

### LaboratorioRPGDocente: nuevas incorporaciones. Realización de prácticas cuantitativas, ejercicios numéricos y gestión de residuos

Roberto Sáez-Hernández, Kevin U. Antela, M. Luisa Cervera, Ángel Morales-Rubio  
Departamento de Química Analítica, Universitat de València, C/ Dr. Moliner, 50, Burjassot,  
46100, España

En el número 74 de esta misma publicación, en el año 2021, dimos a conocer por primera vez la versión inicial del proyecto *LaboratorioRPGDocente* [1]. En ella se incluían dos secciones diferenciadas, pero complementarias, de una de las prácticas de la materia obligatoria "Laboratorio de Química Analítica I" del Grado en Química en la Universitat de València. Por un lado, se realizaban ensayos cualitativos referentes a la marcha del carbonato, a través de un avatar en el videojuego, y por otro lado, se incluían también una serie de videos explicativos acerca de estos ensayos cualitativos. Con ellos, se ampliaba la información disponible en el juego tanto a nivel práctico como teórico.

Durante estos años, y gracias a la financiación de los proyectos de innovación docente del Servei de Formació Permanent i Innovació Educativa (SFPIE) de la Universitat de València, UV-SFPIE\_PID-1356255 (Laboratorio virtual de análisis cualitativo), UV-SFPIE\_PID-1641484 (Laboratorio virtual de química analítica) y UV-SFPIE\_PID-2079679 (Laboratorio virtual de química y óptica), se ha mejorado la versión inicial, y se han implementado nuevas partes referentes al temario de diferentes asignaturas de Química Analítica. Además, con la intención de servir de herramienta de repaso para los primeros cursos del Grado en Química, se han diseñado e incorporado una serie de ejercicios propios del nivel de Bachillerato. Con ello se pretende tender un puente que permita repasar, de manera adicional a lo visto en clase, aquellos contenidos que se consideran necesarios para abordar los nuevos temas propios del Grado.

Finalmente, y con el objetivo de trasladar la importancia de una adecuada gestión de residuos en el laboratorio, se ha implementado un minijuego para familiarizarse con el sistema instaurado en la Universitat de València. A continuación, se presentan estas mejoras y las nuevas incorporaciones.

#### Bloque 1: Resolución de ejercicios numéricos

El planteamiento de las asignaturas parte siempre de la asunción por parte del profesorado de que el punto de partida del nivel de la clase sea el adecuado. Para ello, se asume que en gran medida el alumnado debe ser conocedor de ciertos contenidos y ser capaces de resolver una serie de ejercicios de los cursos previos. Sin embargo, no es extraño encontrar que exista un borrado de contenidos casi completo entre curso y curso, especialmente si ese cambio de curso supone el paso del Bachillerato a la Universidad.

En este sentido, se ha implementado en el videojuego una serie de ejercicios numéricos que abordan ciertos aspectos propios de los contenidos de la Química Analítica con el objetivo de reforzar y practicar aquello que se necesita para poder enfrentar con éxito los nuevos retos del curso. En concreto, y para contribuir a la brecha que se genera entre la Química de segundo de Bachillerato y el primer curso del Grado en Química, se han programado actividades y ejercicios con la dificultad adecuada para cada curso. En ambos casos la mecánica jugable es la misma.

Siguiendo la estética y narrativa propia de los videojuegos, se plantea una "mazmorra" en la que habitan personajes que plantean diferentes problemas y que se deben resolver para poder pasar al siguiente nivel. Puesto que en estos ejercicios se plantean como una herramienta de refuerzo y repaso, se sigue una estructura de resolución guiada con diferentes indicaciones de ayuda. En el caso de que la respuesta sea correcta, se avanza en la resolución. Si, por el contrario, la respuesta es incorrecta, se proporcionan comentarios y pistas acerca del error. En la Figura 1 se puede observar un ejemplo de la interfaz y la mecánica del juego.

#### *Ejercicios de repaso de nivel de Bachillerato*

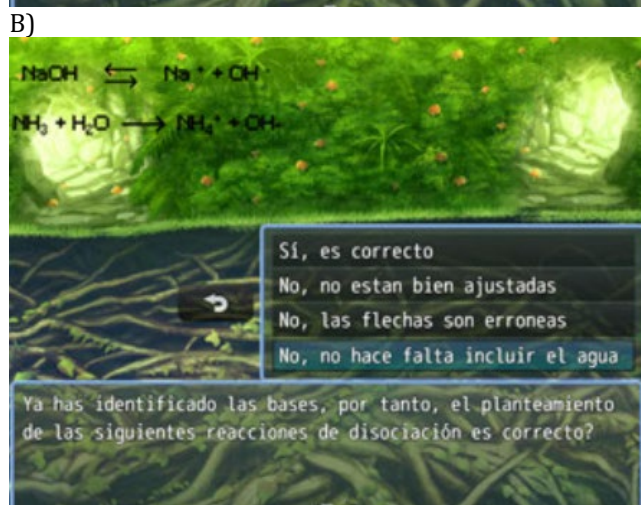
Dentro de la variedad de ejercicios que se plantean, algunos corresponden al nivel de la Química de segundo de Bachillerato. A saber:

- Determinación de constantes de acidez.
- Constantes de disociación de ácidos y bases débiles.
- Mezclas de ácidos o bases fuertes con ácidos o bases débiles.
- Problemas de precipitación.
- Ajustes de reacciones de oxidación-reducción.

#### *Ejercicios de repaso de nivel de Universidad*

Por otro lado, los ejercicios incluidos hasta el día de hoy contienen:

- Resolución de problemas de disociación.
- Ejercicios de constante de protonación.
- Ejercicios con dos constantes de protonación.
- Volumetría ácido-base.
- Ejercicios de precipitación.
- Ajuste de reacciones redox en medio ácido.
- Titulación redox.
- Ejercicio de balances de carga y de masa.
- Ejercicios de formación de complejos.



**Figura 1:** Capturas de imagen durante la resolución de un problema de ácido-base en el modo mazmorra.

- A) Planteamiento del problema.  
 B) Pregunta planteada en una etapa intermedia.  
 C) Interfaz para la introducción del resultado.

Mediante este tipo de ejercicios, nuestra propuesta se centra en el uso de esta herramienta como un repaso guiado de aquellos contenidos necesarios para la comprensión de la asignatura y que se consideran como conocimientos previos. De ahí deriva que sigan una estructura de resolución guiada, basada en el concepto

de andamiaje [2] mediante el cual se facilita, en un primer momento, la resolución de las actividades para permitir más adelante, que el/la estudiante pueda acometer tareas similares con un progresivo aumento de su autonomía.

## Bloque 2: Práctica de análisis cuantitativo

En la versión previa que presentamos del videojuego, la experiencia de prácticas de laboratorio se limitaba a la determinación cualitativa de cationes. Con la idea de incorporar el aspecto cuantitativo propio de la Química Analítica, se ha programado la realización de una práctica para la determinación de amoxicilina en preparados farmacéuticos mediante una valoración ácido-base con 1-naftilbenceína como indicador.

La práctica supone la pesada del preparado farmacéutico, la disolución del mismo en ácido acético glacial para acentuar el carácter básico de la amoxicilina, la estandarización previa del valorante (ácido perclórico) y la valoración con el mencionado indicador hasta la obtención del punto final.

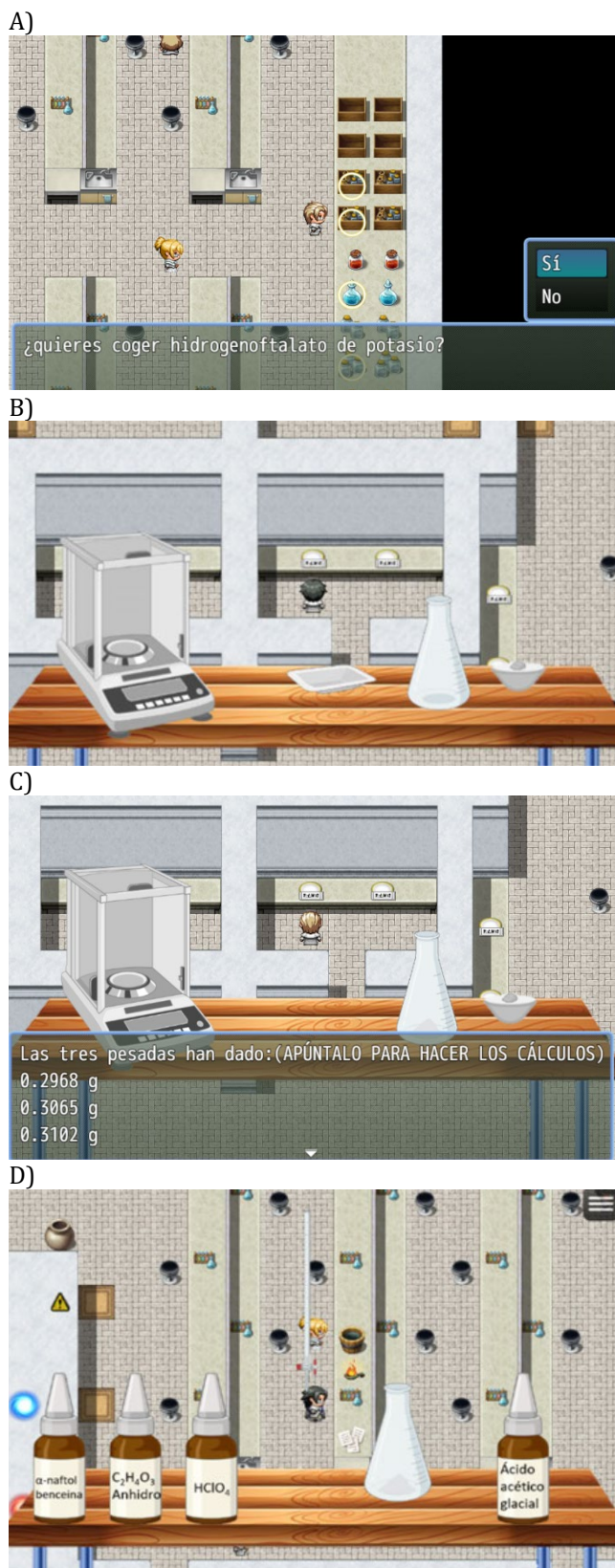
Para la realización de todos estos pasos en el videojuego, se ha diseñado la práctica con la siguiente estructura: en primer lugar, el/la estudiante interactúa con el personaje que representa al/la profesor/a dentro del videojuego, quien le proporciona el material necesario a modo de inventario. En él se incluyen tres cápsulas para pesada y 3 matraces Erlenmeyer. A continuación, el jugador ha de dirigirse a la sala de balanzas para pesar la cantidad necesaria de muestra. En este punto, la interfaz mostrará la cantidad de sustancia añadida, y preguntará si se desea añadir más hasta completar la cantidad necesaria. Seguidamente, se vierte el contenido en el matraz.

El procedimiento se repite con el hidrógenoftalato de potasio, que es el patrón primario para estandarizar el ácido valorante.

Para disponer de los ácidos necesarios para la realización de la práctica, se ha de mover al personaje hacia la zona de vitrinas del laboratorio virtual (que recrea el laboratorio de prácticas del departamento de Química Analítica de la Facultad de Química), con tal de conseguir el ácido acético y el ácido perclórico.

Así, se realiza en primer lugar la estandarización del valorante, se valoran los blancos, y se lleva a cabo la valoración de la muestra. Para la detección del punto final, se muestra el cambio de color del indicador en pantalla y se muestra el volumen de valorante consumido.

En la Figura 2 se muestran diferentes interfaces en la realización de la práctica.



**Figura 2:** Diferentes etapas de la realización de la práctica.  
 A) Búsqueda del patrón de hidrogenoftalato de potasio.  
 B) Interfaz para la pesada de los diferentes materiales sólidos.  
 C) Información de la pesada de las réplicas de la muestra.  
 D) Perspectiva del banco de trabajo con la bureta, matraz Erlenmeyer, ácido e indicador.

En este punto, disponiendo de los valores de masa de muestra y volúmenes consumidos, el/la estudiante

realiza los cálculos y ha de introducir los resultados en una nueva interfaz del videojuego que resulta de su interacción con el personaje que representa al/a docente. En caso de que los valores introducidos sean correctos, la práctica ha finalizado con éxito. De lo contrario, se le indica que dicho valor no es correcto.

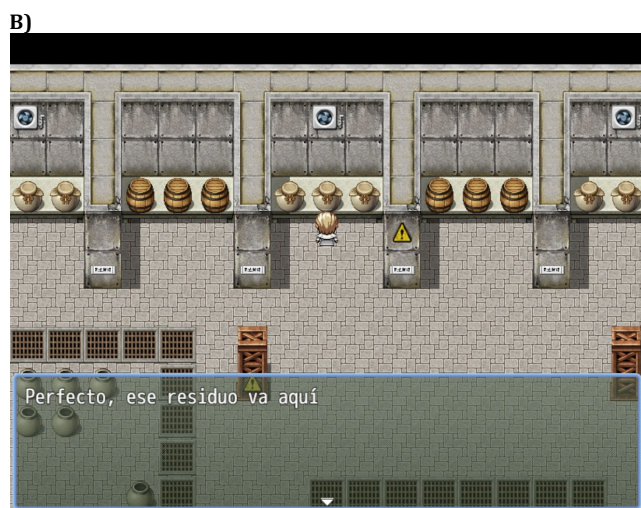
### Bloque 3: Minijuegos

Por último, una de las incorporaciones llevadas a cabo en el videojuego consiste en la preparación de un módulo complementario que simula el proceso de separación y gestión de residuos de laboratorio. La Universitat de València dispone de un sistema de clasificación de los residuos generados en 19 grupos:

- Grupo 1: Residuos de laboratorio obsoletos.
- Grupo 2: Disolventes no halogenados.
- Grupo 3: Disolventes halogenados.
- Grupo 4: Ácidos inorgánicos y disoluciones ácidas con metales.
- Grupo 5: Compuestos orgánicos.
- Grupo 6: Alcalis y sales inorgánicas.
- Grupo 7: Aceites, grasas, hidrocarburos y combustibles.
- Grupo 8: Plaguicidas, herbicidas, insecticidas, ...
- Grupo 9: Fenoles y compuestos fenólicos.
- Grupo 10: Sales y compuestos de mercurio, cromo (VI) y metales pesados.
- Grupo 11: Sustancias cianuradas.
- Grupo 12: Material de laboratorio contaminado.
- Grupo 13: Altamente peligrosos.
- Grupo 14: Residuos de determinación de DQO.
- Grupo 15: Residuos citotóxicos.
- Grupo 16: Residuos biosanitarios y biológicos.
- Grupo 17: Líquidos fotográficos.
- Grupo 18: Pilas y baterías.
- Grupo 19: Envases vacíos y vidrio Pyrex.

La separación tiene lugar en los propios laboratorios o en los espacios donde se generan. Los residuos se disponen en diferentes contenedores, bidones o garrafas, con las etiquetas identificativas de los residuos que contienen, y éstos son trasladados al almacén en el campus de Burjassot, del cual son recogidos por una empresa especializada en gestión de residuos. En general, este sistema de clasificación para el alumnado se limita a la existencia de una serie de bidones o recipientes en los que se vierten los residuos generados en las prácticas de laboratorio; pero generalmente se hace de manera mecánica, siguiendo indicaciones poco formativas como "Residuos práctica 2".

En este Bloque se pretende dar a conocer, tanto el funcionamiento de este sistema, como la importancia de reconocer las diferentes categorías de los residuos generados. En el minijuego el alumnado visita una recreación del almacén de residuos (situado al norte del campus virtual recreado) y el personaje encargado del mismo le proporciona una serie de residuos a catalogar en los diferentes grupos, y que debe depositar adecuadamente (Figura 3).



**Figura 3:** Diferentes etapas de la gestión de residuos.

A) A la entrada del almacén de residuos.

B) Residuo depositado correctamente.

En base a la cantidad de veces que se lleve a cabo la clasificación correcta de dichos residuos, se ha programado un sistema de reconocimientos dentro del propio videojuego en forma de medallas que el/la estudiante podrá acumular.

### Conclusiones

Una de las principales ventajas que permite esta aproximación basada en videojuego es que el/la estudiante recibe en el momento un *feedback* sobre su resultado, de manera que puede conocer al instante si su proceder, bien sea en una práctica, en un ejercicio, o en la gestión de residuos, ha sido correcto o no.

Si el resultado presentado no ha sido el correcto, se han implementado estrategias, como el acceso a vídeos con mayor detalle, para poder volver a plantear la práctica, la clasificación del residuo o la resolución del ejercicio numérico. Se consigue, así, un papel activo del alumnado en el proceso de aprendizaje, que complementa las habituales tareas de resolución de ejercicios o realización de prácticas de laboratorio.

Además, en tanto que la herramienta es novedosa y poco habitual, es esperable que suscite un cierto interés y que permita captar la atención del alumnado; siempre que se transmita como una herramienta adicional de ayuda, y no como una obligación más. Esto es, implementar una herramienta planteada como amigable, a modo de obligación puede suponer que sea vista como una carga añadida a su ya de por sí cargado currículum, suscitando más desinterés y rechazo que interés y curiosidad.

Por tanto, nuestra propuesta consiste en utilizar esta herramienta como un añadido, haciendo énfasis de los potenciales beneficios derivados de su uso: repaso activo, preparación de las prácticas, realización de ejercicios complementarios...

Se ha demostrado que la disponibilidad del/a profesor/a para ayudar fuera de la propia aula tiene efectos positivos sobre la motivación de los estudiantes [3], de manera que poner a su disposición herramientas adicionales que les permitan ensayar, fallar y corregir, puede suponer un beneficio de cara a que enfrenten la asignatura con una perspectiva más positiva.

En cualquier caso, la perspectiva siempre es la de disponer de una herramienta complementaria y adicional que pueda facilitar la tarea docente. En ningún caso supone una intención sustitutiva de la enseñanza habitual, sino más bien una posibilidad adicional de repaso autónomo con retroalimentación inmediata y con un carácter más lúdico.

### Referencias

[1] I. Adam-Cervera, K.U. Antela, M.L. Cervera, R. Sáez-Hernández, A. Pastor, A. Morales-Rubio. *La docencia dentro del videojuego: un laboratorio de Química Analítica*. Actualidad Analítica, 74, 7-9, 2021.

[2] O. López Vargas; C. Hederich Martínez. *Efecto de un andamiaje para facilitar el aprendizaje autorregulado en ambientes hipermedia*. Revista Colombiana de Educación, 58, 14-39, 2010.

[3] J. Alonso-Tapia. *Motivación para el aprendizaje: la perspectiva de los alumnos*. Foro Educativo. ISSN-e: 0717-2710, 7, 11-52, 2005.

### Agradecimientos

Roberto Sáez-Hernández agradece al Ministerio de Universidades por un contrato FPU19/02304. Los autores agradecen al Servei de Formació Permanent i Innovació Educativ (SFPIE) de la Universitat de València por la financiación de los proyectos UV-SFPIE\_PID-1356255, UV-SFPIE\_PID-1641484 y UV-SFPIE\_PID-2079679.