

## *De interés*

### **LA METODOLOGÍA TPACK EN EL NIVEL UNIVERSITARIO: SU IMPLEMENTACIÓN EN LA UNIDAD DIDÁCTICA DE GASES**

Maximiliano I. Delleltesse<sup>1,2\*</sup>, Viviana Colasurdo<sup>1</sup>, María J. Goñi Capurro<sup>1</sup> y María Beatriz Silverii<sup>1</sup>

1. Dpto. de Ingeniería Química y Tecnología de los Alimentos, Facultad de Ingeniería, UNICEN. Avda. del Valle 5737, Olavarría. Buenos Aires. Argentina.

2. Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CICBA)

\*e-mail: [mdelleltesse@fio.unicen.edu.ar](mailto:mdelleltesse@fio.unicen.edu.ar)

**Resumen.** Se presenta en este trabajo, el diseño e implementación de una metodología de enseñanza-aprendizaje basada en el modelo "Conocimiento Tecnológico, Pedagógico y Disciplinar" (en inglés: TPACK, Technological Pedagogical Content Knowledge), en la unidad didáctica de gases, en la asignatura Química General e Inorgánica de la Facultad de Ingeniería de la UNICEN. La finalidad del mismo es propiciar que los estudiantes mejoren la interpretación del comportamiento de los sistemas gaseosos y el modelo asociado a éstos integrando las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). Para ello se utilizaron recursos como simulaciones y aplicaciones en notebooks, teléfonos inteligentes (smartphones) y tablets. La implementación de la metodología TPACK, posibilitó reflexionar sobre la propia práctica docente, al aplicar de una manera constructiva las TIC a las clases tradicionales de química en el nivel universitario. Además, a partir de la introducción de estas tecnologías, se logró una mayor motivación por parte de los integrantes de la cátedra, tanto estudiantes como docentes.

**Palabras clave:** TIC, Química General e Inorgánica, TPACK, gases.

#### **TPACK Methodology at the university level: its implementation in the Gases Didactic Unit**

**Abstract.** This paper presents the design and implementation of a teaching-learning methodology based on the TPACK model (Technological Pedagogical Content Knowledge), in the Gases Didactic Unit, at General and Inorganic Chemistry degree course, of UNICEN's Faculty of Engineering, in order to get students to improve the interpretation of the behaviour of gaseous systems and the model associated with them, by integrating Information and Communication Technologies (ICT). For this, resources such as simulations and applications were used in notebooks, smartphones and tablets. The implementation of the TPACK methodology made possible to think the teaching practice over, by applying the new technologies in a constructive way to the traditional chemistry classes at the university level. In addition, since the introduction of ICT, greater motivation was achieved by the members of the course, both students and teachers.

**Key words:** ICT, General and Inorganic Chemistry, TPACK, gases.

## INTRODUCCIÓN

Las carreras de Licenciatura en Tecnología de los Alimentos y Tecnicatura Universitaria en Electromedicina, de la Facultad de Ingeniería de Olavarría (FIO) de la UNICEN, incluyen en su plan de estudio la asignatura Química General e Inorgánica, que se cursa en el primer cuatrimestre de primer año.

Siendo una de las disciplinas básicas para dichas carreras, es necesario, que durante su desarrollo, los estudiantes elaboren y construyan una sólida base de conocimiento científico, partiendo de un apropiado análisis conceptual.

Las clases teóricas, de problemas y de trabajos prácticos de laboratorio, completan una carga horaria de 120 h cuatrimestrales, y están organizadas de manera tal que permiten la interrelación de contenidos y el desarrollo de competencias. El promedio de alumnos inscriptos en la asignatura es de 35, mientras que son cuatro los docentes involucrados. El sistema de cursada consiste en dos exámenes parciales con dos exámenes de recuperación cada uno.

Los estudiantes, por lo general, son tanto ingresantes como recurrentes<sup>1</sup>, ambos con baja motivación por los contenidos en química, y escasa formación en ciencias básicas. No evidencian un desarrollo adecuado de competencias específicas tales como: *razonamiento lógico*, argumentación, experimentación, uso y organización de la información, *así como apropiación del lenguaje común de la ciencia y la tecnología* (CONFEDI, 2014). Lo anteriormente mencionado influye en el porcentaje de aprobación del espacio curricular. Refiriéndonos a los últimos años se cuenta con tasas de aprobación del curso, menores al 25%, bastante más baja si la comparamos con la media de una década atrás. Desde el año 2017, esta tasa ha mejorado, entre otros factores, con la implementación de *tecnologías de la información y la comunicación - TIC* (aplicaciones para dispositivos móviles, simulaciones y animaciones) en las clases teóricas y de problemas (Dellestesse, Colasurdo, Goñi Capurro y Wagner, 2017). Dicha innovación, se refleja en la menor deserción y mayor motivación de todos los miembros de la cátedra.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dentro de las unidades didácticas, la de gases, presenta para los alumnos problemas relacionados con la interpretación del comportamiento de los sistemas gaseosos y el modelo asociado a éste. El desarrollo de la unidad sigue un modelo tradicional de clases teóricas y de problemas; y durante los últimos años se incluyó de forma paulatina el uso de animaciones y simulaciones para mejorar la interpretación del contenido.

*1 NdE: Alumnos que, por no haber aprobado la asignatura en el primer curso, deben repetirlo.*

A raíz de las dificultades conceptuales que presentan los estudiantes frente al contenido de gases y de la relevancia creciente de las TIC en las clases de Química General e Inorgánica, es necesario reelaborar la unidad didáctica, en la que se integren los conocimientos disciplinares, pedagógicos y tecnológicos de una manera coherente y constructiva.

En este sentido, es posible hacer uso de la metodología basada en el modelo "Conocimiento Tecnológico, Pedagógico y Disciplinar" (en inglés: TPACK, Technological Pedagogical Content Knowledge), para el rediseño de la unidad didáctica de gases (Mishra, 2006). Éste ha sido desarrollado a partir del modelo denominado "Conocimiento Didáctico del Contenido" (CDC) (en inglés: PCK, Pedagogical Content Knowledge) elaborado por Shulman (1986) que considera que el profesor ha de combinar el conocimiento del contenido con los conocimientos pedagógicos.

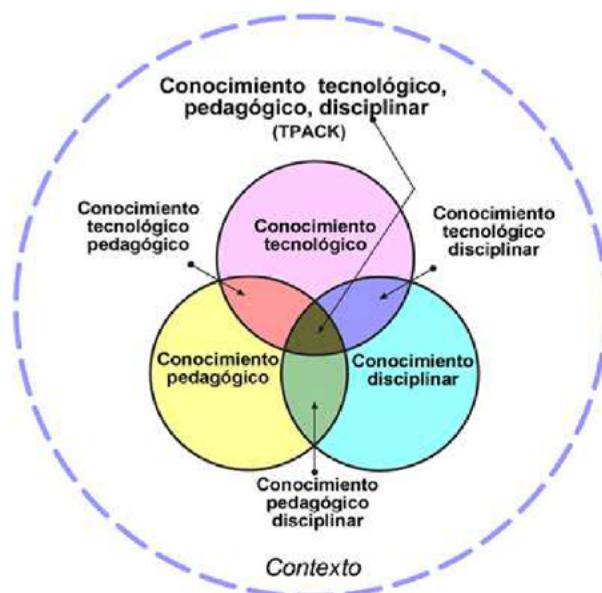
El modelo TPACK, posibilita identificar los aspectos fundamentales que los profesores necesitan para la integración de las tecnologías en las clases de química a partir del desarrollo de un conocimiento complejo y contextualizado, en este caso, en el nivel universitario (Albarracín Balaguera y Ramírez Díaz, 2017). Al respecto, existen algunos trabajos que muestran la implementación de la metodología en este nivel (Martínez-Argüello, Hinojo-Lucena y Aznar Díaz, 2018; Marcelo García, Yot Domínguez, Perera Rodríguez, Ugalde y LLorente, 2016); sin embargo, son escasas las incursiones del uso de este método en el área de química universitaria.

## **OBJETIVO DEL TRABAJO**

El objetivo de este trabajo es diseñar e implementar una metodología de enseñanza-aprendizaje basada en el modelo TPACK (Figura 1), en la unidad didáctica de gases, de la asignatura Química General e Inorgánica.

## **PROPUESTA**

Con el fin de introducir las nuevas tecnologías de manera constructiva, se hace uso del modelo TPACK para el rediseño de la unidad didáctica. Dicho modelo integra de forma contextualizada los conocimientos disciplinar, pedagógico y tecnológico (Koehler y Mishra, 2009).



**Figura 1:** Conocimiento tecnológico, pedagógico disciplinar. Los tres círculos: disciplina, pedagogía y tecnología, se superponen generando cuatro nuevas formas de contenido interrelacionado (Koehler y Mishra, 2009).

Al hablar de *conocimiento disciplinar* se hace referencia a los contenidos conceptuales específicos a enseñar, es decir el qué se enseña. El *conocimiento pedagógico* abarca los métodos y estrategias necesarios para la enseñanza, es decir, cómo se enseña; mientras que trabajar con herramientas y recursos tecnológicos aplicados en el aula hace referencia al *conocimiento tecnológico*.

El modelo, contempla la interacción entre los campos mencionados. El *conocimiento pedagógico-disciplinar* relaciona los contenidos con la estrategia didáctica aplicada; mientras que el *conocimiento pedagógico-tecnológico* conjuga la tecnología y la manera en que ésta es aplicada. El *conocimiento tecnológico-disciplinar* integra los contenidos conceptuales con la tecnología, que hace referencia a las características y el potencial de las múltiples tecnologías disponibles utilizadas en contextos de enseñanza aprendizaje.

La intersección de los tres tipos de conocimientos da como resultado el *conocimiento tecnológico-pedagógico-disciplinar*, que considera la vinculación de contenidos específicos de la asignatura utilizando las TIC para facilitar el aprendizaje del estudiante (Cabero Almenara, Roig-Vila, Mengual-Andrés, 2007).

La unidad didáctica se implementó con el fin de retroalimentar la propuesta identificando principalmente las dificultades conceptuales para el aprendizaje del contenido.

Se definió la matriz de conocimientos disciplinar, pedagógico y tecnoló-

gico y posteriormente las interrelaciones entre ellos (Tabla 1).

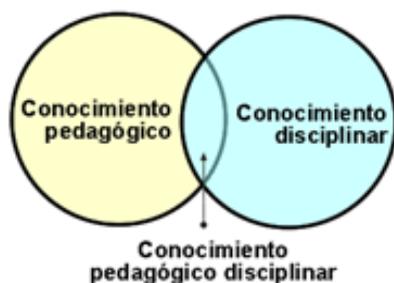
**Tabla 1:** Matriz TPACK para la unidad temática de gases.

 <p><b>Conocimiento disciplinar</b></p>	<p>Conceptos: Propiedades de los gases (presión). Leyes de los gases (Boyle, Gay-Lussac, Charles y Avogadro). Ley de los gases ideales (ecuación de estado de gases ideales). Volumen molar. Mezcla de gases. Ley de Dalton de las Presiones parciales. Gases ideales y gases reales.</p> <p>Procedimientos: Destrezas e investigación (identificación de problemas, relación entre variables, análisis de datos y situaciones) y destrezas comunicativas (representación simbólica) (De Pro, 2013).</p>
 <p><b>Conocimiento pedagógico</b></p>	<p>Aprendizaje por competencias, basado en resolución de problemas.</p> <p>Consideración de ideas previas de los estudiantes.</p> <p>Objetivos de Aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Que los alumnos interpreten los modelos de gases para explicar el comportamiento de diferentes sistemas gaseosos.</li><li>• Que los alumnos sean capaces de adquirir metodologías de resolución de problemas.</li></ul> <p>Evaluación continua: grado de resolución de ejercicios en clase de problemas. Observación de la dinámica de los grupos de trabajo.</p> <p>Evaluación sumativa: problema de aplicación en examen parcial y recuperatorios.</p>
 <p><b>Conocimiento tecnológico</b></p>	<p>Animaciones, simulaciones, aplicaciones de smartphone, aplicaciones de realidad aumentada, videos, presentaciones, entre otros.</p> <p>Los alumnos y docentes presentan un conocimiento básico en el uso de estas herramientas.</p>

---

Ideas previas de los estudiantes en cuanto a este tema (Driver, Guesn y Tiberghien, 1985):

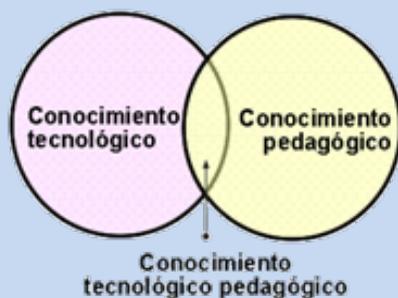
- No tienen clara la relación presión-temperatura-volumen
- No identifican las variables, ni sus unidades.
- Carecen de la noción de vacío entre moléculas (adición de volúmenes).



Dificultades de aprendizaje: En general no presentan un desarrollo apropiado del pensamiento lógico-matemático.

Estrategias de enseñanza:

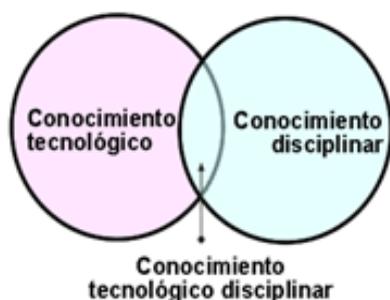
- Organización del contenido (análisis de situaciones macroscópicas a interpretación microscópica).
- Integración de contenidos teóricos-prácticos, de manera contextualizada.
- Resolución de problemas (modelización, análisis e interpretación).



Las animaciones en las clases teóricas, favorecen la interpretación de fenómenos y el uso de modelos. Aporta al desarrollo de competencias básicas como: utilizar de manera efectiva técnicas y herramientas (capacidad para identificar y seleccionar las técnicas y herramientas disponibles).

El planteo de problemáticas con aplicaciones, posibilita el desarrollo de competencias como:

- Identificar, formular y resolver problemas.
- Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo (CONFEDI, 2014).



Los recursos tecnológicos utilizados representan sistemas gaseosos haciendo uso del modelo cinético molecular (representación de esferas en movimiento). Los mismos se presentan a continuación:

- Animación "Gas Mixing".
- Aplicación "Propiedades del gas" (Phet Colorado).
- Aplicación de smartphone "Praktikum".
- Presentación en PowerPoint.

En función de la interrelación de las tres componentes principales, se re-diseña la unidad teniendo en cuenta el contexto de enseñanza, definido con anterioridad. La unidad didáctica se desarrolla en tres fases:

- Fase 1: Explicitación de ideas previas.
- Fase 2: Desarrollo del contenido y aplicación de conceptos.
- Fase 3: Evaluación.

Cabe destacar que la fase 2 se realiza alternando la presentación teórica del contenido e inmediatamente, actividades grupales de aplicación de conceptos.

En la Tabla 2 se presenta el guion planificado para el desarrollo de la unidad.

**Tabla 2:** Planificación de la unidad

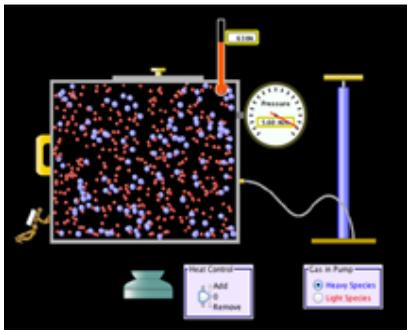
	Rol de los docentes	Rol de los alumnos
Fase 1: Explicitación de ideas previas	<p>Presentar actividades.</p> <p>Orientar en el uso de las simulaciones "Propiedades del gas" y "Praktikum"</p> <p>Identificar ideas de los alumnos acerca de: volumen, presión y temperatura.</p>	<p>Identificar variables que se pueden manipular en las simulaciones.</p> <p>Interpretar modelos.</p> <p>Intercambiar ideas con pares y docentes.</p> <p>Establecer relaciones entre dos variables. Figura 2.</p>
Fase 2: Desarrollo de contenido	<p>Presentar conceptos claves mediante PowerPoint.</p> <p>Promover la participación mediante preguntas.</p> <p>Demostrar con animación "Gas Mixing".</p>	<p>Intercambiar ideas con los pares y docentes.</p>
Fase 2: Actividades de aplicación	<p>Acompañar y orientar en la resolución de problemas tipo con variedad de recursos (TIC, bibliografía, etc.).</p>	<p>Identificar, interpretar y resolver problemas guiados y posteriormente no guiados.</p> <p>Intercambiar ideas con pares y docentes.</p>
Fase 3: Evaluación	<p>Acompañar en la interpretación de consignas.</p>	<p>Aplicar sus conocimientos en la resolución de problemas.</p>

La implementación de la metodología TPACK, permitió reflexionar sobre la propia práctica docente, al incluir de una manera constructiva las TIC a las clases tradicionales de química en el nivel universitario. Dicha metodología permitió analizar los obstáculos de aprendizaje de los alumnos y seleccionar de manera adecuada las estrategias de enseñanza para

subsananlas. La integración de las clases teóricas y de problemas aumentó sustancialmente la atención de los estudiantes, manifestándose en la creciente participación.

El análisis de la misma unidad didáctica del año anterior (2017) permitió realizar un recorte temático adecuado a los objetivos de la asignatura que fueron replanteados. Explicitar los contenidos procedimentales puestos en juego, implicó generar actividades guiadas en las que se los pusieran de manifiesto. El análisis de las ideas previas, condujo a un abordaje de la unidad que aportó a la reflexión por parte de los alumnos.

Las TIC fueron incorporadas en diferentes instancias en función de los requerimientos pedagógicos y disciplinares.

	<p>Actividad 1:</p> <p>Si se aumenta la temperatura de una determinada cantidad de partículas de gas en un recipiente de volumen constante.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>¿Qué sucede con las partículas?</li> <li>La presión ¿aumenta o disminuye?</li> <li>¿Qué sucede con la presión cuando se disminuye la temperatura?</li> <li>Tachar lo que no corresponde: "Si <math>n = \text{cte}</math> y <math>V = \text{cte}</math>, <math>T</math> es directamente/ inversamente proporcional a <math>P</math>"</li> </ol> <p>Actividad 4:</p> <p>Plantear las relaciones matemáticas de cada uno de los comportamientos analizados.</p>
--	---

**Figura 2:** Simulación "Propiedades del gas" (izq), de Phet Colorado. Actividades de la fase de iniciación utilizando la simulación (der).

Asimismo, el análisis del impacto de la propuesta a partir de la evaluación parcial, permitió establecer las dificultades de aprendizaje más persistentes de los estudiantes:

- La idea previa del vacío, es una de las que aparece con más frecuencia: consideran a los volúmenes como aditivos.
- Utilizan los modelos matemáticos de gases sin considerar temperaturas absolutas.
- Confunden fracción molar con fracción en masa.

Respecto al problema de aplicación (evaluación sumativa), se analiza el

grado de resolución adquirido por los alumnos, estableciendo que:

- Casi ninguno utilizó un diagrama auxiliar (representación del sistema) para interpretar la situación problemática.
- De los que lo resolvieron, prácticamente la totalidad planteó la situación con datos e identificó las variables involucradas.
- La identificación del fenómeno y utilización del modelo matemático correspondiente, son dos de las cuestiones que les resulta más complejas. Un poco más de la mitad, logró interpretar con éxito la situación planteada.
- Son pocos los que interpretan el resultado final analizando la coherencia del mismo según el contexto.

De esta manera, estos datos son relevantes para la retroalimentación de la unidad didáctica posibilitando generar espacios en los que se aborden estas dificultades en pos de mejorar el aprendizaje de los estudiantes.

## **CONCLUSIONES**

El uso de la metodología TPACK, posibilitó integrar los conocimientos pedagógicos, disciplinares y tecnológicos, además de reflexionar sobre la propia práctica docente, al incluir de una manera constructiva las TIC a las clases tradicionales de química en el nivel universitario. Se evidencia que con la incorporación de TIC se logró una mayor motivación por parte de todos los integrantes de la cátedra, tanto estudiantes como docentes.

Si bien los exámenes parciales aún muestran que los alumnos presentan dificultades conceptuales y de resolución de problemas, la reflexión sobre los resultados obtenidos, permite retroalimentar la unidad didáctica de gases, pudiendo extenderse la incorporación de las TIC a otras fases, como la de evaluación.

Esta metodología TPACK es factible de aplicar a otros contenidos del área de química en el nivel universitario.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Albarracín, R. H., Ramírez, M. H. (2017). Aplicación del sistema 4MAT apoyado en las simulaciones PhET para el desarrollo de competencias científicas empleando como eje de aprendizaje el tema de ondas. *Latin-American Journal of Physics Education*, 11 (3), 3308 1-11.
- Cabero Almenara J., Roig-Vila R., Mengual-Andrés S. (2007). Conocimientos tecnológicos, pedagógicos y disciplinares de los futuros docentes según el modelo TPACK. *Digital Education Review*, 32, 73-84.
- CONFEDI. (2014). *Competencias en Ingeniería*. (1ª ed) Mar del Plata: Universidad FASTA Ediciones.
- Delletesse M., Colasurdo V., Goñi Capurro M., Wagner C. (2017).

- Nuevas tecnologías en clases de química de primer año del nivel universitario. Estudio de caso. Lydia Galagovsky (Comp.) *VIII Jornadas Internacionales de Enseñanza de la Química Universitaria, Superior, Secundaria y Técnica*, Buenos Aires, Argentina.
- De Pro Bueno, A.J. (2013). Enseñar procedimientos: por qué y para qué. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 73, 69-76.
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1989). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. (1<sup>a</sup> ed) Madrid: Ediciones Morata S.A.
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60-70.
- Marcelo García, C., Yot Domínguez, C., Perera Rodríguez, V. H. (2016) El conocimiento tecnológico y tecnopedagógico en la enseñanza de las ciencias en la universidad. Un estudio descriptivo. *Enseñanza de las Ciencias*, 34 (2), 67-86.
- Martínez-Argüello, L. D., Hinojo-Lucena, F. J., Aznar Díaz, I. (2018). Aplicación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en los Procesos de Enseñanza Aprendizaje por parte de los Profesores de Química. *Información Tecnológica*, 29 (2), 41-52.
- Mishra, P. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108 (6), 1017-1054.
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15 (2), 4-14.
- [Gas Mixing], (s.f). Recuperado 26 de junio de 2019, de <https://www.dlt.ncssm.edu/tiger/Flash/thermodynamics/GasMixing.html>
- [Phet Colorado]. (s.f.). Recuperado 26 de junio de 2019, de <https://phet.colorado.edu/>
- [Praktikum]. (s.f). Disponible en Play Store, Android, 26 de junio de 2019.