

Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA) en el Laboratorio de Química para Ingenieros Químicos Industriales

Improvement Cycle in Classroom (ICIC) in Chemistry Lab for Industrial Chemical Engineers

Ingenierías

EVA GIL GONZÁLEZ

<https://orcid.org/0000-0001-8464-8653>

Universidad de Sevilla. Escuela Politécnica Superior. Departamento de Ingeniería Química
eggonzalez@us.es

Resumen. Este Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA) se ha aplicado a las prácticas de laboratorio de la asignatura de Química General del primer curso de Ingeniería Química Industrial. Se describe de manera detallada el mapa de contenidos, el modelo metodológico posible y la secuencia de actividades propuestas, de tal forma que la experimentación en el laboratorio se presenta como una actividad de contraste. A parte de afianzar conceptos teóricos, el alumnado tiene la oportunidad de reformular sus ideas iniciales a través de la experiencia en el laboratorio y trabajo colaborativo. Se ha intentado contextualizar cada sesión para fomentar la motivación de los estudiantes y crear un clima de trabajo seguro donde cada alumno/a ha tenido la oportunidad de participar y debatir sus ideas mediante puestas en común. Asimismo, la evolución del aprendizaje de los discentes se ha evaluado mediante el uso de formularios iniciales y finales.

Palabras Claves: Química general, ingeniería química industrial, docencia universitaria, desarrollo profesional docente, laboratorio de química.

Abstract. This Improvement Cycle in Classroom (ICIC) has been applied to the Chemistry Lab in the General Chemistry course corresponding to the Degree of Industrial Chemical Engineering. A detailed description about the employed contents map, the methodological model and the proposed activities sequences are provided. The experiments in the lab are not only used to consolidate theoretical concepts but also as a contrast activity, where the students had the opportunity to reframe their initial ideas while working in small teams. In order to foster the students' engagement and an inclusive atmosphere each session has been contextualized and every student had the opportunity to share and debate their ideas. Moreover, the evolution of the students' knowledge has been assessed through forms at the beginning and at the end of each session.

Keywords: General chemistry, industrial chemical engineering, university teaching, professional teaching development, chemistry lab.

Contextualización

El presente Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA) (Delord, Hamed y otros, 2020) se ha realizado en la asignatura de *Química General* del primer curso de Ingeniería Química Industrial que se imparte en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Sevilla. Química General es una asignatura troncal obligatoria que estructura sus contenidos en tres grandes bloques: estructura de la materia, transformaciones químicas y aplicaciones de la química a la ingeniería. Específicamente, este CIMA se corresponde con los temas 4 y 5 del primer bloque de la asignatura, dedicados al *estudio del enlace químico* y a *las propiedades de las disoluciones*, respectivamente. Las sesiones son teórico-prácticas con asistencia obligatoria y tienen lugar tanto en el aula de seminario como en el Laboratorio de Química General. Este CIMA se va a experimentar con 3 de los grupos de estudiantes de la asignatura con una media de 8 alumnos/as por grupo.

Diseño previo del CIMA

Mapa de contenidos y problemas claves

En la

Figura 1 se muestra el mapa de contenidos asociado a este CIMA (García, Porlán y otros, 2008; Monter-Berges y Pérez-Cordón, 2010). Se pretende que los estudiantes afiancen conceptos relacionados con las propiedades de la materia y se familiaricen con el método científico a través de sesiones teórico-prácticas. Para ello, se proponen los dos siguientes problemas:

- Sesión 1: *¿Qué es qué? Identifique el tipo de enlace en sustancias desconocidas.* En este problema el alumnado se enfrenta al reto de determinar el tipo de enlace químico en sustancias desconocidas. Para ello, deberán medir distintas propiedades físicas.
- Sesión 2: *¿Afecta la disolución de sales a la temperatura de congelación de los disolventes?* Los estudiantes deberán preparar disoluciones de concentraciones variadas de diferentes electrolitos, NaCl y CaCl₂. A continuación, deben medir su punto de congelación para construir curvas de enfriamiento. A partir de los datos experimentales, el alumnado deberá comparar y argumentar las diferencias encontradas en las curvas de enfriamiento, el grado de disociación y factor de Van't Hoff para ambos electrolitos.

Cabe destacar que la experimentación práctica en el laboratorio en este CIMA toma un gran protagonismo, siendo uno de los elementos centrales del presente mapa de contenidos. De hecho, se puede observar que los contenidos se relacionan mediante las técnicas experimentales y protocolos empleados (contenido procedimental/técnico-psicomotriz), los tipos de sustancias con propiedades similares (contenido conceptual) o el material de laboratorio usado (contenido conceptual/psicomotriz). Con ello, no solo se pretende que el alumnado/a afiance los conceptos teóricos expuestos anteriormente, sino que también se familiarice con el manejo del material del laboratorio, manipulación de productos químicos y adquiera soltura con los protocolos experimentales tratados. Las experiencias se realizan bajo estrictas normas de seguridad, por lo que se aspira a inculcar a los estudiantes unos valores y actitud responsable y segura de trabajo en el laboratorio. También se pretende fomentar el pensamiento crítico de los discentes, forzándoles a contrastar los datos obtenidos en las experiencias con los teóricos y dar respuestas argumentadas sobre posibles discrepancias, mediante la realización de informes de laboratorio tutorizados.

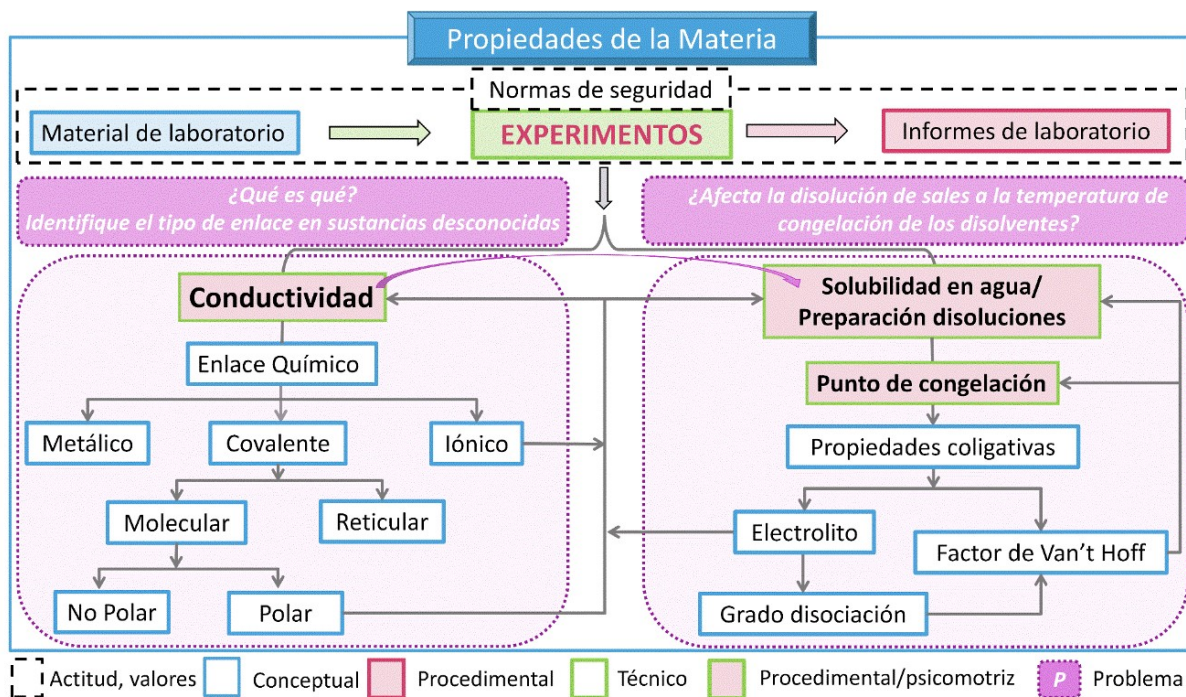


Figura 1. Mapa de contenidos y problemas claves

Modelo metodológico posible

En la

Figura 2 se muestra el modelo metodológico posible (De Alba y Porlán, 2008). Se puede apreciar que consta de 6 fases bien diferenciadas. La primera fase consiste en una pequeña introducción (I) enviada por email, donde se detalla la dinámica de las clases y se adjunta mediante un formulario online el cuestionario inicial. Una vez en el aula, se presenta al alumnado las actividades que vamos a realizar y problemas propuestos (P). Se les proporciona la denominada *ficha previa* que no es más que una secuencia de actividades cuyo objetivo es trabajar y fomentar el pensamiento crítico de los estudiantes (Finkel, 2008). Estos problemas se trabajan de manera individual y luego en parejas (Bain, 2007). A continuación, se hace una puesta en común donde se debaten las ideas previas de los alumnos/as (IA). La profesora supervisa en todo momento el debate y se intenta crear un ambiente de trabajo inclusivo. Seguidamente pasamos a la actividad de contraste (AC) mediante la experimentación en el laboratorio. Esta etapa es la más importante del modelo propuesto. El estudiante tiene aquí la oportunidad de comprobar experimentalmente sus hipótesis iniciales. A parte de afianzar conceptos teóricos, se pretende entrenar otras habilidades relacionadas con hábitos de trabajo en el laboratorio, medidas de seguridad, uso de material de laboratorio y manipulación de productos químicos. Una vez terminada la actividad de contraste, se deja algo de tiempo para que los alumnos/as puedan anotar los resultados obtenidos durante la experiencia y compararlos con los datos teóricos y sus hipótesis iniciales. A continuación, se hace una segunda puesta en común, donde los estudiantes agrupados en parejas exponen y debaten sus resultados y conclusiones de la experiencia (IA). De esta forma, se hace un ejercicio reflexivo y retroalimentado, donde se reformulan o reafirman las ideas iniciales de los alumnos/as mediante una actividad de contraste en el laboratorio. Finalmente, la última etapa del modelo consiste en una pequeña síntesis donde se recapitulan los conceptos más importantes trabajados en la sesión.

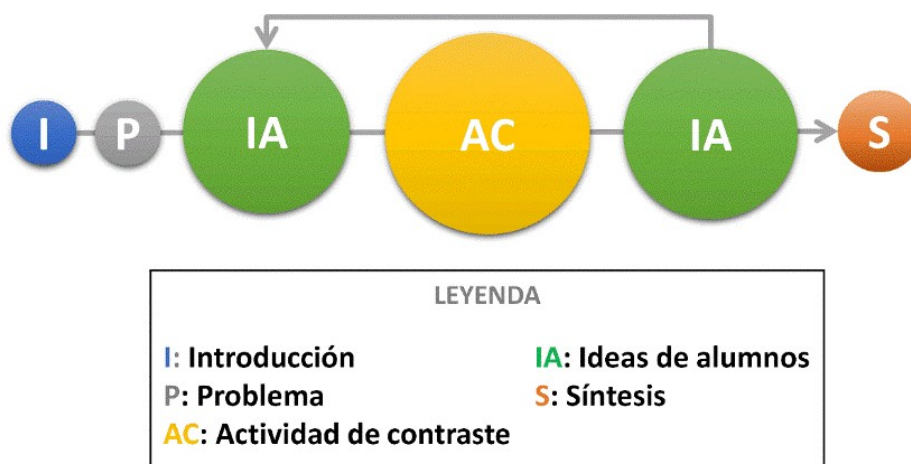


Figura 2. Modelo metodológico posible

Secuencia de actividades

En las Tablas 1 y 2 se presenta en orden cronológico cada una de las actividades programadas para las sesiones 1 y 2 cuya duración es de 4 horas cada una.

Tabla 1. Secuencia de actividades correspondiente a la Sesión 1: *¿Qué es qué? Identifique el tipo de enlace en sustancias desconocidas*

Fase	N.º Actividad	Descripción	Tiempo
Introducción	1.1	Introducción y cuestionario inicial	online
Se envía un correo electrónico a los estudiantes, introduciendo la dinámica de las sesiones perteneciente a este CIMA y con un enlace de Google Form al cuestionario inicial.			
Recursos: plataforma de enseñanza virtual y Google Form.			
Fase	N.º Actividad	Descripción	Tiempo
Introducción	1.2	Contextualización y presentación	5 (min)
Se presenta muy brevemente la dinámica de las sesiones bajo la experimentación de este CIMA, haciendo alusión al correo electrónico enviado en la actividad 1.1.			
Recursos: aula de seminario, intervención de la profesora y pizarra.			
Fase	N.º Actividad	Descripción	Tiempo
Problema	1.3	Presentación ficha previa	10 (min)
La profesora reparte una relación de problemas cuya secuencia de actividades tiene como objetivo que el alumno/a se plantee previamente los problemas experimentales que se va a tratar en el laboratorio.			
Recursos: aula de seminario, secuencia de problemas impresos e intervención de la profesora.			
Fase	N.º Actividad	Descripción	Tiempo
IA	1.4	Resolución ficha previa	45 (min)
Los alumnos/as trabajan en el aula sobre la Ficha Previa presentada en la actividad 1.3. Los primeros 30 min deben trabajar los problemas de manera individual y a continuación en pareja.			
Recursos: aula de seminario y material escolar del alumnado.			
Fase	N.º Actividad	Descripción	Tiempo
AC	1.5	Medidas de seguridad	30 (min)
Las normas de seguridad se explican mediante una serie de preguntas gamificadas.			
Recursos: laboratorio de Química General, intervención de la profesora, plataforma de gamificación, proyector de clase y teléfonos móviles de los estudiantes.			
Fase	N.º Actividad	Descripción	Tiempo
IA	1.6	Puesta en común ficha previa	30 (min)

Cada pareja de estudiantes expone sus respuestas sobre un par de cuestiones de la ficha previa (Actividades 1.3 y 1.4). La profesora intenta crear un ambiente participativo y su papel es simplemente de moderador.

Recursos: laboratorio de Química General, pizarra y fichas previas resueltas.

Fase	N.º Actividad	Descripción	Tiempo
AC	1.7	Experiencia en el laboratorio	90 (min)

Esta parte de la sesión comienza enlazando con una de las preguntas del cuestionario inicial. La profesora comenta brevemente los resultados del cuestionario previo y se demuestra de manera experimental las hipótesis iniciales de los alumnos/as. A continuación, se empieza con la experimentación para intentar contestar al problema 1 del mapa de contenidos.

Recursos: laboratorio de Química General, material de laboratorio y material escolar de los estudiantes.

Fase	N.º Actividad	Descripción	Tiempo
IA	1.8	Puesta en común resultados experimentos	15 (min)

El alumnado identifica el tipo de enlace teniendo en cuenta los resultados experimentales y los resultados de la ficha previa (actividades 1.4 y 1.6). Se hace una puesta en común, guía por la profesora, donde cada pareja expone razonadamente el tipo de enlace de una de las sustancias.

Recursos: laboratorio de Química General, intervención de la profesora, pizarra.

Fase	N.º Actividad	Descripción	Tiempo
Síntesis	1.9	Síntesis final y limpieza	15 (min)

La profesora hace una pequeña síntesis a modo de conclusión sobre los aspectos fundamentales tratados en esta sesión. A continuación, cada alumno/a debe limpiar y ordenar el material usado durante la experiencia.

Recursos: laboratorio de Química General, pizarra y material de limpieza.

Tabla 2. Secuencia de actividades correspondiente a la Sesión 2: *¿Afecta la disolución de sales a la temperatura de congelación de los disolventes?*

Fase	N.º Actividad	Descripción	Tiempo
Introducción	2.1	Introducción y cuestionario inicial	online
Se envía un correo electrónico a los estudiantes con un enlace de Google Form al cuestionario inicial que deben rellenar de manera individual con sus conocimientos previos.			
Recursos: plataforma de enseñanza virtual y Google Form.			
Fase	N.º Actividad	Descripción	Tiempo
Introducción	2.2	Contextualización y presentación	5 (min)
De nuevo en el aula de seminario, se presenta y se describe brevemente la dinámica a seguir en esta sesión.			
Recursos: aula de seminario, pizarra e intervención de la profesora.			
Fase	N.º Actividad	Descripción	Tiempo
Problema	2.3	Presentación ficha previa	10 (min)
La profesora reparte una relación de problemas cuya secuencia de actividades tiene como objetivo que el alumno/a se plantee previamente los problemas experimentales que se va a tratar en la sesión de laboratorio. En este caso están relacionadas con las propiedades coligativas de las disoluciones.			
Recursos: aula de seminario, secuencia de problemas impresos e intervención de la profesora.			
Fase	N.º Actividad	Descripción	Tiempo
IA	2.4	Resolución ficha previa	45 (min)
Los alumnos/as trabajan en el aula sobre los problemas de la Ficha Previa presentada en la actividad 2.3. Los primeros 30 min deben trabajar los problemas de manera individual y a continuación discutirlos en pareja.			
Recursos: aula de seminario, ficha previa impresa y material escolar de los estudiantes.			
Fase	N.º Actividad	Descripción	Tiempo
IA	2.5	Puesta en común ficha previa	30 (min)

Cada pareja de estudiantes expone al resto de la clase sus respuestas sobre un par de cuestiones de la ficha previa (Actividades 2.3 y 2.4). La profesora intenta crear un ambiente participativo y seguro donde todo el alumnado se sienta incluido. El docente solo interviene si lo considera oportuno.			
Recursos: laboratorio de Química General, pizarra e intervención de la profesora.			
Fase	N.º Actividad	Descripción	Tiempo
AC	2.6	Experiencia en el laboratorio	120 (min)
Esta actividad tiene como finalidad contrastar las ideas iniciales de los alumnos/as mediante una experiencia en el laboratorio. Se empieza analizando los resultados de las preguntas 1 y 2 del cuestionario inicial 2. Los siguientes 45 min se emplean para preparar las disoluciones de NaCl y CaCl ₂ y medir el punto de congelación.			
Recursos: laboratorio de Química General, material de laboratorio y material escolar de los estudiantes.			
Fase	N.º Actividad	Descripción	Tiempo
IA	2.7	Puesta en común resultados experimentos	15 (min)
Los estudiantes deben trasladar sus resultados experimentales a sus cuadernos de laboratorio. A continuación, deben contestar una serie de preguntas apoyándose en la secuencia de preguntas trabajadas en las actividades 2.3, 2.4 y 2.5, y discutir las diferencias experimentales encontradas entre el NaCl y CaCl ₂ . El papel de la profesora es meramente de guía.			
Recursos: laboratorio de Química General, intervención de la profesora, pizarra, guion de prácticas y material escolar de los alumnos/as.			
Fase	N.º Actividad	Descripción	Tiempo
Síntesis	2.8	Síntesis final y limpieza	15 (min)
La profesora hace una pequeña síntesis a modo de conclusión sobre los aspectos fundamentales de la práctica. A continuación, cada alumno/a debe limpiar y ordenar el material usado durante la práctica.			
Recursos: laboratorio de Química General, pizarra y material de limpieza.			

Cuestionario Inicial y Final

Antes del inicio de cada sesión y después, se entregó un cuestionario con el fin de evaluar los conocimientos de partida de los alumnos/as y su evolución después de cada experiencia (García y Porlán, 2008). Las preguntas para cada una de las sesiones fueron las siguientes:

- Sesión 1: *¿Qué es qué? Identifique el tipo de enlace en sustancias desconocidas*
 1. *Desde muy pequeños, siempre nos han enseñado que los aparatos electrónicos los debemos manipular con las manos secas, especialmente cuando los enchufamos y desenchufamos de la corriente eléctrica, ¿Por qué? ¿Puede el agua destilada conducir la electricidad? y, ¿el agua de mar?*
 2. *Desde el punto de vista del tipo de enlace químico, ¿Por qué los cables de la luz son normalmente de cobre y están recubiertos por plástico?*
 3. *¿Por qué el agua y la acetona son miscibles y el agua y aceite inmiscibles?*
 4. *Recientemente he contraído COVID-19 y he perdido el gusto por completo. He preparado un pastel, pero no recuerdo si he utilizado sal o azúcar. Dispongo de un pequeño circuito eléctrico, pero no sé cómo lo podría utilizar para identificar el ingrediente que he utilizado. ¿Qué se te ocurre que se puede hacer para averiguar el ingrediente usado?*
- Sesión 2: *¿Afecta la disolución de sales a la temperatura de congelación de los disolventes?*
 1. *Durante la tormenta Filomena de enero de 2021, se gastaron unas 70000 toneladas de sal aproximadamente. ¿A qué crees que se debe?*
 2. *Quiero cocinar pasta, pero con la subida de la factura de la luz debo ahorrar lo máximo posible. Cómo crees que debo proceder para hervir mi plato de espaguetis*

para ahorrar lo máximo posible en la factura de la luz, ¿Añado sal al agua del grifo antes de que hierva o añado la sal directamente a la pasta una vez hervida en agua del grifo? Argumenta tu respuesta.

Aplicación del CIMA

Relato de las sesiones del problema 1: ¿Qué es qué?

Una manera de evaluar y reflexionar sobre la práctica docente de manera efectiva es hacer uso del denominado *Diario de las Sesiones*, donde el profesor recoge los acontecimientos y sensaciones más significativos de las sesiones (Porlán, 2008).

La primera sesión en el aula de seminarios empezó unos minutos tarde por la baja asistencia de los estudiantes. Dedicué los siguientes 5 minutos a explicar muy brevemente la dinámica de las clases bajo la experimentación de este CIMA. Seguidamente, repartí a cada alumno/a la ficha previa, les comenté que era una secuencia de actividades que tenía como objetivo que se familiarizaran con los conceptos teóricos claves que se iban a tratar en el laboratorio. Expliqué que primero debían intentar resolver las cuestiones de manera individual y a continuación podían trabajarlas en pareja. Durante el tiempo que los alumnos/as trabajaban de manera individual fui pasando por todas las mesas. Algunos de los estudiantes tenían dudas en conceptos muy básicos, así que opté por explicar algunas de las cuestiones para toda la clase haciendo uso de la pizarra. Los últimos minutos se dedicaron a trabajar la ficha previa en pareja. Debido al retraso inicial, la mayoría de las parejas no pudieron terminar los ejercicios de la ficha previa en el tiempo de clase y, por lo tanto, tuvieron que seguir trabajándolos en casa.

La segunda sesión se desarrolló en el Laboratorio de Química General. Empecé explicando las medidas de seguridad. Para ello usé la plataforma de gamificación Quizizz. De manera síncrona, cada estudiante hizo uso de su teléfono móvil para contestar preguntas tipo test que se resolvían *in-situ* y se comentaban de manera colectiva. Esta actividad se alargó más de la cuenta, ya que la conexión con Eduroam no iba bien. Seguidamente, se hizo una puesta en común sobre las preguntas de la ficha previa trabajada en la clase de seminario. En general, estoy bastante satisfecha con esta actividad. Los estudiantes se mostraron muy colaboradores e incluso se crearon pequeños debates muy interesantes. A continuación, comenzamos con la actividad de contraste, que consistió en determinar el tipo de enlace químico en seis sustancias desconocidas. Comencé enlazando con la pregunta cuatro del cuestionario inicial. A partir de este momento, el grupo de clase comenzó a trabajar en pareja para recabar los resultados experimentales de las seis sustancias. En esta fase de la actividad, iba pasando por las poyatas del laboratorio e iba contestando las dudas que los estudiantes tenían. La mayor dificultad que tuve fue la heterogeneidad del estudiantado. Algunos venían de ciclos superiores de técnicos de laboratorio, mientras que otros no habían estado nunca en un laboratorio de química. Esto hizo que las parejas avanzaran de manera muy diferente, haciendo imposible que todos llevaran el mismo ritmo. Transcurrido un tiempo prudencial, les pedí que se tomaran un tiempo para sacar conclusiones sobre el posible tipo de enlace de las sustancias. Hicimos una puesta en común donde cada pareja proponía de manera argumentada el tipo de enlace para el resto de la clase. En esta puesta en común los alumnos/as estuvieron muy participativos de nuevo y la gran mayoría acertó el tipo de enlace en cada una de las sustancias. Con ello quedé muy satisfecha, ya que los estudiantes habían entendido bien las propiedades de cada enlace químico y además habían recabado la información experimental de manera satisfactoria. El último tramo de la clase en el laboratorio se empleó para la limpieza y eliminación de los desechos generados. Antes de que se marcharan hice una pequeña síntesis recapitulando en la pizarra los puntos claves tratados en la sesión de laboratorio.

Relato de las sesiones del problema 2: ¿Afecta la disolución de sales a la temperatura de congelación de los disolventes?

La primera sesión dedicada a este segundo problema comienza en el aula de seminario. La dinámica es muy similar a lo descrito anteriormente. Describí las actividades a realizar en las sesiones dedicadas al problema 2 y repartí la ficha previa. Los primeros 40 minutos trabajaron de manera individual, mientras tanto iba pasando por las mesas y resolviendo algunas cuestiones como, por ejemplo, la relación entre el grado de disolución de un electrolito y el factor de Van't Hoff. Antes de darle una respuesta precisa o de tratar el problema de manera conjunta, les comenté que se esforzaran en pensar en el problema por ellos mismos, dándoles una serie de pistas y recomendaciones. Los últimos 20 minutos trataron el problema por parejas. Les pedí que trabajaran con compañeros distintos a los de la sesión 1.

La segunda sesión dedicada a este problema 2 se desarrolló en el laboratorio de Química General. Comenzamos haciendo una puesta en común de las cuestiones de la ficha previa 2 que duró 30 minutos aproximadamente. Fue una actividad bastante instructiva, me sorprendí mucho, pues se notaba que el grupo había trabajado las cuestiones de la ficha previa. A continuación, comenzamos con la parte experimental preparando las disoluciones molales de NaCl y CaCl₂. Lo primero que hice es dar instrucciones de uso del material volumétrico de vidrio. A continuación, cada estudiante fue pesando las cantidades de reactivos en la balanza, familiarizándose también con el uso de esta.

Una vez preparadas las disoluciones, comenzamos con la actividad de contraste, que consiste en determinar el punto de congelación de disoluciones de diferente concentración de NaCl y CaCl₂. Se pide que traten los resultados experimentales y que hallen el Factor de Van't Hoff y el grado de disociación de los electrolitos y argumenten si se llega al resultado esperado. Es una práctica bastante tediosa desde el punto de vista experimental, ya que deben medir por duplicado el punto de congelación del agua destilada y 6 disoluciones. Además, la validez de los datos depende de la rigurosidad del procedimiento experimental. En ese tiempo fui pasando y atendiendo las dudas particulares de cada pareja de estudiantes. Muchas estaban relacionadas con el uso de la pipeta o sobre la propia validez de los resultados obtenidos. Al terminar de recolectar los datos experimentales les indiqué que se tomaran algo de tiempo para resolver el problema propuesto inicialmente. Finalmente, hicimos una puesta en común donde cada pareja expuso el grado de disociación obtenido para cada disolución. Se observaba una tendencia generalizada que a concentraciones altas de soluto los resultados experimentales no cuadraban con los teóricos. Pensamos de manera conjunta a qué se podía tratar y fui escribiendo todas las opciones propuestas en la pizarra. De esta forma, los estudiantes pudieron razonar y llegar por sí solos a las respuestas que más sentido tenían.

Los últimos minutos de la sesión los dediqué a hacer una pequeña recapitulación en la pizarra de los puntos claves tratados en la sesión y a limpiar el material usado.

Evaluación del aprendizaje de los estudiantes. Escaleras de Aprendizaje

Una manera de conocer y analizar los modelos mentales de los estudiantes, así como los obstáculos asociados a cada nivel y la evolución en el aprendizaje, es mediante el uso de cuestionarios iniciales y finales (García, Porlán y otros, 2008).

A modo de ejemplo, la Figura 3 representa las *escaleras de aprendizaje* de las preguntas 1, 2 y 3 del Cuestionario 1 *¿qué es qué?*, así como los obstáculos asociados a cada nivel para superarlo. Los modelos mentales de los estudiantes asociados a estas tres preguntas son muy similares, ya que cada una de ellas hace alusión a un tipo de enlace químico y sus propiedades.

Como se observa dichos modelos mentales se agrupan en tres grupos, siendo el A el más avanzado y certero. Los porcentajes en negro corresponden al número de alumnos/as cuyas ideas iniciales se encuentran en un mismo nivel, mientras que los porcentajes en rojo referencian las ideas de los estudiantes después de aplicar este CIMA. De forma general, se aprecia una tendencia hacia niveles mentales más complejos y certeros después de la aplicación del CIMA, siendo especialmente relevante la evolución de la pregunta 3. El 90% de los estudiantes fueron capaces de responderla adecuadamente, considerando la diferencia de polaridad del enlace covalente. Creo que esta diferencia tan acusada entre el antes y después se debe a que la pregunta no estaba formulada correctamente en el Cuestionario 1. Muchos de los estudiantes desconocían el significado de la palabra miscibilidad, lo que indujo a que no pudiesen contestar la pregunta en el cuestionario inicial.



Figura 3. Escalera de aprendizaje y obstáculos asociados a las preguntas 1, 2 y 3 del cuestionario Inicial-Final 1 ¿Qué es qué?

La **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.** incluye el mapa de nivel individual de 20 estudiantes mostrando el modelo mental de las repuestas iniciales y finales, así como la evolución del aprendizaje de cada uno de ellos para las 4 preguntas incluidas en el cuestionario 1. Hay un aspecto bastante significativo que llama la atención. Se observa, casi por igual, discentes que experimentan un gran avance en su aprendizaje, así como otros que no avanzan casi nada. Esto se debe a que la mayoría de estos últimos estudiantes se encontraban ya de partida en niveles altos, como es el caso del estudiante 3 o 9. Por otro lado, la mayoría de las estudiantes, que partían de modelos mentales más bajos, experimentan de manera generalizada una gran evolución en su aprendizaje. Así que podemos concluir que el CIMA ha sido un éxito.

Tabla 3. Mapa de nivel individual en el Cuestionario 1 *¿Qué es qué?*

Estudiantes	Pregunta 1			Pregunta 2			Pregunta 3			Pregunta 4		
	I	F	E	I	F	E	I	F	E	I	F	E
1	A	A	0	B	A	+1	C	A	+2	C	B	+1
2	C	A	+2	B	B	0	C	A	+2	C	A	+2
3	A	A	0	A	A	0	A	A	0	B	B	0
4	B	A	+1	C	A	+2	B	A	+1	D	A	+3
5	C	B	+1	C	C	0	B	A	+1	C	B	+1
6	A	A	0	B	C	-1	C	A	+2	B	A	+1
7	C	B	+1	B	A	+1	C	A	+2	B	A	+1
8	B	A	+1	B	B	0	A	A	0	B	B	0
9	A	A	0	B	B	0	A	A	0	A	A	0
10	C	B	+1	C	C	0	C	A	+2	D	A	+3
11	B	B	0	B	A	+1	C	C	0	C	A	+2
12	C	A	+2	C	A	+2	C	A	+2	A	B	-1
13	B	B	0	A	A	0	A	A	0	C	A	+2
14	B	A	+1	B	A	+1	A	A	0	A	A	0
15	B	A	+1	B	A	+1	A	A	0	A	A	0
16	B	B	0	B	B	0	B	A	+1	C	C	0
17	C	B	+1	B	B	0	B	A	+1	C	C	0
18	B	B	0	B	B	0	C	A	+2	C	C	0
19	C	A	+2	B	A	+1	B	A	+1	C	B	+1
20	A	A	0	A	A	0	C	C	0	B	A	+1

I: repuestas iniciales, F: respuestas finales, E: evolución del alumno/a según las escaleras de aprendizaje

Evaluación del CIMA

Cuestiones que mantener y cambios a introducir en un futuro Ciclo de Mejora más amplio

Uno de los aspectos más positivos de este CIMA y que más ha gustado al alumnado ha sido el trabajo por parejas y la contextualización previa de las sesiones para despertar la atención y motivación. No podemos aportar una respuesta a algo que los alumnos/as no se han planteado jamás o de lo que no se entiende su aplicación práctica. Como recoge Finkel (2008), el discutir una idea previa con un igual tiene múltiples ventajas para fomentar el empoderamiento de los estudiantes; desde mejorar sus habilidades sociales y de comunicación hasta afianzar conceptos teóricos y experimentar el compromiso de responsabilidad compartido. Durante todas las sesiones, he intentado crear un clima de trabajo inclusivo donde cada alumno/a ha tenido la oportunidad de participar y formar parte de todas las actividades. También he intentado mostrarme como una profesora cercana y creo que he aumentado la confianza con mis estudiantes. Los discentes también disfrutaron mucho con la actividad 1.5. Presentar las normas de seguridad mediante una actividad gamificada es mucho más atractivo e instructivo que una presentación meramente transmisiva de PowerPoint. Esto es algo que mantendré en el tiempo. El diario de las sesiones me ha resultado una herramienta muy útil como ejercicio reflexivo sobre mi propia práctica docente.

Por otro lado, la dinámica de las clases ha sido bastante fluida, aunque cabe destacar que en algunas ocasiones el tiempo ha sido escaso. Por ello, creo que para futuras ediciones debería

revisarse la extensión de los contenidos. En este sentido, el contenido de las fichas previas tratadas en las Actividades 1.3 y 2.3 lo reduciría de manera considerable para tener más tiempo para trabajar cada cuestión de manera más profunda, fomentando el debate entre las parejas de estudiantes y las puestas en común. Asimismo, los alumnos/as dispondrían de más tiempo para terminar la resolución de dichas actividades en las clases de seminario.

Los cuestionarios iniciales y finales han demostrado ser una herramienta muy útil con la que he aprendido mucho. Sin embargo, he detectado fallos tanto en la formulación de algunas de las preguntas como en el momento de realización, poco oportuno. Creo que el cuestionario inicial debe pasarse antes del diseño de la secuencia de actividades y no después como ha sido el caso. Ello te proporciona un margen temporal adecuado para poder modificar la secuencia de actividades acorde a las necesidades generales del alumnado. Descubrí, con grata sorpresa, que muchos de mis estudiantes poseían modelos mentales muy certeros y cercanos a los objetivos del aprendizaje. En contrapartida, la heterogeneidad en el manejo del instrumental científico hizo que no todas las parejas avanzasen de la misma manera y afectase al ritmo y dinámica de las sesiones en el laboratorio. Otro problema ha sido la poca participación del alumnado en el cuestionario final. En futuros CIMA podría incorporar la evaluación mediante las escaleras de aprendizaje en la calificación del estudiante para así lograr una mayor implicación e interés en la respuesta del cuestionario final.

Otro punto débil de este CIMA ha sido las propias limitaciones del Laboratorio de Química General de la Escuela Politécnica Superior. Disponíamos de un solo conductímetro para la actividad de contraste 1.7. Lo ideal es que cada pareja de estudiantes hubiese dispuesto de su propio conductímetro. La conexión a internet en el Laboratorio tampoco es buena, tuvimos problemas para llevar a cabo la actividad 1.5.

A pesar de los inconvenientes y limitaciones descritas, creo que ha sido una experiencia muy positiva que ha resultado ser todo un proceso de aprendizaje muy enriquecedor para mí.

Aspectos de la experiencia que se pretende incorporar a toda la práctica docente habitual

Hay varios aspectos que pretendo incorporar a mi práctica docente habitual: (1) el cuaderno del profesor, herramienta muy útil para el ejercicio reflexivo sobre la práctica docente; (2) los cuestionarios iniciales y finales, recurso muy valioso para plantear actividades acordes con el nivel general del alumnado y que se puede emplear para evaluar la evolución del aprendizaje de los alumnos/as; (3) las fichas previas o secuencias de actividades guiadas que permiten contextualizar las actividades y enlazarlas con sus posibles aplicaciones prácticas para mejorar la motivación y compromiso del alumnado con la asignatura; (4) plantear la experimentación en el laboratorio de química como una actividad de contraste de las fichas previas; (5) fomentar el trabajo en parejas o pequeños grupos, así como aumentar el tiempo de clase dedicado a realizar las actividades; (6) propiciar los debates y las puestas en común de las actividades a realizar; y (7) mantener e incluso ampliar el número de actividades gamificadas.

Principios didácticos argumentados que han guiado la experiencia y que deben permanecer en el futuro

Los principios didácticos que han guiado la experiencia han estado focalizados en los tres aspectos claves de la didáctica: contenido, metodología y evaluación.

El uso de *mapas de contenidos* ha permitido jerarquizar y clasificar cada uno de los conceptos que se pretendía transmitir al alumnado, así como la relación existente entre los

mismos. De esta manera, se ha podido identificar los *contenidos nucleares*, permitiendo enfocar las actividades propuestas y los esfuerzos docentes a este tipo de contenidos.

La metodología empleada se basa en los principios didácticos de D. Finkel (Finkel, 2008). Ha habido una contextualización previa de las sesiones, donde se pretendía captar la atención del alumnado. No podemos dar una respuesta a algo que nunca nos hemos planteado. El diseño de una *secuencia de actividades* que sirva de guía al estudiante, permitiendo que formule sus propias ideas iniciales y que pueda reafirmarlas o reformularlas mediante *actividades de contraste* en el laboratorio ha constituido el núcleo didáctico central. Asimismo, el *trabajo por parejas* y la *responsabilidad compartida* han sido otros de los aspectos fundamentales de esta práctica docente. De esta manera, hacemos más partícipe al alumnado de su proceso de aprendizaje. El docente pasa a un segundo plano, cuyo papel es fundamentalmente de guía y el de despertar el potencial de los alumnos/as, que en muchas ocasiones se encuentra *dormido* (Gallego-Fernández, 2019).

Como evaluación de los modelos mentales de los estudiantes se han usado *cuestionarios iniciales y finales*. A pesar de que se ha puesto de manifiesto que es fundamental la correcta formulación temporal de las preguntas incluidas, ha sido una herramienta muy útil que me ha permitido conocer el nivel de partida de los estudiantes y detectar puntos débiles y de mejora en el diseño de las actividades propuestas.

Por último y enlazando con lo expuesto anteriormente, la mejora continua y progresiva es esencial para ofrecer una enseñanza de calidad. La evaluación y *el ejercicio reflexivo del docente* es otro pilar básico de mi didáctica.

Referencias bibliográficas

- Bain, K. (2007). *Lo que hacen los mejores profesores universitarios*. Publicaciones de la Universidad de Valencia.
- De Alba, N. y Porlán, R. (2008). La metodología de enseñanza. En R. Porlán (Coord.), *Enseñanza Universitaria, Cómo Mejorarla* (pp. 37–54). Morata.
- Delord, G.; Hamed, S.; Porlán, R. y De Alba, N. (2020). Los Ciclos de Mejora en el Aula. En N. De Alba y R. Porlán (Coords.), *Docentes universitarios. Una formación centrada en la práctica* (pp. 128-162). Morata.
- Finkel, D. (2008). *Dar clase con la boca cerrada*. Publicaciones de la Universidad de Valencia.
- Gallego-Fernández, L. M. (2019). Tecnología de combustibles en el Grado de Ingeniería Química. En R. Porlán y E. Navarro (Coords.), *Ciclos de Mejora en el Aula Año 2019, Jornadas de Innovación Docente del Profesorado* (pp. 2097–2115). Editorial de la Universidad de Sevilla. <https://dx.doi.org/10.12795/9788447221912>
- García, E.; Porlán R. y Navarro, E. (2008). Los fines y los contenidos de enseñanza. En R. Porlán (Coord.), *Enseñanza Universitaria, Cómo Mejorarla* (pp. 55–72). Morata.
- García, F. F y Porlán, R. (2008). La evaluación en la enseñanza universitaria. En R. Porlán (Coord.), *Enseñanza Universitaria. Cómo Mejorarla* (pp. 73–92). Morata.
- Monter-Berges, B y Pérez-Cordón, L. G. (2010). Los mapas conceptuales como recurso docente. *Iniciación a La Investigación*, 1–10.
<https://doi.org/https://revistaselectronicas.ujaen.es/index.php/ininv/article/view/219>
- Porlán, R. (2008). *El diario de clase y el análisis de la práctica*. Averoos. Red Telemática Educativa de Andalucía.