

# Materiales docentes para el autoaprendizaje y la enseñanza virtual: Notebooks y aplicaciones

Alonso, M.V., Domínguez<sup>1</sup>, J.C., García, J., Miranda, R., Oliet, M., Rigual V.

**Resumen:** El objetivo principal de esta comunicación es describir las experiencias llevadas a cabo en la mejora de la docencia dentro del área de la ingeniería química, empleando para ello dos tipos de materiales digitales: generadores de problemas de ejercicios tipo y herramientas didácticas de apoyo a la docencia. La principal diferencia entre los materiales digitales utilizados es la plataforma elegida para su desarrollo: *Jupyter Notebook*, para el desarrollo de cuadernos de notas electrónicos (*notetooks*), y *App Designer* de MATLAB<sup>®</sup> para la programación de aplicaciones. Los materiales se han diseñado de forma que fomenten el autoaprendizaje, facilitando la comprensión y el desarrollo de las habilidades de los estudiantes en la resolución de problemas. Los materiales desarrollados fueron evaluados por los estudiantes mediante encuestas, resultando, de forma global, experiencias con una gran aceptación y valoración.

**Palabras clave:** Materiales docentes; autoaprendizaje; enseñanza virtual; aplicaciones.

## 1. Introducción

El modelo de enseñanza ha dejado de centrarse en las tradicionales clases magistrales para hacerlo más en los estudiantes, buscando su participación activa en los procesos de enseñanza-aprendizaje (Miranda et al. 2011). En este escenario, el profesor debe identificar las limitaciones de la docencia presencial y proporcionar materiales y herramientas útiles a los estudiantes que se adapten a sus necesidades específicas. Además, se debe fomentar el autoaprendizaje para facilitar la comprensión y el desarrollo de las habilidades y la obtención de las competencias correspondientes a las asignaturas impartidas.

La importancia de este modelo de enseñanza se vio reforzada en la primavera de 2020, cuando la primera pandemia en un siglo golpeó al mundo y más de mil millones de estudiantes se vieron afectados por el cierre de sus centros educativos, incluyendo colegios y universidades. La situación requirió de un cambio repentino en las metodologías docentes. Las tradicionales se vieron desplazadas completamente en favor de las tecnologías digitales, lo que, a pesar de los avances que ya se habían producido en este campo en los últimos años, supuso un enorme reto para los estudiantes y, sobre todo, para los docentes. Algunas de las preguntas que se plantearon en aquel momento fueron: ¿Cómo continuar la enseñanza/aprendizaje durante la pandemia de COVID-19?; ¿cómo apoyar a los estudiantes durante la pandemia?; ¿cómo evaluar a los estudiantes a distancia?; y ¿cómo evitar el fraude en los exámenes a distancia? (Ripoll, Godino-Ojer y Calzada 2021).

El objetivo principal de esta comunicación es describir algunas de las experiencias llevadas a cabo en la mejora de la docencia dentro del área de la ingeniería química mediante el empleo de materiales digitales. Concretamente se describen los materiales

---

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería Química y de Materiales. Facultad de Ciencias Químicas. Email: jucdomin@ucm.es. ORCID: 0000-0002-7930-5979

didácticos digitales elaborados para estudiantes de las asignaturas Termodinámica Aplicada de 2º curso del Grado en Ingeniería Química y Fundamentos de Ingeniería Bioquímica de 3º curso del Grado en Bioquímica, titulaciones ambas impartidas en la Facultad de CC. Químicas. Los materiales digitales desarrollados fueron de dos tipos: cuadernos de notas electrónicos, llamados habitualmente *notebook* de acuerdo con el término anglosajón, término que se empleará en esta comunicación, y aplicaciones informáticas desarrolladas utilizando la herramienta *App Designer* de MATLAB®. Los *notebooks* usados fueron los de la herramienta *Jupyter Notebook*, programada en el lenguaje *Python* (Project Jupyter 2018). Con estas herramientas se han desarrollado dos tipos de materiales. En primer lugar, los materiales denominados generadores de problemas, que proporcionan a los estudiantes ejercicios “ilimitados” para practicar con diferentes valores numéricos en la resolución de problemas tipo; estos materiales se han desarrollado tanto en formato *notebook* como en forma de aplicaciones. El segundo tipo de materiales, llamados de apoyo a la docencia, que sirven para ilustrar de manera práctica e interactiva las clases teóricas, sólo se han realizado en formato *notebook*. Ambos materiales se describirán en detalle a lo largo de esta comunicación. En este trabajo se incluye la metodología seguida para el desarrollo de estos materiales docentes digitales de forma que resulten eficaces en el aprendizaje, así como la evaluación de los resultados realizada a través de encuestas a los estudiantes y mediante la comparación del desempeño académico anterior y posterior a su utilización.

## 2. Metodología

La metodología seguida en el diseño de los tipos de materiales docentes digitales se muestra en las siguientes líneas de actuación:

- 1) Selección de los conceptos o habilidades cuyo aprendizaje necesita un mayor apoyo y en los que este tipo de materiales puede contribuir de forma significativa a mejorar los resultados obtenidos. La selección se ha basado en la experiencia acumulada de los docentes, así como en las necesidades comentadas por los estudiantes a lo largo de los cursos anteriores.
- 2) Elaboración del material docente: diseño de los generadores de problemas según la línea de actuación anterior; diseño de las herramientas de apoyo a la enseñanza en función de aquellos conceptos que habitualmente resultan más abstractos o tienen mayor una dificultad de comprensión y que se pueden ilustrar de manera sencilla y dinámica mediante el empleo de *notebooks*.
- 3) Difusión y utilización: la difusión de los materiales digitales elaborados (*notebooks* y aplicaciones) se ha llevado a cabo empleando Moodle porque es la plataforma con la que están más familiarizados los estudiantes. En el caso de los *notebooks*, se ha usado también entornos en la nube como *Google Colaboratory* o *Microsoft Azure Notebooks*, que presentan la ventaja de que no requieren la instalación de ningún tipo de programa en los ordenadores de los estudiantes. En un futuro, una posibilidad para la mejora de la difusión y accesibilidad de las aplicaciones sería su alojamiento en MATLAB® *Web App Server*, si este servicio se ofrece a la comunidad UCM. Se han elaborado video tutoriales, utilizando *OBS Studio* y *Camtasia*, donde se muestra a los estudiantes cómo se lleva a cabo la instalación y la utilización de estos materiales digitales.
- 4) Evaluación de la utilidad de los materiales desarrollados. Para medir la utilidad de estos materiales se realizaron encuestas entre los estudiantes. Las encuestas se diseñaron en

bloques de preguntas, de forma que se pudieran valorar las dificultades encontradas por los estudiantes en la instalación y ejecución de los materiales digitales, así como conocer su utilidad y su grado de satisfacción con dichos materiales. El grado de utilización de los materiales didácticos se determinó a través del número de descargas en Moodle. Finalmente, se compararon los resultados académicos obtenidos por los estudiantes con aquellos alcanzados en los cursos previos en los que no se utilizaron este tipo de materiales. Esto último sólo se realizó para el caso de *notebooks*, dado que las aplicaciones se empezaron a emplear en el curso 2019/2020 durante la pandemia, lo que se ha considerado como un curso atípico que no debe tomarse como referencia.

### **3. Notebooks: generadores de problemas y materiales de apoyo a la docencia**

Los materiales digitales desarrollados empleando *Jupyter Notebooks* han sido de dos tipos: generadores de problemas y herramientas de apoyo a la enseñanza. Estos materiales se han utilizado mayoritariamente en la asignatura Fundamentos de Ingeniería Bioquímica del 3<sup>er</sup> curso del Grado en Bioquímica, aunque también, si bien en menor extensión, en uno de los grupos de la asignatura Ingeniería Química del 2<sup>o</sup> curso del Grado en Química de la Facultad de CC. Químicas.

#### **3.1. Generadores de problemas**

Los generadores de problemas se han clasificado en tres tipos diferentes según la variabilidad en la selección de las incógnitas del ejercicio que los estudiantes han de resolver. Los tipos de generadores de problemas son: generadores de problemas fijos, generadores basados en casos y generadores de problemas aleatorios. Hay que destacar que, independientemente del tipo de generador de problemas, todos ellos asignan aleatoriamente valores a los parámetros iniciales conocidos del problema en cada ejecución. Para un ejercicio determinado se pueden programar generadores de problemas de diferentes tipos en función del grado de dificultad establecido para el estudiante. Como característica común, los generadores incluyen un botón que permite ocultar o mostrar el código utilizado. De esta forma, los estudiantes con conocimientos previos de *Python*, lenguaje utilizado en su programación, pueden emplear el código también como forma de aprendizaje, mientras que los que no disponen formación previa en este lenguaje pueden ocultarlo evitando distracciones y haciendo así el generador más amigable.

Los generadores de problemas fijos son aquellos en los que las variables desconocidas, es decir, las que deben calcular los estudiantes, son siempre las mismas. Este tipo de generadores tiene especial interés en el caso de problemas sencillos y específicos. Presentan como principal beneficio la posibilidad de desglosar completamente el procedimiento de cálculo y su inconveniente es su falta de flexibilidad, dado que sólo son útiles para la resolución de problemas muy concretos.

Los generadores basados en casos son un tipo intermedio de generadores de problemas entre el anterior (problemas fijos) y los completamente aleatorios. El generador se diseña a partir de grupos de variables desconocidas o casos. Cada vez que se ejecuta el generador, se selecciona aleatoriamente uno de los casos disponibles y se asignan valores al azar al resto de variables (variables conocidas). Permiten formular problemas con un grado de dificultad variable, desde problemas de fácil resolución hasta casos de dificultad alta, pero previamente fijada para cada caso. Su principal desventaja es que no permiten una resolución guiada, por ejemplo, secuencial, como ocurre con los de problemas fijos.

En los generadores de problemas completamente aleatorios se puede dar casi cualquier combinación de variables desconocidas en cada ejecución. En algunos casos, una variable puede permanecer fija, ya sea conocida o desconocida. Dan lugar a una amplia gama de posibles problemas con lo cual son muy versátiles, pero con una dificultad variable y no controlable, lo que implica que pueden requerir, en algunos casos, la ayuda de los profesores para su resolución. Como ocurre con los generadores basados en casos, no permiten su resolución secuencial en el *notebook*.

En la figura 1 se muestra, a modo de ejemplo, uno de los generadores de problemas que los estudiantes han podido emplear, en concreto un generador de problemas fijos.

Jupyter Reactores\_quimicos Last Checkpoint: 26/12/2017 (unsaved changes) Logout

File Edit View Insert Cell Kernel Widgets Help Not Trusted Python 3

### Reactores químicos

**Determinación del volumen de un reactor ideal: Reactores de Mezcla Perfecta y Flujo Pistón.**

Mostrar código

**Avanzar para generar datos**

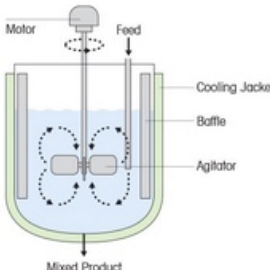
Recuerda que una ecuación cinética de tipo potencial tiene la forma:

$$r = k \cdot C_A^n$$

**Los datos del sistema son:**

Ln k:	n	Temperatura (°C)	Qv (L/min)	Ca0 (mol/L)	Conversión (X <sub>A</sub> )
Valores	-2.646	0.99	64.1	63.0	8.4

**Reactor Mezcla Perfecta - CSTR (continuous flow stirred-tank reactor) en sus siglas en inglés -.**




**La ecuación de diseño de un reactor Mezcla Perfecta es:**

$$\frac{V}{Q_V} = \frac{C_A^{estada} - X_A}{(-R_A)}$$

El volumen del reactor Mezcla Perfecta es: 937.6 L

**Reactor Flujo Pistón - PFR (Plug flow reactor) en sus siglas en inglés -.**



**La ecuación de diseño de un reactor Flujo Pistón es:**

$$\frac{dV}{Q_V} = \int_{X_{entrada}}^{X_{salida}} \frac{C_A^{estada} - X_A}{(-R_A)}$$

El volumen del reactor Flujo Pistón es: 645.0 L

Figura 1. Ejemplo de un generador de programas fijos realizado empleando *Jupyter Notebook*. Fuente: elaboración propia.

### 3.2. Materiales de apoyo a la docencia

Los materiales de apoyo a la docencia son materiales digitales para ser utilizados durante las clases, *en vivo*, ya que permiten mostrar la dependencia de diferentes sistemas (simulaciones interactivas), tales como sistemas reactivos, sistemas de fluidos (propiedades reológicas), sistemas de destilación mostrando diferentes comportamientos, etc. Estos materiales tienen una elaboración relativamente sencilla dado que, en muchos casos, basta con una ligera modificación de un generador previamente desarrollado. Este tipo de materiales ha resultado una innovación muy eficaz y útil al permitir sustituir a las habituales imágenes fijas con las que se suelen explicar comportamientos dinámicos, posibilitando así una enseñanza mucho más intuitiva, en particular en la docencia *online*, donde han se han empleado también como materiales para el autoaprendizaje dado que permiten a los estudiantes comprobar por sí mismos la fenomenología que explica el docente. Como ejemplo de estas herramientas, en la figura 2 se muestra un *notebook* diseñado para ilustrar la dependencia de “q” (fracción de vapor en la alimentación), la relación de reflujo y la volatilidad relativa de dos componentes que se separan en una unidad de rectificación.

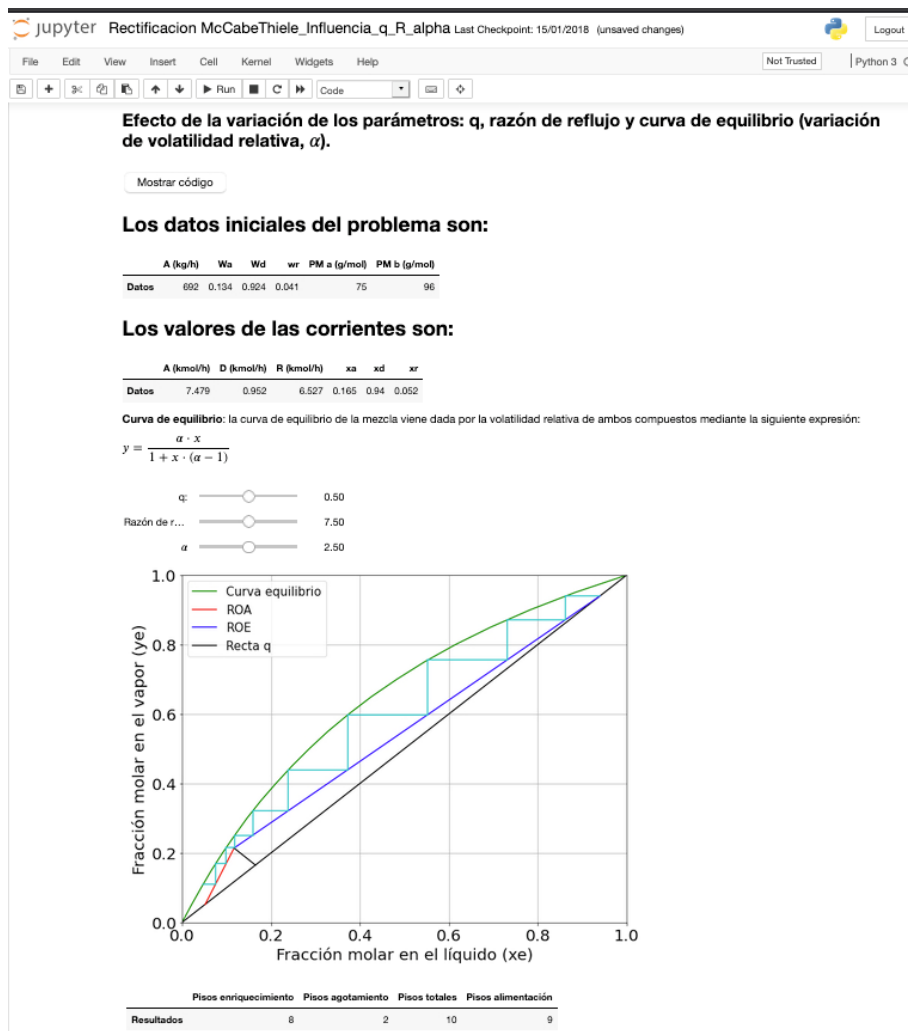


Figura 2. Ejemplo de herramienta de ayuda a la enseñanza. Fuente: elaboración propia.

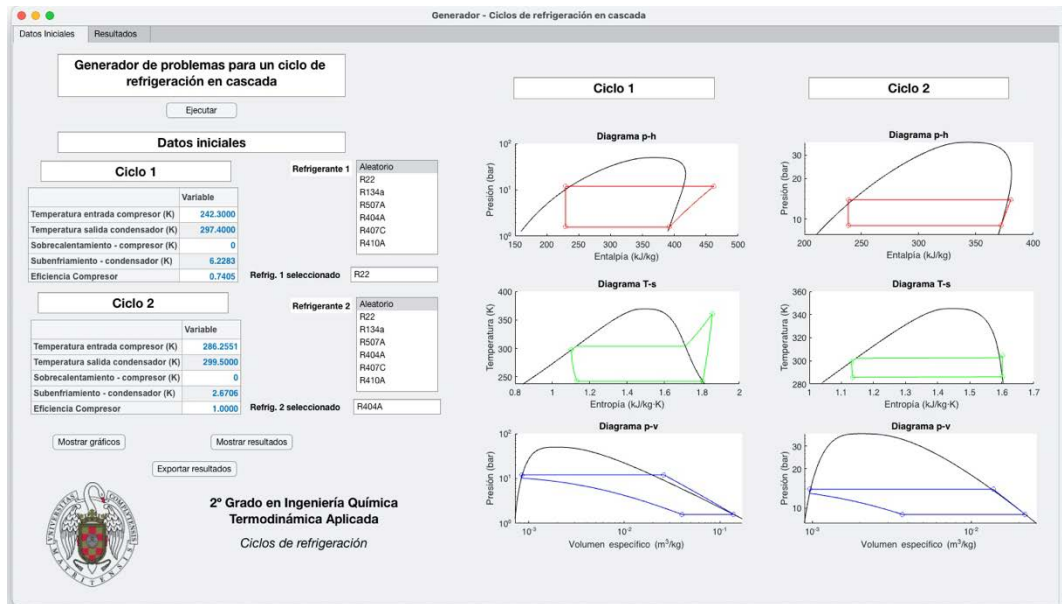
El desarrollo de los *notebooks* se realizó gracias a la financiación de un proyecto de innovación UCM, Innova-Docencia 2017/2018 (Ref. 11), y dio lugar a una comunicación oral en el IV Congreso de Innovación Docente en Ingeniería Química (Domínguez et al 2018).

#### **4. Aplicaciones: generadores de problemas**

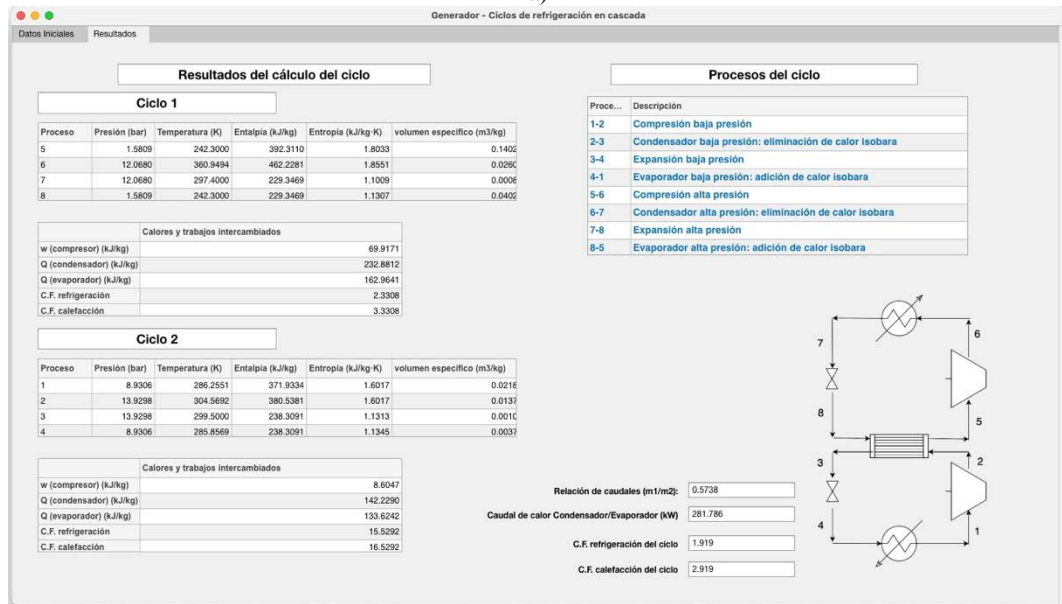
A raíz de la experiencia adquirida en el desarrollo de generadores de problemas con *Jupyter Notebook*, se decidió elaborar materiales similares en forma de aplicaciones que facilitaran dos de las principales dificultades que encontraron los estudiantes en el empleo de los *notebooks*, que no son otras que su instalación y manejo. Estas aplicaciones se enfocaron a la asignatura de Termodinámica Aplicada en el Grado en Ingeniería Química, en concreto a la enseñanza de los ciclos termodinámicos de potencia de vapor y de gas, así como en los ciclos de refrigeración, y se desarrollaron empleando la herramienta *App Designer* de MATLAB®.

Todas las aplicaciones son generadores del tipo basado en casos y disponen de la posibilidad de exportar los datos iniciales y las soluciones a un archivo Excel (botón “Exportar resultados”). Además, permiten la representación de los ciclos en diagramas termodinámicos p-h, T-s y p-v. Para la obtención de las propiedades termodinámicas de las sustancias se empleó la librería *CoolProp* (Bell et al. 2014), de acceso abierto y gratuito. Las aplicaciones se alojaron en el Campus Virtual de la asignatura. Para su ejecución requieren de la instalación del programa MATLAB®, licenciado por la UCM, que los estudiantes conocen ya por la asignatura Informática Aplicada del 1<sup>er</sup> curso del Grado en Ingeniería Química.

El desarrollo de las aplicaciones se realizó durante la ejecución de un proyecto Innovación 2019/2020 (Ref. 215) financiado por la UCM. En la figura 3 se muestra, a modo de ejemplo, la aplicación desarrollada para el estudio de ciclos de refrigeración en cascada.



a)



b)

Figura 3. Ejemplo de un generador de problemas en formato aplicación: a) pestaña de datos iniciales; b) pestaña de resultados. Fuente: elaboración propia.

## 5. Evaluación de la utilidad de los materiales desarrollados

A través de encuestas se ha evaluado el grado de satisfacción de los estudiantes con los materiales elaborados. Algunos estudiantes respondieron que con los *notebooks* tenían más dificultades con la instalación y el funcionamiento de los programas necesarios para ejecutar los materiales que cuando el formato empleado era el de aplicaciones. En cuanto a la utilidad que para los estudiantes tienen los materiales desarrollados, un amplio porcentaje consideró que su uso es importante para la comprensión de las clases, y también creen que deberían emplearse más habitualmente. También opinan que los materiales digitales suponen una mejora significativa en la enseñanza y que desearían poder disponer de materiales similares como recurso didáctico en otras asignaturas del Grado.

En cuanto al impacto en los resultados académicos de estos materiales, conviene destacar los resultados de los casos de los *notebooks*, dado que ya se han empleado durante tres cursos académicos en el Grado en Bioquímica. Comparando los resultados antes y después de su implantación mediante indicadores globales, es decir, las notas medias y las tasas, se observó un aumento significativo del porcentaje de estudiantes que aprobaron la asignatura: 93,8% frente a 85,9%, o 98,2% frente a 90,3%, dependiendo de si se considera la tasa de estudiantes que aprobaron la asignatura con respecto al total de matriculados o a los que se presentaron al examen final. Las notas medias también aumentaron, desde 6,3 a 6,7, y se incrementó un 10 % el número de aprobados, si bien el porcentaje de notas altas (sobresalientes y matrículas de honor) permaneció constante.

## 6. Conclusiones

Los materiales digitales desarrollados han resultado de gran utilidad tanto en la enseñanza tradicional como a distancia, y han fomentado el aprendizaje autónomo de los estudiantes. Los resultados académicos, al menos en la medida en la que han sido evaluados, han sido muy positivos, en particular en la disminución del número de suspensos y el aumento de las notas medias. En el futuro se seguirá avanzando en el desarrollo de estos materiales, adaptados a la evolución de la metodología docente que se está experimentando en la actualidad y en la elaboración de material de ayuda a la instalación y manejo de los materiales, que sigue siendo uno de los puntos susceptibles de mejora, a través de presentaciones, ejemplos resueltos, video tutoriales, documentación adicional, etc. Aunque las TICs se venían utilizando cada vez más en la docencia universitaria, la pandemia de COVID-19 y el cierre de las clases presenciales en Universidades ha supuesto un impulso muy importante para la adaptación tanto de docentes como de estudiantes a una docencia en entornos virtuales. No hay duda de que las TICs han venido para quedarse en la docencia universitaria, aunque se dé por terminada la pandemia y la docencia vuelva totalmente a la normalidad.

## Referencias bibliográficas

Bell, Ian H., Jorrit Wronski, Sylvain Quoilin, y Vincent Lemort. 2014. "Pure and Pseudo-pure Fluid Thermophysical Property Evaluation and the Open-Source Thermophysical Property Library CoolProp". *Industrial & Engineering Chemistry Research* 53 (6): 2498-2508.

Domínguez, J.C., M.V. Alonso, M.I. Guijarro, R. Miranda, M. Oliet, V. Rigual, J.M. Toledo, M.M. Villar-Chavero, y P. Yustos. 2018. "Problem Generators in Chemical Engineering with Jupyter Notebook". IV CIDIQ, Santander, España.

Miranda, Rubén, M<sup>a</sup> Isabel Guijarro, Miguel Ladero, y Mercedes Oliet. 2011. "Desarrollo de recursos didácticos para el apoyo al aprendizaje de Ingeniería Química de los estudiantes del Grado en Química". *RELADA-Revista Electrónica de ADA-Madrid* 5 (3).

Project Jupyter. 2018. <http://jupyter.org>.

Ripoll, Vanessa, Marina Godino-Ojer, y Javier Calzada. 2021. "Teaching Chemical Engineering to Biotechnology students in the time of COVID-19: Assessment of the adaptation to digitalization". *Education for Chemical Engineers* 34: 94-105.