. 2024. <https://doi.org/10.2471/b09195>
11. World Health Organization. WHO bacterial priority pathogens list, 2024: bacterial pathogens of public health importance, to guide research, development, and strategies to prevent and control antimicrobial resistance. WHO; 2024.
12. European Centre for Disease Prevention and Control. Antimicrobial resistance in the EU/EEA (EARS-NET) - Annual epidemiological report for 2024. ECDC; 2025.
13. Naghavi M, Vollset SE, Ikuta KS, Swetschinski LR, Gray AP, Wool EE, et al. Global burden of bacterial antimicrobial resistance 1990–2021: a systematic analysis with forecasts to 2050. The Lancet. 1 de septiembre de 2024;404(10459):1199-226. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(24\)01867-1](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(24)01867-1)
14. Zaragoza R, Ramírez P, López-Pueyo MJ. Infección nosocomial en las unidades de cuidados intensivos. Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica. 23 de marzo de 2014;32(5):320-7. <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2014.02.006>

15. European Centre for Disease Prevention and Control. Healthcare-associated infections acquired in intensive care units - Annual Epidemiological Report for 2022. ECDC; 2026.
16. World Health Organization. Prevención de la resistencia a los antimicrobianos y sensibilización temática en las escuelas: recomendaciones para docentes y responsables de las políticas. WHO; 2025.
17. Simon S, Labandera M. Resistencia antimicrobiana, una pandemia silenciosa. Salud militar. 24 de mayo de 2023;42(1):e401. <https://doi.org/10.35954/sm2023.42.1.5.e401>
18. Timmis K, Hallsworth JE, McGenity TJ, Armstrong R, Colom MF, Karahan ZC, et al. A concept for international societally relevant microbiology education and microbiology knowledge promulgation in society. Microbial Biotechnology. 1 de mayo de 2024;17(5):e14456. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.14456>
19. Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica. Procedimiento 26. Cultivos de vigilancia epidemiológica de bacterias resistentes a los antimicrobianos de interés nosocomial. SEIMC; 2000.
20. Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica. Procedimiento 37. Métodos de identificación bacteriana en el Laboratorio de Microbiología. SEIMC; 2010.
21. Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica. Procedimiento 11. Métodos básicos para el estudio de la sensibilidad a los antimicrobianos. SEIMC; 2000.
22. Supranoto YTN, Habibi AF, Risqiyani SZ, Drajad RMD, Agustina M, Semita SpOSIN, et al. A Case Report: Surgical Site Infection of Open Fracture Grade IIIC Caused by Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). Journal Of Asian Medical Students' Association. 4 de septiembre de 2021;9(1). <https://www.jamsa.amsa-international.org/index.php/main/article/view/217>
23. Viaggi B, Sbrana F, Malacarne P, Tascini C. Ventilator-associated pneumonia caused by colistin-resistant KPC-producing *Klebsiella pneumoniae*: A case report and literature review. Respiratory Investigation. 20 de febrero de 2015;53(3):124-8. <https://doi.org/10.1016/j.resinv.2015.01.001>
24. Bavaro DF, Romanelli F, Stolfi S, Belati A, Diella L, Ronga L, et al. Recurrent neurosurgical site infection by extensively drug-resistant *P. aeruginosa* treated with cefiderocol: a case report and literature review. Infectious Diseases. 9 de diciembre de 2020;53(3):206-11. <https://doi.org/10.1080/23744235.2020.1856921>
25. Pontefract BA, Rovelsky SA, Madaras-Kelly KJ. Linezolid to treat urinary tract infections caused by vancomycin-resistant *Enterococcus*. SAGE Open Medicine. 1 de enero de 2020;8:2050312120970743. <https://doi.org/10.1177/2050312120970743>

Anexo I

QR de acceso al recurso ESKAPE Hospitalario:

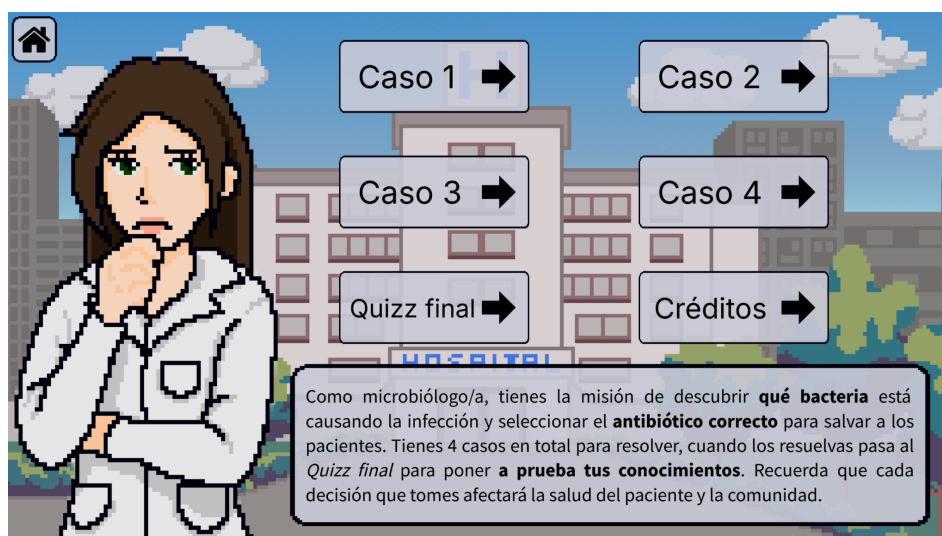


Capturas de pantalla de las principales escenas del juego:

- Portada



- Selección del caso



- Laboratorio virtual interactivo



- Insignia final tras completar los casos y el Quizz final



Anexo II

Cuestionario evaluador pre y post juego:

Recogida de los datos del sujeto (Respuestas escritas y/o única opción, obligadas a contestar)

- Nombre y apellidos: _____
- Instituto y localidad en la que estudias: _____
- Nivel de curso actual:
 - 4º ESO
 - 1º Bachillerato
 - 2º Bachillerato
 - Otro: _____
- Estás contestando a este cuestionario:
 - Antes de jugar a ESKAPE Hospitalario
 - Después de jugar a ESKAPE Hospitalario

Recogida de los datos sobre el conocimiento del sujeto (Respuestas de múltiple opción, no obligadas a responder. Marcadas las respuestas correctas en relación los 10 ítems a evaluar con un * y su numeración entre paréntesis)

- Selecciona una o más opciones que completen la frase: Una infección nosocomial es...
 - Una infección la cual solo puede tratarse en el hospital
 - Una infección que se adquiere estando en un hospital o centro sanitario *(A)
 - Una infección que siempre está causada por una bacteria multirresistente
 - Una infección donde se adquiere una bacteria por la nariz
 - Una infección donde se adquiere una bacteria por comer comida contaminada
- Selecciona una o más opciones que completen la frase: Las bacterias del grupo ESKAPE son importantes porque...
 - Se asocian a infecciones hospitalarias *(B1)
 - Siempre causan muerte
 - Pueden presentar resistencia a varios antibióticos *(B2)
 - No pueden identificarse en laboratorio
 - Suelen ser difíciles de tratar *(B3)
- Selecciona una o más opciones que completen la frase: Los antibióticos sirven para tratar...
 - Algunas infecciones causadas por bacterias *(C)
 - Algunas infecciones causadas por virus
 - Resfriados comunes
 - Cualquier tipo de fiebre
 - Todas las infecciones causadas por parásitos
- Selecciona una o más opciones que contesten a la pregunta: ¿Qué puede favorecer la aparición de resistencias bacterianas?

- Tomar antibióticos sin receta médica *(D1)
 - Dejar el tratamiento antes de tiempo *(D2)
 - Usar los antibióticos solo cuando lo indica un profesional
 - Usar los antibióticos para intentar tratar infecciones por virus *(D3)
 - Completar el tratamiento como se indica por un profesional
- Selecciona una o más opciones que contesten a la pregunta: Si un paciente deja el antibiótico antes de tiempo...
 - Es recomendable si se encuentra mejor
 - Puede favorecer a las resistencias *(E1)
 - Puede no curarse completamente *(E2)
 - Es lo correcto porque el antibiótico seguirá actuando en el cuerpo durante semanas
 - El cuerpo se acostumbra y así se cura solo