

Desarrollo y aplicación de un *escape room* sobre la tabla periódica

Design and implementation of an Escape Room about the Periodic Table

Pablo Rosales-Peláez¹, Freddys R. Beltrán², Marta Ruiz-Santaquiteria³, Victor M. Díaz-Lorente², María M. Conde²,
Jorge Ramírez²

pabros01@ucm.es, f.beltran@upm.es, m.ruizsantaquiteria@upm.es, victormanuel.diaz@upm.es, maria.mconde@upm.es,
jorge.ramirez@upm.es

¹Departamento de Química Física
Facultad de Ciencias Químicas
(Universidad Complutense de Madrid)
Madrid, España

²Departamento de Ingeniería Química
Industrial y Medio Ambiente
Escuela Técnica Superior de
Ingeniería Industrial
(Universidad Politécnica de Madrid)
Madrid, España

³Departamento de Ingeniería Mecánica,
Química y Diseño Industrial.
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
y Diseño Industrial
(Universidad Politécnica de Madrid)
Madrid, España

Resumen- En este trabajo, se describe la implementación y puesta en marcha de un juego de escape (*escape room*), diseñado para conmemorar el Año Internacional de la Tabla Periódica de los Elementos Químicos y destinado a estudiantes de primeros cursos universitarios en carreras técnicas, así como a estudiantes de cursos inferiores. Se pretende que, a través del juego, los participantes adquieran competencias específicas básicas de Química y competencias transversales como trabajo en grupo y creatividad y, al mismo tiempo, comprendan la dificultad que conlleva un descubrimiento científico de la magnitud de la Tabla Periódica de Mendeléyev. El *escape room* se ha probado con varios grupos de alumnos de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid con éxito, aunque se espera su implementación más masiva durante los primeros meses del curso 2019-20. También se describen de forma cualitativa los resultados de la implementación preliminar realizada.

Palabras clave: *gamificación, aprendizaje cooperativo, química*

Abstract- In this work, the design and implementation of an escape room is described. The game, which has been created to commemorate the International Year of the Periodic Table of the Elements, is aimed at first year students of scientific degrees, as well as at students of secondary and high school. By playing the game, the students will acquire basic specific competencies in the area of Chemistry as well as general competencies like group work or creativity and, at the same time, they will understand the difficulty associated to scientific discovery. The *escape room* has been tested on several groups of students of the School of Industrial Engineering of the Technical University of Madrid successfully, although a much wider implementation of the game will occur during the first months of the course 2019-20. Here, the results of the preliminary implementation are described qualitatively.

Keywords: *gamification, cooperative learning, chemistry*

1. INTRODUCCIÓN

Los alumnos universitarios de nuevo ingreso experimentan un cambio significativo en su vida académica al dejar atrás el Bachillerato y entrar en la universidad. Factores como el mayor

número de alumnos por clase, el ritmo más rápido con el que se imparten contenidos de una dificultad superior y la menor personalización en el seguimiento del aprendizaje y de la relación profesor-estudiante pueden causar una menor participación del alumnado en el aula, con el consecuente impacto negativo en el desempeño académico. En este contexto, se considera de vital importancia implantar metodologías docentes que despierten el interés y fomenten la motivación de los alumnos, y en este sentido destaca la gamificación.

La gamificación, o ludificación, consiste en el uso de conceptos, técnicas y dinámicas propias de los juegos en contextos no lúdicos (Deterding, Dixon, Khaled y Nacke, 2011), como puede ser el proceso de aprendizaje. La implantación de este tipo de dinámicas persigue mejorar la participación, motivación, interés e incluso la dedicación de los alumnos y activar el proceso de aprendizaje, así como mejorar su productividad y evaluación. Además, esta herramienta puede ser un complemento ideal para técnicas convencionales, ya que ayudan al desarrollo de competencias transversales como el trabajo en equipo, la comunicación, el liderazgo y la creatividad (Parente, 2016). La gamificación mejora el compromiso del alumno con la actividad docente en la que participa, consiguiendo que adquiera un aprendizaje significativo asociado a una experiencia atractiva.

El objetivo de este trabajo es el diseño e implementación de un juego de escape (*escape room*) centrado en el tema de la Tabla Periódica de los Elementos Químicos, para su uso en los primeros cursos de los grados impartidos en la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), así como en niveles inferiores (Educación Secundaria y Bachillerato). Naciones Unidas ha proclamado 2019 como el Año Internacional de la Tabla Periódica (“Resolución Naciones Unidas”, 2017), coincidiendo con el 150 aniversario del descubrimiento de Sistema Periódico por parte de Dmitri Mendeléyev. Mediante el desarrollo del *escape room*, se pretende contribuir a la difusión de la importancia de este descubrimiento, que es sin duda uno de los logros científicos más importantes de la humanidad.

Octubre 9-11, 2019, Madrid, ESPAÑA

V Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad (CINAIC 2019)

Para cumplir este objetivo, en una primera fase se han recogido ideas tanto de estudiantes como de profesores del área de conocimiento de Química de la UPM para el desarrollo de un *escape room* centrado en la Química y en la Tabla Periódica. En una segunda fase, se ha desarrollado el juego, diseñando la historia, la ambientación y todos los materiales necesarios para resolver los enigmas. Por último, el juego ha sido implantado en una localización real de la UPM y probado con grupos de alumnos de primer curso de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (ETSII) y de otras escuelas de la UPM. Dado el éxito de la iniciativa, el juego se va a publicitar durante la Semana de la Ciencia y se probará con alumnos de Institutos de la Comunidad de Madrid.

Con el desarrollo y aplicación de este *escape room* se pretende mejorar la motivación, interés e implicación de los alumnos de los primeros cursos con respecto a las asignaturas de Química, en conjunto con la adquisición de competencias específicas y transversales asociadas a las asignaturas de esta área de conocimiento. Al escoger la Tabla Periódica como tema central del juego se pretende ir más allá de la simple conmemoración del 150 aniversario de su descubrimiento. La participación en el *escape room* permite a los alumnos trabajar en profundidad algunos conceptos básicos de la Tabla Periódica que son indispensables en el programa de las asignaturas de Química. Además, el juego contribuye a la adquisición y desarrollo de competencias transversales como la resolución de problemas, el razonamiento lógico, el trabajo en equipo, el liderazgo y la creatividad, que son importantes para titulados en Ingeniería.

A continuación, se detallan el contexto y objetivos de este trabajo (sección 2), el plan de actividades y técnicas desarrolladas (sección 3), los resultados (sección 4) y las conclusiones (sección 5) de la implementación preliminar del *escape room*.

2. CONTEXTO

El profesorado de las asignaturas del área de Química correspondientes a los primeros cursos de los grados impartidos en la UPM detecta con frecuencia que una parte importante del alumnado presenta un bajo interés e implicación durante el desarrollo de dichas asignaturas. Una de las posibles alternativas para remediar dicha situación consiste en la incorporación de las técnicas de ludificación (más conocido a través del anglicismo *gamificación*) en la enseñanza. El uso de estas técnicas surgió hace poco más de una década y se ha aplicado en los contextos de las redes sociales y el mundo empresarial, consiguiendo mejorar la fidelización, motivación, creatividad y hasta la productividad de usuarios y empleados, respectivamente. Debido a su éxito y popularidad, la gamificación se ha expandido con posterioridad a otros ámbitos, entre los que se encuentra la enseñanza (Hamari, 2014). El objetivo de este trabajo es incorporar juegos en la enseñanza de las asignaturas de Química de la UPM, con la finalidad de promover el interés, motivación e implicación de los alumnos durante el desarrollo de estas asignaturas. Este objetivo principal ha sido subdividido en los siguientes objetivos específicos:

- Incorporación de herramientas de gamificación en la docencia de las asignaturas de química de los primeros cursos de los grados de la UPM.

- Aplicación de elementos lúdicos para la mejora de la adquisición y desarrollo de competencias específicas y transversales.

- Aumento de la motivación, interés e implicación de los alumnos de primeros cursos con respecto a las asignaturas de química.

- Refuerzo de los procesos de enseñanza-aprendizaje mediante el uso de juegos.

- Promoción de la relación entre los conceptos básicos de química con aspectos de la vida real.

Hay un amplio abanico de juegos que pueden ser utilizados dentro de la enseñanza. Dentro de estos, se ha decidido implementar un juego de *escape room* por su versatilidad y su gran popularidad actualmente. Los juegos de escape son juegos de aventura lógica y física ambientados en un determinado lugar real (actual o histórico) o de ficción, en los que un grupo de participantes son encerrados en una habitación de la que deben escapar antes de que se termine un tiempo del que disponen, fijado de antemano. Para conseguir salir, los jugadores deben resolver una serie de enigmas, rompecabezas y preguntas que les irán guiando progresivamente hacia el desenlace de la historia. La disposición de enigmas puede ser secuencial (la resolución de cada enigma proporciona información o pistas para el siguiente) o paralela (pueden aparecer varios enigmas que pueden o deben ser resueltos simultáneamente). Este tipo de juegos se crearon hace unos 10 años en Japón y han ido expandiéndose por todo el mundo debido a su gran popularidad. En la actualidad, solamente en Madrid, hay unas 75 empresas que ofrecen más de 150 juegos de escape diferentes.

Para que un *escape room* resulte atractivo para los participantes, el juego debe tener los siguientes ingredientes fundamentales:

- Una historia que despierte la curiosidad de los jugadores, ya que aumentará su nivel de implicación en el juego. La historia puede estar centrada en un hecho real o ficticio, histórico o actual, y puede pertenecer al género policíaco, de terror, de ciencia ficción, etc.

- Una ambientación lo suficientemente buena para sumergir a los jugadores de lleno en la historia que se cuenta. Puede ser una decoración muy elaborada o simplemente una serie de detalles bien dispuestos en la habitación donde se desarrolla el juego.

- Unos enigmas originales y suficientemente complicados como para que el jugador medio necesite un cierto tiempo para resolver cada uno de ellos.

En este trabajo se ha desarrollado un juego de *escape room* centrado en la Química y en la Tabla Periódica. Se ha intentado construir una historia original y adecuada al tema elegido, así como que el contenido químico y técnico de los enigmas a resolver sea adecuado para el público objetivo. El juego se ha implementado en uno de los edificios de la UPM, pero se ha trabajado para hacer que el *escape room* sea transportable, de modo que se pueda implementar en otros centros educativos universitarios o, incluso, en institutos.

El juego se dirige principalmente a estudiantes de los primeros cursos del Grado en Ingeniería Química, Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales y del Grado en

Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto, impartidos en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (ETSII) y en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial (ETSIDI) de la UPM. En cualquier caso, se ha buscado que los enigmas sean resolubles por jugadores que no tengan un conocimiento muy profundo de química, de modo que el *escape room* se pueda implementar también en otros ámbitos y niveles educativos.

3. DESCRIPCIÓN

Para la realización del juego, se ha contado con la participación de un numeroso equipo de profesores, investigadores y alumnos de la ETSII y la ETSIDI, entre los que se encontraban alumnos expertos en participación y realización de juegos de escape. Además, se ha incluido en el proyecto a un colaborador externo, de la Universidad Complutense de Madrid, en calidad de experto debido a su amplia experiencia como participante (más de 30 experiencias de escape) y como organizador (4 experiencias de escape diseñadas).

El proyecto se desarrolló en tres fases bien diferenciadas, cada una de ellas con las acciones que se detallan a continuación.

FASE 1: Historia y localización.

En las reuniones preliminares del grupo se trabajó sobre la historia y la elección de un espacio para implementar el *escape room*, ya que ambos elementos son indispensables para comenzar a desarrollar los enigmas y la ambientación. Se escribió una historia centrada en Mendeléyev, como descubridor de la Tabla Periódica, y situada en San Petersburgo en la época en la que Mendeléyev trabajaba en el descubrimiento que le haría mundialmente famoso. Para hacer la historia más atractiva para las generaciones más jóvenes, se le dotó de elementos fantásticos y de ciencia ficción. El título de la historia y del juego es “Al rescate de Mendeléyev”, y consiste en las siguientes instrucciones que le son presentadas a los participantes del juego antes de comenzar:

- Un malvado científico ha viajado al pasado con el objetivo de envenenar a Dmitri Mendeléyev antes de que consiga comunicar al mundo su descubrimiento de la Tabla Periódica.
- Sin la Tabla Periódica, la historia moderna cambiaría por completo y el mundo estaría abocado a un caos de guerras, enfermedades y hambre que acabaría con la humanidad.
- Los participantes deben viajar al pasado, al despacho de Mendeléyev en el Instituto Tecnológico de San Petersburgo, en el año 1867, y tratar de buscar pistas que les permitan descubrir cuál es el antídoto para el veneno suministrado a Mendeléyev y así, salvar al mundo.
- El problema es que el viaje en el tiempo crea una inestabilidad espacio-temporal cuántica, de modo que los participantes deben beber un inhibidor para poder afrontar el viaje y no pueden permanecer en el pasado más de una hora, de lo contrario se desintegrarán en partículas subatómicas.

El objetivo del juego es doble. Por un lado, los participantes deben salvar a Mendeléyev para así salvar a la humanidad y, por otro, descubrirán algunas de las claves que permitieron al científico ruso construir su famosa Tabla Periódica. De ese modo, los jugadores experimentarán la dificultad intelectual

asociada a un descubrimiento científico y valorarán el alcance de la hazaña de Mendeléyev.

Una vez establecida la historia, se buscó una localización. Por suerte, algunos despachos de la ETSII tienen disposición y mobiliario antiguos y pueden ser fácilmente ambientados para parecerse a un despacho de un científico del siglo XIX. En la fase final del trabajo, se realizó una ambientación del espacio seleccionado para conseguir el aspecto adecuado. Además, el despacho está precedido de una antesala que se ambientó para simular un viaje en el tiempo. Con estos elementos básicos, historia y espacio, más la restricción de la duración del juego, que se estima en una hora, se procedió al diseño de los enigmas.

FASE 2: Diseño de los enigmas.

La elaboración de los enigmas se centró en dos líneas argumentales: i) la búsqueda del antídoto y ii) el descubrimiento de la Tabla Periódica. Para la primera línea, se elaboraron pruebas que implicaran conocimientos básicos de química y física mientras que, en la segunda, los enigmas se diseñaron directamente en torno a los precedentes de la Tabla Periódica de Mendeléyev, para ilustrar el difícil camino que tuvieron que seguir los científicos para llegar a tan magno descubrimiento.

En todo momento, se ha buscado que los enigmas sean resolubles por participantes que no posean un profundo conocimiento de química. Por eso, todos ellos necesitan de razonamiento lógico y sentido común para ser resueltos. A posteriori, una vez completado el juego, los participantes recibieron un dossier con información detallada sobre el significado científico y técnico de las pruebas superadas, con el objetivo de que profundizaran en cada uno de los temas trabajados durante el juego. A modo de ejemplo, se resumen a continuación algunas de las pruebas de cada una de las líneas argumentales.

i) Búsqueda del antídoto

• **Cambios de color con el pH.** El objetivo de este enigma es encontrar un código de cinco colores que permite abrir un candado. Los participantes encuentran una gradilla con cinco tubos de ensayo numerados que contienen líquidos de diferente color, que no se corresponde con el código de la solución. La clave está en descubrir un dosificador que se encuentra en la sala (que contiene una disolución de NaOH) que, al ser añadido en pequeñas cantidades a cada uno de los tubos de ensayo (4-6 gotas) revelará un color diferente. Los nuevos colores de los tubos revelarán el código, que es la solución del enigma. La dificultad de esta prueba es media. Los participantes deben tomar las precauciones necesarias a la hora de adicionar el NaOH (se les darán instrucciones claras para que utilicen guantes y gafas). En el caso de realizar esta prueba con estudiantes de Instituto sería necesario reforzar las medidas de seguridad para evitar cualquier accidente. Aunque los participantes no conozcan los conceptos de equilibrios ácido-base o el funcionamiento de indicadores, debe ser posible que encuentren las instrucciones para realizar esta prueba.

• **Densidades.** Los participantes encuentran, en diferentes lugares e instantes del juego, 4 botellitas iguales, rellenas todas ellas con la misma cantidad de una disolución transparente y con un número. En realidad, las botellas contienen disoluciones de glucosa en agua con diferente concentración y, por tanto, diferente densidad. La clave para resolver el enigma es ordenar las botellas de menor a mayor densidad, para lo cual los jugadores podrán utilizar una balanza de platos que se encuentra

en otro lugar de la sala. La balanza permite comparar las botellas de dos en dos y establecer un orden claro de menor a mayor densidad. Los números ordenados proporcionan la clave para resolver el enigma. Al mismo tiempo, la disolución de menor densidad, que contiene solamente agua, se supone que es el antídoto. La dificultad para descifrar este enigma es media, y se podría aplicar para un *escape room* con estudiantes de distintos niveles educativos.

ii) Descubrimiento de la Tabla Periódica

• **Triadas de Döbereiner.** En diferentes instantes y lugares del juego, los participantes descubren 9 botes rellenos con sustancias desconocidas y con etiquetas que identifican el elemento químico y el peso atómico del mismo. En algunos de los pesos atómicos falta una cifra, que los jugadores deben averiguar. En otra localización, aparece una tarjeta con 6 elementos más, agrupados en dos triadas de 3, con la misma información. En total, los 9+6 elementos descubiertos se pueden ordenar en grupos de tres, según las famosas triadas de Döbereiner, que se muestran en la figura 1.

ЭЛЕМЕНТ Li 6.9	ЭЛЕМЕНТ Na 23.0	ЭЛЕМЕНТ K 3Δ.1
ЭЛЕМЕНТ Ca 39.6	ЭЛЕМЕНТ Sr Δ7.9	ЭЛЕМЕНТ Ba 136.2
ЭЛЕМЕНТ Cl 35.0	ЭЛЕМЕНТ Br 8Δ.5	ЭЛЕМЕНТ I 126.0
ЭЛЕМЕНТ P 30.6	ЭЛЕМЕНТ As 75.8	ЭЛЕМЕНТ Sb 12Δ.0
ЭЛЕМЕНТ S 32.0	ЭЛЕМЕНТ Se Δ9.5	ЭЛЕМЕНТ Te 127.0

Figura 1. Etiquetas de los frascos con las triadas de Döbereiner. Los pesos atómicos han sido modificados.

En cada una de las triadas, el elemento que se encuentra en el medio tiene un peso atómico que es la media entre la suma de los otros dos. En realidad, esta relación no es exacta, ya que se cumple para los números atómicos, pero no para los pesos atómicos, para los que solamente se cumple de forma aproximada. En la época de Mendeléyev, no se conocía el concepto de número atómico, por lo que se trabajará con los pesos y se modificarán levemente los valores reales de estos para que la relación de Döbereiner se cumpla exactamente. Una vez que los estudiantes identifican todos los valores, pueden descifrar un código de números que abrirá de nuevo otro candado de números para acceder a un nuevo enigma.

La dificultad de esta prueba es media-alta. Los estudiantes deben ser capaces de ordenar todos los elementos descubiertos en forma de triadas. Si su conocimiento sobre la Tabla Periódica es avanzado, pueden ordenarlos de acuerdo con el grupo principal al que pertenecen. Si no, se les permite asociarlos en función de una decoración sutil de cada una de las etiquetas de los botes.

• **Gráfico de Lothar Meyer - Volúmenes atómicos.** En una pared del despacho, los participantes encuentran una parte del gráfico de Lothar Meyer, que se muestra en la figura 2, donde se puede apreciar el comportamiento periódico de los elementos

de la tabla cuando se inspecciona una de sus propiedades, como por ejemplo el volumen atómico. En la gráfica, los participantes pueden observar que algunos elementos químicos están marcados con un color y tamaño característico, en función de su volumen atómico.

En diferentes instantes y lugares a lo largo del juego, los participantes encuentran unas bolas de distintos colores y tamaños, que correspondían con los códigos de colores y tamaños de la gráfica anterior. De aquí, los estudiantes identifican unos códigos de colores y un orden secuencial de los elementos relacionados que utilizarán para solucionar el enigma siguiente, relacionado con las octavas de Newlands y que no detallamos en este artículo.

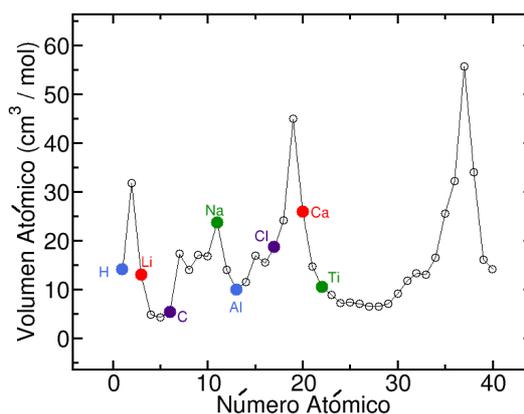


Figura 2. Parte del gráfico de Lothar Meyer.

La dificultad de esta prueba es media-alta, ya que los estudiantes deben conocer conceptos generales sobre la Tabla Periódica, relacionados con los tamaños de los átomos. Estos conceptos se estudian a nivel de Bachillerato y se profundiza en ellos en la Universidad, por lo que podría implantarse en un *escape room* dirigido a estos niveles educativos.

FASE 3: Implementación y pruebas preliminares del juego.

Se elaboró y adquirió el material necesario para la creación de elementos necesarios en los enigmas y ambientación del *escape room*. Para ambientar la época de Mendeléyev, se utilizaron materiales antiguos como frascos topáceos, probetas o gradillas de madera para tubos de ensayo, elementos decorativos antiguos, etc. En todo momento se evitó utilizar cualquier tipo de tecnología actual (ordenadores, móviles, etc.) e incluso para una de las pruebas se empleó una balanza de platos, en lugar de una digital. Antes de iniciar el juego, los participantes deben dejar en la entrada sus teléfonos móviles, relojes y cualquier otro tipo de aparato electrónico, con la excusa de que se destruirían durante su viaje en el tiempo. Solamente cuentan con un *walkie-talkie*, a través del cual se comunican con la persona que monitoriza el juego y les comunica algún tipo de pista a los participantes en el caso de que estén muy perdidos (en la jerga de los juegos de escape, esta persona es el *game master*).

Se realizaron pruebas-piloto del juego de *escape room* con algunos miembros del grupo de innovación educativa que no habían participado directamente en la elaboración del juego, así como alumnos voluntarios de la ETSII. En estas pruebas, cuyos resultados se analizarán en detalle en el siguiente apartado, se evaluó la dificultad de las pruebas y el tiempo necesario para

completar el juego. Con los comentarios de estos participantes se modificó la dificultad de algunas de las pruebas del juego y también se plantearon posibles modificaciones que permitieran adaptar el *escape room* a otros niveles educativos y otras audiencias.

También se elaboraron guías y material de difusión de apoyo para la actividad. Se elaboró un tríptico para entregarlo a los participantes después del juego. En dicho tríptico se podía encontrar información detallada sobre las pruebas que habían realizado. Así, los participantes que lo deseen, pueden profundizar en los temas de química tratados en cada una de las pruebas y ampliar sus conocimientos.

4. RESULTADOS

Una vez realizadas distintas pruebas piloto previas y habiendo realizado los cambios oportunos acordes a un correcto funcionamiento y adecuación de los contenidos, se procedió a realizar las primeras sesiones de *escape room*. Para ello, el primer paso consistió en publicitar la experiencia tanto mediante cartelería en diferentes puntos de la Universidad como a través de una página web enlazada desde la página oficial de la ETSII y la ETSIDI. Además, uno de los profesores implicados y coordinador del proyecto de innovación impartió una charla durante la Jornada sobre “la tabla periódica: una oportunidad para la didáctica y la divulgación en la ciencia” celebrada en la ETSII. También se contactó con las distintas asociaciones de alumnos para una mayor difusión. En un principio, la experiencia se dirigía especialmente a los alumnos de primer curso de los Grados de Ingeniería, aunque también, dado el interés despertado, se abrió la posibilidad de que otros estudiantes interesados en cursos superiores e inferiores pudieran participar. Para un óptimo funcionamiento y coordinación del juego, el registro para participar en el *escape room* se realizó a través de un formulario disponible en la web, desde el que se podía acceder a la reserva de la sesión en función de los turnos disponibles en grupos de 4 a 6 personas. Dada la gran labor de difusión realizada desde diferentes ámbitos se obtuvieron numerosas reservas.

En el momento actual, este procedimiento de registro continúa abierto y nos encontramos en pleno momento de realización del *escape room*. De las primeras experiencias ya ejecutadas se ha ido realizando un seguimiento que nos ha permitido ir evaluando el éxito de la actividad hasta el momento. Dicha evaluación se realizó a través de un test posterior a la realización de la experiencia donde se pudo evaluar de manera cuantitativa la adquisición de nuevos conceptos en contenidos de Química por parte de los alumnos, así como la adquisición de competencias e interés de los alumnos por la historia y el descubrimiento de la Tabla Periódica. De la misma manera, se creó un foro en la web al cual solo accedían los alumnos que ya habían participado en el *escape room* donde comentaban la dificultad de las pruebas y votaban las que más o menos les habían gustado. También se les hacía un cuestionario elaborado según la escala de Likert del 1 al 6, siendo 1 totalmente en desacuerdo y 6 totalmente de acuerdo, donde clasificaban los diferentes aspectos del *escape room* en función de su grado de dificultad, ambientación, diversión y aprendizaje. Los primeros resultados arrojan datos muy alentadores que se resumen a continuación:

Disponemos de una población de 22 personas, de los cuales 4 son profesores, 16 son alumnos y 2 personas han concluido su

formación y no se dedican a la docencia. Con respecto a los profesores, imparten las asignaturas de Física y Química durante los cuatro cursos Educación Secundaria Obligatoria (tres de ellos) y la asignatura de Química de segundo curso de Bachillerato (el profesor restante). Desde su experiencia docente, la valoración obtenida referente a la afirmación “Ayuda a profundizar en los conocimientos sobre la tabla periódica” fue de 3,7, lo cual indica que, aunque los objetivos se han cumplido, existen opciones de mejora. Con respecto a los alumnos, acudieron a las pruebas iniciales 16, repartidos en distintos niveles educativos siendo 2 el número de alumnos de nivel de E.S.O, 6 alumnos de Bachillerato, 6 correspondiente a distintos cursos de Grado y finalmente, 2 estudiantes de Máster. Para este grupo, la valoración sobre la misma afirmación acerca de la profundización de los conocimientos fue de 4,5, lo cual nos indica que los alumnos tuvieron una percepción diferente a la de los docentes de lo que se pretendía enseñar y aprovecharon la ocasión para aprender algo más acerca de la tabla periódica.

Por último, antes de analizar las diferentes pruebas, comentaremos dos aspectos importantes de las valoraciones de los alumnos. Para empezar, el resultado obtenido al valorar (utilizando la misma escala) la afirmación “Esta actividad me ha servido para aprender” fue de 4,9, lo cual indica que los objetivos referentes al aprendizaje de conceptos se han cumplido satisfactoriamente. Además, la valoración de la diversión del *escape room* en general fue de 5,5, un resultado muy alentador.

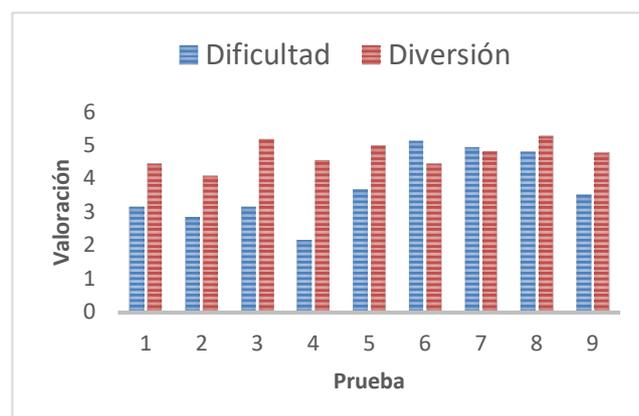


Figura 3. Resultados sobre la dificultad y la diversión de las diferentes pruebas recogidos en los cuestionarios posteriores. Los valores medios fueron de 4,2 y 5,5 respectivamente.

Con respecto a la dificultad y a la diversión de cada prueba, la figura 3 muestra las valoraciones medias (incluyendo resultados de los 22 participantes) desglosadas para cada una de las nueve pruebas que componen el juego de escape. Siguiendo lo ya explicado en las FASES 1 y 2 del apartado de descripción, englobaremos las pruebas en 5 conjuntos: las pruebas 1 y 2 corresponden a la antesala del despacho de Mendeléiev, las pruebas 3 y 4 corresponden a los cambios de color con el pH, la prueba 5 corresponde a las densidades, la 6 a las triadas de Döbereiner y las últimas tres pruebas, 7, 8 y 9, corresponden al Gráfico de Lothar Meyer de volúmenes atómicos. A la vista de estos resultados podemos observar como la dificultad de las pruebas no parece estar relacionada con su diversión, encontrando que pruebas tan dispares en dificultad como la prueba 4 y la prueba 6, tienen valoraciones similares en cuanto al grado de diversión. Además, mientras que la dificultad de las

pruebas va incrementándose a medida que avanza el juego (tal y como se había planteado en la sección de descripción), la diversión se mantiene más o menos constante y en un nivel alto.

En resumen, los resultados, aunque preliminares (por la poca población a la que hemos tenido acceso de momento), son muy positivos en cuanto a la implicación de los alumnos en la actividad destacando principalmente cómo, a partir de la realización del juego, han asimilado conceptos químicos que desde un enfoque tradicional hubieran supuesto un mayor esfuerzo. Además, las encuestas realizadas hasta el momento destacan que las pruebas más complicadas de resolver fueron las pruebas dedicadas a las triadas (ver figura 1) y a los volúmenes atómicos (ver figura 2) ya que los alumnos desconocían los contenidos químicos asociados a esos enigmas. Del mismo modo, destaca también que fue necesaria una cooperación del grupo para resolver los distintos enigmas, dejando así manifiesto que han sido capaces de resolver un desafío a través del trabajo en equipo (competencia de aprendizaje cooperativo). Otro aspecto interesante que hemos observado en los diferentes participantes es la adopción de diferentes roles por parte de cada uno de los integrantes del grupo. En todos los grupos analizados se podía detectar con facilidad distintos perfiles y cualidades como liderazgo, competitividad, curiosidad y creatividad. Estos perfiles se corresponden claramente con el modelo de segmentación de jugadores desarrollado por Richard Bartle (Bartle 1996), el cual clasifica el perfil de los usuarios según la personalidad y comportamiento que manifiestan a lo largo del juego. Los cuatro perfiles a los que Bartle hace referencia son: *Triunfador* (buscan resolver retos con éxito con el fin de conseguir el premio), *Explorador* (buscan descubrir y aprender cualquier detalle desconocido del juego), *Sociable* (buscan interactuar con otros jugadores por encima de la estrategia del juego) y *Asesino* (buscan competir con otros jugadores para demostrar que son los mejores). La presencia de perfiles variados dentro de cada grupo que participa en las sesiones de *escape room* garantiza el éxito de ésta, ya que algunos de los enigmas propuestos son más propensos a ser resueltos por un tipo de perfil que por otro.

Finalmente, el tríptico que se les otorga tras la realización del *escape room* ha resultado ser muy útil, especialmente para los alumnos con más curiosidad (perfil explorador), aquellos que no se conforman con completar el juego con éxito, sino que desean entender exactamente los conceptos científicos detrás de los distintos enigmas que han conseguido (o no) resolver.

Las pruebas realizadas durante las últimas semanas del curso 2018-19 son la antesala de una implantación más extendida del juego. Durante los primeros meses del curso 2019-20, se pretende realizar sesiones del juego con grupos de alumnos seleccionados entre los de nuevo ingreso en las titulaciones de Grado en Ingeniería Química, Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales y del Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto, que deben cursar una asignatura de Química General. Además, a lo largo del mes de noviembre de 2019 se pretende publicitar el *escape room* como una actividad adicional dentro de la oferta que la UPM realiza durante la Semana de la Ciencia. En esa ocasión, tendremos la oportunidad de probar el juego con alumnos de Educación Secundaria Obligatoria y de Bachillerato, y podremos constatar el impacto que el juego tiene sobre el aprendizaje de estudiantes de diferentes niveles. Una vez completada la experiencia se

realizará una memoria extensa donde se recogerán todos los resultados obtenidos y el análisis de las encuestas realizadas.

5. CONCLUSIONES

Se ha descrito la implementación y puesta en marcha de un juego de escape (*escape room*) creado para conmemorar el Año Internacional de la Tabla Periódica. El juego está destinado a estudiantes de primeros cursos universitarios en carreras científicas-técnicas y a estudiantes de Educación Secundaria y Bachillerato. Se ha comprobado que los participantes en el juego adquieren algunas competencias básicas de Química, y trabajan competencias transversales, como el trabajo en grupo y la creatividad. Tras analizar los resultados de las pruebas preliminares, hemos comprobado como el interés de los alumnos por el descubrimiento de la Tabla Periódica de Mendeléyev ha aumentado considerablemente y cómo algunos participantes deciden profundizar en algunos de los conceptos de Química tratados en los enigmas del juego.

Se pretende implementar el *escape room* de forma más masiva durante los primeros meses del curso 2019-20, tanto a alumnos de la UPM como a alumnos de niveles inferiores, que podrán participar durante la Semana de la Ciencia. Los resultados detallados y el análisis de datos de dichas pruebas se publicarán con posterioridad. Si, como se espera, esta implementación tiene éxito, se intentará crear un manual para que el juego pueda ser trasladado a otras localizaciones.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos las contribuciones a este trabajo por parte de Ascensión Fernández, José Vicente Alonso, Raquel Carracedo, Mar de la Fuente, Esteban Climent, Laura Rodríguez, Victoria Alcázar, Andrés Tejedor, Cristina Núñez, Pilar Saavedra, Noemí Merayo, Francisco Díaz, Isabel Carrillo, Javier Albéniz, Iciar de Pablo, Rosa Barajas, Gabriel Pinto, Paloma Díaz, Víctor Díaz, Isabel Paz y Lidia Ruiz. También agradecemos la financiación recibida de la Universidad Politécnica de Madrid a través del Proyecto de Innovación Educativa IE1819.0505, de la Real Sociedad Española de Química, a través del programa de subvenciones para la realización de actividades divulgativas y educativas en el año 2019, y de la Obra Social la Caixa.

REFERENCIAS

- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: defining gamification. *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*, 11, 9-15.
- Hamari, J., SHernoff, D.J., Rowe, E., Coller, B., Asbell-Clarke, J. & Edwards, T. (2014). Challenging games help students learn: An empirical study on engagement, flow and immersion in game-based learning. *Computers in Human Behavior*, 54, 133-134.
- Parente, D. (2016). Gamificación en la educación. En R.S. Contreras Espinosa y J.L. Eguía (Ed.), *Gamificación en aulas universitarias* (11-21). Barcelona, España.
- Resolución Asamblea General de las Naciones Unidas (2017, 13 Diciembre), <https://undocs.org/es/A/RES/72/228>.
- Bartle, R. (1996). Hearts, Clubs, Diamonds, Spades: Players who suit MUDs. *Journal of MUD research*, 1, 19