

# Innovación docente aplicada a las prácticas de laboratorio de Química Analítica

## Teaching innovation applied to laboratory practices of Analytical Chemistry

### QUÍMICA

Berta Baca Bocanegra

<https://orcid.org/0000-0001-7615-686X>

Universidad de Sevilla. Facultad de Farmacia. Departamento de Química Analítica

bbacal@us.es

**Resumen.** El Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA) se ha realizado en la asignatura *Química Analítica*, de 1er curso del Grado en Ingeniería Química, de la Universidad de Sevilla, en concreto, en las prácticas de laboratorio. Este se ha llevado a cabo en un grupo de 12 alumnos y ha tenido una duración de 8 horas distribuidas en 2 sesiones.

La intervención se ha realizado contemplando los 3 aspectos fundamentales que constituyen el sistema docente: los contenidos a impartir en el aula, la metodología docente utilizada en su aplicación y la evaluación del aprendizaje experimentado por los estudiantes. El modelo didáctico aplicado se basa fundamentalmente en el Aprendizaje Basado en Problemas con el objetivo de conseguir el aprendizaje desde una perspectiva investigativa, crítica y reflexiva. Para ello, se proponen casos y situaciones reales que permitirán a los alumnos construir el conocimiento a partir de sus ideas previas y a través de una metodología investigativa y constructivista (actividades de contraste).

**Abstract.** The Classroom Improvement Cycle (CIMA) has been carried out in the Analytical Chemistry subject, of the 1st year of the Degree in Chemical Engineering, at the University of Seville, specifically, in laboratory practices. This has been carried out in a group of 12 students and has had a duration of 8 hours distributed in 2 sessions.

The intervention has been carried out considering the 3 fundamental aspects that constitute the teaching system: the contents to be taught in the classroom, the teaching methodology used in its application and the evaluation of the learning experienced by the students. The applied didactic model is fundamentally based on Problem-Based Learning with the aim of achieving learning from an investigative, critical and reflective perspective. For this, real cases and situations are proposed that will allow students to build knowledge from their previous ideas and through an investigative and constructivist methodology (contrast activities).

**Palabras clave.** Química Analítica, Grado en Ingeniería Química, Docencia Universitaria, Desarrollo Personal Docente, Aprendizaje Basado en Problemas

**Keywords.** Analytical Chemistry, Degree in Chemical Engineering, University Teaching, Teaching Staff Development, Problem-Based Learning

## Contexto

El contexto de la intervención se centra en la asignatura obligatoria *Química Analítica* del Grado en Ingeniería Química Industrial de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Sevilla. Esta asignatura se imparte en el segundo cuatrimestre del primer curso y tiene un total de 6 créditos ECTS de los cuales 3 corresponden a clases teóricas y 3 a clases prácticas de laboratorio. Es en las clases prácticas de laboratorio donde se ha desarrollado el ciclo de intervención y mejora docente (CIMA) (Delord y otros, 2020), de 8 horas de duración, que se describe en el presente trabajo.

En cada grupo de prácticas la docencia se organiza en 10 sesiones distribuidas con una frecuencia semanal a lo largo del cuatrimestre. La actividad se ha llevado a cabo en uno de los grupos de prácticas y se ha contado con un total de 12 alumnos que mostraron una adecuada iniciativa e interés hacia la innovación planteada, hecho que se vio incrementado con el avance de las actividades programadas. Las prácticas se desarrollaron en un laboratorio.

La dinámica de trabajo habitual en las prácticas de esta asignatura, al igual que en la mayor parte de las prácticas de laboratorio de los planes de estudios de ciencias (Cejudo Bastante, 2018, Sánchez Fernández, 2018), se organiza en dos partes principales: una primera parte, más o menos breve según la asignatura, en la que se explican los conceptos teóricos que van a trabajar en la segunda parte que es la que constituye realmente la práctica experimental de laboratorio y que se desarrolla siguiendo un guion de prácticas con los procedimientos que el alumno deberá reproducir en el laboratorio. De forma general, esta metodología conduce a que el alumno se limite a seguir paso a paso los guiones de prácticas sin cuestionarse en ningún momento *¿qué está haciendo?* ni mucho menos *¿para qué?* La intervención que se plantea en este trabajo surge de la necesidad de despertar el espíritu crítico del alumno para fomentar el aprendizaje desde una perspectiva investigativa y reflexiva (Porlán, 2020).

## Diseño previo del CIMA

### *Mapa de contenidos y problemas*

La elaboración del mapa de contenidos se realizó en base a 4 grandes problemas de la profesión docente: *¿qué tipos de contenidos enseñar?*, *¿cómo organizarlos y problematizarlos?*, *¿cómo adecuarlos a los modelos mentales del alumnado?* y *¿para qué enseñamos lo que enseñamos?* (García Díaz, 2017). De acuerdo con ello, en la Figura 1 se detallan los contenidos conceptuales, habilidades psicomotrices, habilidades intelectuales y contenidos actitudinales problematizados que han guiado mi actuación docente, así como las relaciones entre ellos.

El tema a abordar fue las técnicas volumétricas y fue formulado a través de la pregunta *¿Qué es y cómo se determina la calidad del agua?* La respuesta a esta pregunta se desglosaría en 4 preguntas problemas que darían como respuesta las 4 técnicas volumétricas fundamentales que a su vez nos permiten determinar 4 parámetros de calidad del agua, de los cuáles, por cuestiones de tiempo, se van a trabajar únicamente dos de ellos en dos sesiones de 4 horas. En ambos casos, la respuesta a la pregunta-problema general se va dirigiendo y desarrollando a través de las preguntas encadenadas o sub-problemas (Finkel, 2008) *¿Qué técnica analítica se puede utilizar?* *¿Qué reacción química está implicada en la determinación?* *¿Cuál es el procedimiento experimental detallado para realizar la determinación?* Los contenidos relacionados con las respuestas a los dos primeros sub-problemas permitirá a los alumnos

desarrollar y aplicar un procedimiento experimental de forma consciente y razonada además de interpretar los resultados obtenidos y tomar las decisiones oportunas.

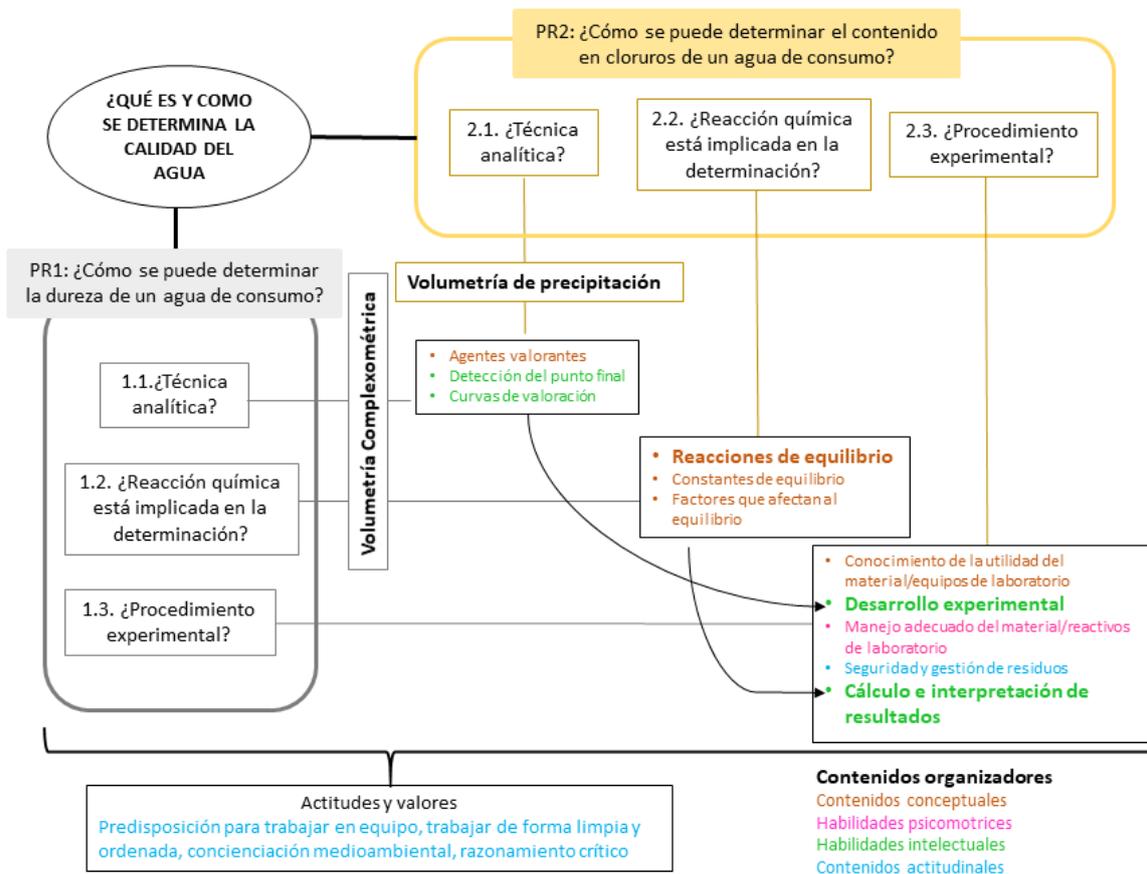


Figura 1. Mapa de contenidos y problemas

La elaboración del mapa de contenidos se realizó en base a 4 grandes problemas de la profesión docente: *¿qué tipos de contenidos enseñar?*, *¿cómo organizarlos y problematizarlos?*, *¿cómo adecuarlos a los modelos mentales del alumnado?* y *¿para qué enseñamos lo que enseñamos?* (García Díaz, 2017). De acuerdo con ello, en la Figura 1 se detallan los contenidos conceptuales, habilidades psicomotrices, habilidades intelectuales y contenidos actitudinales problematizados que han guiado mi actuación docente, así como las relaciones entre ellos.

El tema a abordar fue las técnicas volumétricas y fue formulado a través de la pregunta *¿Qué es y cómo se determina la calidad del agua?* La respuesta a esta pregunta se desglosaría en 4 preguntas problemas que darían como respuesta las 4 técnicas volumétricas fundamentales que a su vez nos permiten determinar 4 parámetros de calidad del agua, de los cuáles, por cuestiones de tiempo, se van a trabajar únicamente dos de ellos en dos sesiones de 4 horas. En ambos casos, la respuesta a la pregunta-problema general se va dirigiendo y desarrollando a través de las preguntas encadenadas o sub-problemas (Finkel, 2008) *¿Qué técnica analítica se puede utilizar?* *¿Qué reacción química está implicada en la determinación?* *¿Cuál es el procedimiento experimental detallado para realizar la determinación?* Los contenidos relacionados con las respuestas a los dos primeros sub-problemas permitirá a los alumnos

desarrollar y aplicar un procedimiento experimental de forma consciente y razonada además de interpretar los resultados obtenidos y tomar las decisiones oportunas.

### Modelo metodológico posible

El modelo metodológico propuesto está dirigido hacia la mayor participación del alumno en el proceso de aprendizaje y centrado en el uso y la reorganización de sus ideas a través de la secuencia *movilizar-cuestionar-reorganizar* (Bain, 2007), lo que podríamos denominar un *modelo basado en la reelaboración de las ideas de los alumnos* (Porlán, 1993). Este modelo parte siempre de una cuestión que activa el interés del alumno y su implicación en el proceso, es decir, que para aprender los estudiantes han de estar en un estado de activación mental (De Alba, 2017). En este modelo la profesora pasa a ser un guía del proceso de aprendizaje y así se representa esquemáticamente con el color naranja asignado al papel de la profesora, en muchos casos rodeando, a modo de guía y orientación, la actividad del alumno.

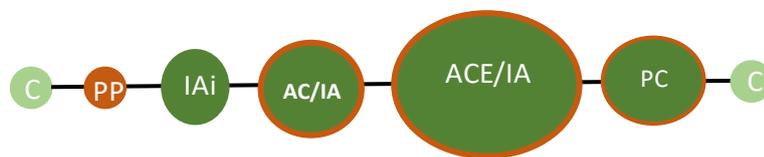


Figura 2. Modelo metodológico posible. C: Cuestionario inicial/final; PP: Planteamiento del problema; IA: Ideas de los alumnos; AC: Actividades de contraste; ACE: Actividad de Contraste Experimental; PC: Puesta en común de los resultados obtenidos

El modelo metodológico planteado consta de 5 fases, además de un cuestionario que se les pasará a los alumnos antes de la primera sesión y al final de la última con el objetivo de explorar sus ideas previas, así como evaluar la eficacia del nuevo modelo metodológico en el aprendizaje de los mismos. En la primera fase del modelo (PP), la profesora planteará a los alumnos un problema real que tendrán que abordar a lo largo de la sesión. En la siguiente fase (IA), la profesora hará una síntesis de las ideas previas de los alumnos extraídas del cuestionario inicial en relación con el problema planteado en cada sesión. A partir de estas ideas y de las actividades de contraste planteadas, los alumnos cuestionarán y reorganizarán sus ideas hasta llegar al procedimiento que les permitirá resolver el problema de forma satisfactoria (AC). A continuación, los alumnos realizarán de forma individual la práctica experimental siguiendo el diseño experimental que han consensuado previamente (ACE). Finalmente se realiza una puesta en común en la que cada alumno dará su solución al problema planteado mediante la exposición de los resultados experimentales obtenidos y la interpretación de los mismos (PC).

### Secuencias de actividades

Tabla 1. Secuencia de actividades correspondiente a la sesión 1 del ciclo de mejora en el aula

SESIÓN 1			
PROBLEMA: ¿Cómo determinarías la dureza de un agua de consumo?			
Nº Actividad	Fase del modelo	Actividad	Tiempo
1	C	Cuestionario	Indeterminado

Los alumnos resolverán de forma anónima e individual el cuestionario de ideas previas que le hará llegar la profesora antes del inicio de la primera sesión del CIMA. Para ello deberán utilizar sus propias palabras y sus propios conocimientos sobre los contenidos planteados.			
Recursos: Cuestionario proporcionado por la profesora			
2	PP	Planteamiento del problema	10'
La profesora planteará el problema a resolver contextualizándolo en la práctica a abordar en la sesión. <i>“Eres trabajador de un laboratorio propio acreditado de EMASESA para la gestión del control de calidad de las aguas de consumo público y aguas continentales. Recientemente has cambiado de departamento y desde ahora vas a formar parte del equipo que gestiona el sistema de vigilancia y control de calidad de agua de consumo o aguas potables. Uno de los parámetros a evaluar es la dureza del agua, no habéis trabajado antes con él y en la última semana está ocasionando problemas a nivel industrial en la ciudad”</i>			
Recursos: Pizarra para anotar los aspectos claves del planteamiento			
3	IA	Síntesis cuestionarios y debate	35'
La profesora hará una pequeña síntesis de las ideas previas de los alumnos relacionadas con las preguntas 1 y 2 del cuestionario. A partir de esta síntesis, los alumnos debatirán sobre las ventajas e inconvenientes de las distintas propuestas y la viabilidad de las mismas.			
Recursos: Pizarra y cuaderno de prácticas donde irán anotando las distintas ideas			
4	AC/IA	Aporte de material	30'
Tras escuchar las ideas de los alumnos, la profesora aportará como actividad de contraste el siguiente material de trabajo: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Norma UNE 77040:2002: Calidad del agua.</li> <li>- Método ASTM D 1126-92 (American Society for Testing and Materials)</li> <li>- Método 2340C, 1995 (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater)</li> <li>- Ficha de trabajo con secuencia de preguntas encadenadas</li> </ul> Los alumnos leerán y trabajarán en grupos de 4 con el material propuesto y, en base a ellos, reorganizarán sus ideas previas y elaborarán un procedimiento analítico experimental. Cada grupo de alumnos elaborará una parte del procedimiento analítico en cuestión.			
Recursos: Pizarra, ordenador, tablet o móvil con conexión a internet y cuaderno de prácticas donde irán anotando sus ideas			
5	AC/IA	Reorganización de ideas	25'
Los alumnos reorganizarán sus ideas y entre todos, orientados por la profesora, consensuarán el procedimiento analítico completo que aplicarán experimentalmente. En esta fase la profesora hará énfasis en los conceptos teóricos más importantes que han ido extrayendo los alumnos durante su trabajo autónomo previo y que deben conocer. <i>La secuencia de actividades 2-5 tratará de dar respuesta a las cuestiones 1 y 2 del cuestionario inicial, así como a las preguntas 1.1 y 1.2 del mapa de contenidos (problema 1).</i>			
Recursos: Pizarra y cuaderno de prácticas			
6	ACE	Desarrollo experimental de la práctica	90'
Los alumnos, de forma individual, realizarán la práctica siguiendo los pasos descritos en el diseño y complementados por un guion de prácticas entregado por la profesora. Durante toda esta fase los alumnos contarán con la ayuda y la intervención de la profesora cuando el alumno o la profesora lo consideren necesario para ir introduciendo determinados conceptos procedimentales durante el desarrollo de la práctica y supervisar algunos procedimientos para evitar errores <i>trascendentales</i> en el laboratorio.			
Recursos: material de laboratorio, guion de prácticas, cuaderno de prácticas			
7	ACE	Cálculos	20'
Una vez finalizado el procedimiento experimental realizarán los cálculos que le permitirán responder al problema planteado al inicio de la clase.			
Recursos: cuaderno de laboratorio y calculadora			
8	PC	Puesta en común de los resultados	30'

Cada alumno dará su solución al problema planteado mediante la exposición de los resultados experimentales obtenidos y la interpretación de los mismos. En función de los resultados obtenidos por los alumnos, la profesora podrá intervenir proponiendo resultados adicionales para que los alumnos dispongan de un amplio abanico de datos que les permitan evaluar razonadamente todas las posibilidades que puedan encontrar de forma real. *A través de las actividades 6-8 abordaremos el problema 1.3 del mapa de contenidos y daremos respuesta a las preguntas 5 y 6 del cuestionario, comunes a los dos problemas generales planteados.*

Recursos: Pizarra y cuaderno de prácticas

En la sesión 2 se repitió la misma secuencia de actividades planteadas en la sesión 1 pero adaptada a la temática a abordar en la misma, es decir, adaptada a la determinación de cloruros en agua mediante volumetría de precipitación.

### *Cuestionario inicial-final*

Se elaboró un cuestionario relacionado con los contenidos a trabajar en el ciclo de mejora que fue respondido por los alumnos, antes y después de la aplicación del CIMA, con un doble objetivo. Por un lado, identificar los obstáculos y adaptar el nivel a las necesidades de los alumnos. Por otro lado, evaluar la evolución del aprendizaje de los alumnos a través de la evaluación de la evolución de sus modelos mentales después de la aplicación del CIMA lo que nos permitirá, además, evaluar de forma indirecta el propio modelo docente a través del nivel de aprendizaje alcanzado por los alumnos. El cuestionario planteado el siguiente:

*Eres trabajador de un laboratorio propio acreditado de EMASESA para la gestión del control de calidad de las aguas de consumo público y aguas continentales. Recientemente has cambiado de departamento y desde ahora vas a formar parte del equipo que gestiona el sistema de vigilancia y control de calidad de agua de consumo o aguas potables.*

- 1. ¿Cómo determinarías la dureza de un agua de consumo?*
- 2. ¿Qué reacción química está implicada en la determinación anterior?*
- 3. ¿Cómo determinarías el contenido en cloruros de un agua de consumo?*
- 4. ¿Qué reacción química está implicada en la determinación anterior?*
- 5. Indica 4 materiales/equipos de laboratorio que utilizarías para determinar de forma experimental los parámetros anteriores*
- 6. Indica 4 prácticas de seguridad y respeto medioambiental que tendrías en cuenta durante las determinaciones experimentales en laboratorio.*

Las preguntas que constituyen el cuestionario están directamente relacionadas con los contenidos organizadores del mapa de contenidos. Tal y como se puede observar, las preguntas 1 y 2 se corresponden exactamente con los sub-problemas 1.1 y 1.2 del problema 1, trabajado en la primera sesión, mientras que las preguntas 3 y 4 se corresponden con los sub-problemas 2.1 y 2.2 del problema 2 trabajado en la segunda sesión. Por su parte, las preguntas 5 y 6 del cuestionario darán respuesta a los sub-problemas 1.3 y 1.4 del mapa de contenidos ya que están directamente relacionadas con el procedimiento experimental, compartido, en términos generales, por los dos problemas trabajados en el CIMA.

## Aplicación del CIMA

### *Relato resumido de las sesiones*

Como siempre, durante los primeros minutos de la sesión dejo que los alumnos coloquen sus pertenencias en las zonas habilitadas para ello, se pongan la bata y adopten todas las medidas higiénico sanitarias que demanda la COVID-19 mientras que yo voy pasando lista. Una vez que estamos todos ubicados, inicio mi secuencia de actividades con el planteamiento del problema que vamos a abordar, contextualizándolo en una situación real. En la primera parte, quiero trabajar especialmente los sub-problemas 1.1 y 1.2 de mi mapa de contenidos por lo que, una vez planteado el problema planteo dos cuestiones que son exactamente las mismas que las preguntas 1 y 2 del cuestionario de exploración de ideas que han realizado los alumnos previamente. Esto me permite hacer una síntesis de las ideas previas de los alumnos en relación con estas dos preguntas. Utilizo la pizarra para anotar las ideas claves que han dado los alumnos y pido a los alumnos que abran un debate sobre las ventajas-inconvenientes, necesidad de concreción, etc. de las distintas ideas extraídas. Inicialmente me cuesta un poco que los alumnos abran el debate, pero uno de ellos toma la iniciativa y propicia la participación del resto de una forma distendida y sin las reticencias y miedos que observaba en clases anteriores cuando pedía su participación. Cuando veo que se agotan las propuestas de los alumnos, es decir, que no son capaces de llegar a más con los conocimientos que tienen hasta el momento, inicio mi primera actividad de contraste proporcionándole el material de referencia y una ficha de trabajo que han ayudado a los alumnos a dirigir su búsqueda de información con cierto rigor científico y sin intervención directa de la profesora. En esta actividad de contraste los alumnos trabajan en grupos de 4 lo que favorece que sigan compartiendo ideas y debatiendo, pero esta vez en grupos más reducidos. Mientras van trabajando, voy observando que la participación de los componentes de todos los grupos es activa, intercambian ideas y las consensuan entre ellos para dar una respuesta común. Cada grupo elabora una parte del protocolo para la determinación de la dureza lo que hace que los alumnos sientan un compromiso y un grado de responsabilidad mayor para con sus compañeros que les hace implicarse más en el trabajo y expresar más sus ideas y sus conocimientos. A continuación, un portavoz de cada grupo transmitirá al resto de la clase la parte del protocolo experimental que les ha tocado elaborar, reorganizando nuevamente sus ideas y configurando el protocolo completo que permita realizar la determinación. Una vez que tenemos el protocolo definitivo aprovecho para, sobre él, hacer énfasis en los contenidos más importantes que considero que deben haber aprendido hasta el momento y que les permitirá dar respuesta a las preguntas planteadas al inicio de la sesión.

La siguiente actividad que realizan es la determinación experimental de la dureza del agua, una actividad de contraste basada en sus propias experiencias durante el desarrollo experimental. Para ello utilizan el protocolo que ellos mismos han configurado y también un guion de prácticas proporcionado por la profesora en el que se le aporta información más detallada y necesaria sobre uso de reactivos, precauciones de manipulación, etc. Con esta actividad trabajamos el sub-problema 1.3 del mapa de contenidos directamente relacionado con las preguntas 3 y 4 del cuestionario de ideas previas. En esta actividad los alumnos trabajan de forma individual y es la que ocupa la mayor parte de la sesión. En esta fase noto muy claramente la influencia del cambio de metodología ya que los alumnos están muchos más ubicados en la práctica y son mucho más conscientes de lo que están haciendo, con ciertas salvedades.

En la realización de los cálculos los alumnos siguen teniendo bastantes dudas y problemas. Algunos de los alumnos no llegan a terminar sus cálculos y tengo que proporcionar resultados directamente para que podamos hacer la interpretación de los mismos que considero fundamental para cerrar el aprendizaje a través de una aplicabilidad real de los contenidos aprendidos. La interpretación de los resultados era otro de los principales problemas que

observaba en este tipo de docencia práctica. Sin embargo, con la nueva metodología, he podido observar el efecto del trabajo consciente, razonado y crítico que los alumnos han realizado desde el inicio de la sesión a través de los distintos problemas planteados. De forma general, los alumnos son capaces de interpretar correctamente los resultados obtenidos experimentalmente o propuestos por la profesora.

La metodología docente planteada y desarrollada en la segunda sesión del CIMA es exactamente la misma que en la sesión 1 por lo que las secuencias de actividades que he propuesto a los alumnos también son las mismas, por supuesto, adaptando los contenidos a la temática a impartir en esta sesión. En este caso pretendemos que los alumnos aprendan a determinar el contenido de cloruros en un agua de consumo mediante una volumetría de precipitación y lo planteamos, igual que en la sesión 1, contextualizándolo como problema real. Este problema general lo abordamos a través de 3 sub-problemas. En la primera parte de la sesión abordamos los problemas 3.1 y 3.2 (cuestiones 3 y 4 del cuestionario de ideas previas) que permiten el aprendizaje de la técnica analítica a utilizar y el fundamento de la misma para poder abordar posteriormente, en la segunda parte de la sesión, el problema 3.1 centrado en el procedimiento experimental. En ambas sesiones, la determinación experimental es muy parecida, con ciertas salvedades que justifican su abordaje, ya que ambos casos el problema se resuelve mediante una técnica volumétrica (de formación de complejos para la determinación de la dureza del agua y de precipitación para la determinación de cloruros en agua), por lo que el abordaje de los problemas 1.3 y 2.3, relacionados ambos con las cuestiones 5 y 6 del cuestionario, son similares en las dos sesiones del CIMA. La similitud entre ambas sesiones hace que el desarrollo de las actividades sea más fluido y se cumplan mejor los tiempos que en la sesión 1. En la sesión 2 los alumnos cuentan ya con determinados conocimientos adquiridos en la sesión anterior que les permite avanzar más en el análisis e interiorización de los contenidos, haciendo incluso comparaciones entre ambos métodos y planteando posibles alternativas a los procedimientos desarrollados.

Al final de la sesión 2 pido a los alumnos que completen de nuevo el cuestionario de ideas previas, utilizando el mismo pseudónimo y con los conocimientos que tienen después de la aplicación del CIMA para poder evaluar con datos reales la evolución del aprendizaje utilizando la nueva metodología docente.

### *Evaluación del aprendizaje de los estudiantes*

Con el propósito de evaluar el aprendizaje de los estudiantes durante el ciclo de mejora, se han utilizado *escaleras de aprendizaje*. Las escaleras se elaboraron pasando el cuestionario a los alumnos con las preguntas o problemas estructurantes del tema, antes de empezar el ciclo de mejora y al finalizarlo. Las respuestas de los alumnos se clasificaron de acuerdo a sus modelos mentales, de menor a mayor complejidad en la respuesta. Cada respuesta se hizo corresponder con un nivel de aprendizaje y la distancia entre los niveles dependió de la complejidad del obstáculo que había que superar para pasar a un nivel superior. Una vez elaborada la escalera, se calculó el porcentaje de estudiantes que había en cada nivel. De esta forma, se tuvo una idea general del conocimiento sobre el tema que tenía el grupo (Figuras 3 y 4), así como de cada alumno de forma individual antes de iniciar el ciclo de mejora y al finalizarlo (tabla 3).

En las Figuras 3 y 4, se muestran las escaleras de aprendizaje de las preguntas 1 y 2 del cuestionario de exploración de ideas, los patrones de respuestas que constituyeron los distintos niveles, y los porcentajes de alumnos que se situaron en cada nivel tanto al inicio del ciclo como al final. Las respuestas iniciales, permitieron además conocer qué partes del tema requerían mayor atención en función del nivel inicial de los alumnos. Por último, la evolución del

resultado de la escalera final con respecto a la inicial, fue utilizada para evaluar la eficacia del modelo docente aplicado en el aprendizaje de los alumnos.

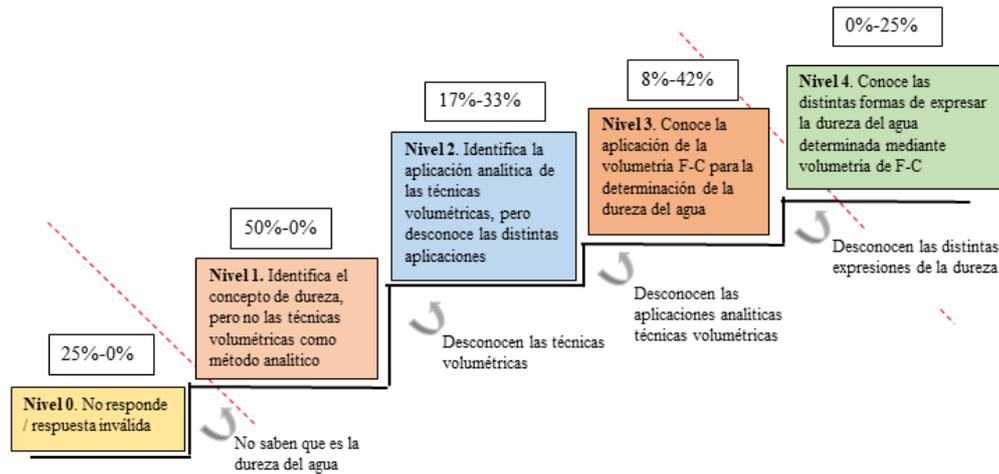


Figura 3. Escalera de aprendizaje de la pregunta 1

Tal y como se puede observar en la escalera de aprendizaje, después del CIMA, todos los estudiantes han experimentado una evolución positiva de sus modelos mentales. Además, buena parte de ellos alcanza uno de los objetivos planteados identificando la técnica volumétrica de formación de complejos como la técnica analítica que permite la determinación de la dureza del agua. Algunos de ellos llegan a conocer, incluso, las distintas formas de expresión de la misma. Sin embargo, existe un 33% que identifica las técnicas volumétricas como técnicas analíticas, pero sigue sin reconocer las distintas aplicaciones de las mismas por lo que se podría introducir alguna actividad en la secuencia de actividades que permitiera hacer más énfasis en esta diferenciación.

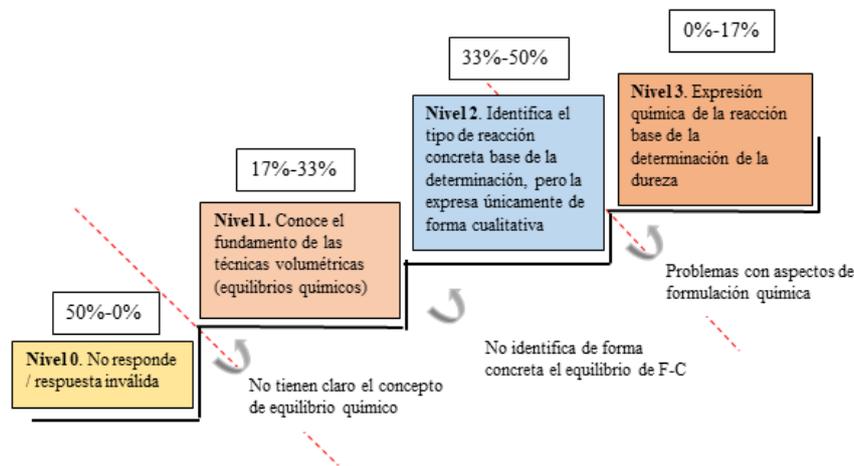


Figura 4. Escalera de aprendizaje de la pregunta 2

El 50% de los alumnos es capaz de identificar la reacción concreta que sirve de fundamento para la determinación de la dureza del agua volumétricamente. Sin embargo, estos alumnos hacen una descripción cualitativa de la reacción y solo un 17% es capaz de expresar de forma química dicha reacción. Esto demuestra un problema de conocimientos de formulación química que no se ha planteado en el CIMA porque no es contenido de esta asignatura. Un 33% de los alumnos no llega a alcanzar el que he considerado nivel objetivo (nivel 2) y no llegan a identificar

la reacción concreta. Sin embargo, tengo la sensación de que está más relacionado con la forma de plantear la pregunta en el cuestionario que con los contenidos aprendidos. Por tanto, de cara a futuras aplicaciones, modificaría esta cuestión de forma que me permitiera comprobar el grado de aprendizaje real.

Para evaluar las progresiones individuales de cada estudiante y las dificultades superadas, la Tabla 3 muestra su modelo inicial y final en el proceso de aprendizaje para las 4 primeras preguntas planteadas en el cuestionario, así como la evolución en forma de número de saltos entre los distintos modelos mentales definidos en las escaleras de conocimiento para cada pregunta. Tal y como se puede observar en la tabla, la evolución del aprendizaje con el modelo docente aplicado, se puede considerar positiva para todos los alumnos y todas las preguntas evaluadas. El número de saltos totales no ha sido considerado para la evaluación de los alumnos ya que se da el caso de alumnos con un número total bajo debido un nivel de conocimiento inicial elevado con respecto al resto de alumnos del grupo.

Tabla 2. Cuadro de evolución individual de los alumnos

Estudiante	Preguntas							
	1I	1F	2I	2F	3I	3F	4I	4F
1	2	4	1	3	3	4	2	4
	2		2		1		2	
2	1	3	1	3	1	4	1	2
	2		2		3		1	
3	2	3	2	3	2	3	3	4
	1		1		1		1	
4	4	5	3	3	4	5	4	4
	1		0		1		0	
5	2	3	1	2	2	3	2	4
	1		1		1		2	
6	3	5	3	4	4	5	3	3
	2		1		1		0	
7	2	4	1	2	2	4	3	4
	2		1		2		1	
8	1	4	1	2	1	4	1	3
	3		1		3		2	
9	1	3	1	2	1	4	1	3
	2		1		3		2	
10	3	5	3	4	3	5	3	4
	2		1		2		1	
11	2	4	2	3	3	5	2	3
	2		1		2		1	
12	2	4	3	3	3	4	2	3
	2		0		1		1	

## Evaluación del CIMA

### *Cuestiones a mantener y cambios a introducir para un futuro Ciclo de Mejora*

Mi experiencia en la aplicación del CIMA es muy positiva especialmente en lo que respecta a los alumnos y su grado de implicación y participación por lo que considero que he conseguido el principal objetivo que me planteaba, que mi modelo metodológico se vaya centrando cada vez más en el alumno y en su aprendizaje consciente, crítico y razonado. Por ello, me gustaría mantener la estructura general del modelo metodológico tal y como lo he planteado en esta intervención, si bien es necesario seguir controlando los tiempos de las actividades e introduciendo nuevas actividades de contraste ya que es lo que más ha contribuido a alcanzar el objetivo planteado. De forma inconsciente los alumnos se han sentido parte del proceso y como tal han sentido la necesidad de implicarse y participar en el mismo. En este sentido, ha funcionado especialmente bien la ficha de trabajo con la que han trabajado los alumnos en una

de las actividades simulando la metodología de trabajo propuesta en el libro “*Dar clase con la boca cerrada*” (Finkel, 2008). Otro de los aspectos que considero más importantes dentro de la nueva metodología docente que he aplicado en mis clases ha sido la utilización del cuestionario inicial/final, ya que me ha permitido empezar a trabajar en cada sesión a partir de las ideas previas de los alumnos y adaptar la clase a sus conocimientos aprovechando los tiempos de clase en aquellos contenidos que realmente sean necesarios.

Uno de los aspectos que sigo considerando un punto débil de mi práctica metodológica y, por tanto, uno de los aspectos que me gustaría modificar o pulir de cara a futuras intervenciones es punto dedicado a la realización de los cálculos. Dado que en clase no se dispone de mucho más tiempo que el programado para esta actividad, me gustaría planificar alguna actividad de trabajo en casa que me ayude a superar la deficiencia que presentan los alumnos con los cálculos en este tipo de docencia.

### *Aspectos de la experiencia que se pretenden incorporar a toda la práctica docente habitual*

De cara a mi práctica docente habitual me gustaría mantener el espíritu de la metodología docente que he diseñado, es decir, una metodología centrada en el alumno que conduzca al aprendizaje desde una perspectiva investigativa, crítica y reflexiva a través de casos y situaciones reales que permitan a los alumnos construir el conocimiento a partir de sus ideas previas y a través de una metodología investigativa y constructivista (actividades de contraste). Las fases del modelo y la secuencia de actividades se adaptarán en función de las características de la asignatura a impartir.

### *Principios Didácticos argumentados que han guiado la experiencia presente y que deben permanecer en el futuro.*

La participación en el Curso General de Docencia Universitaria y la aplicación del CIMA me han permitido elaborar mi propio Modelo Didáctico Personal como un modelo docente constructivista e investigativo, centrado en el aprendizaje del alumno, en detrimento de la metodología puramente transmisiva centrada en los contenidos y en la profesora (De Miguel, 2005). En este nuevo modelo se trabaja con la importancia de crear un entorno de aprendizaje crítico natural en el que los estudiantes aprendan a pensar de forma crítica y razonada a través de situaciones reales, es decir, un modelo de aprendizaje basado en problemas (Prieto, 2006). Por todo ello, las ideas de los alumnos representan un papel destacado siendo el eje principal a partir del que se van desarrollando los distintos tipos de contenidos. La profesora pasa a tener un papel de guía y orientador del aprendizaje, cuestionando y contrastando las ideas de los alumnos relacionadas con los distintos contenidos que se trabajan.

En este nuevo modelo, los contenidos puramente teóricos han sido reducidos para dejar paso al desarrollo de habilidades tan importantes como las intelectuales, actitudinales y psicomotrices. Los mapas de contenidos constituyen una herramienta fundamental para proporcionar una visión global del temario a impartir, así como las relaciones entre los distintos contenidos que lo integran, incluyendo como contenidos organizadores los problemas y sub-problemas que se abordarán para cada temática.

El modelo metodológico diseñado se iniciará siempre con una evaluación de las ideas previas de los alumnos sobre los problemas que se trabajarán en cada temática. Esto nos permitirá identificar los obstáculos y adaptar el nivel a las necesidades de los alumnos. Este mismo cuestionario se pasará a los alumnos como actividad de cierre de cada temática con el objetivo de evaluar la evolución del aprendizaje de los alumnos a través de la evaluación de la evolución de sus modelos mentales. Además de la evaluación del alumno, cobra un papel fundamental en

este nuevo modelo didáctico la evaluación del propio modelo y la evaluación del docente. Para ello, se utilizarán distintas herramientas como las escaleras de aprendizajes que nos darán información sobre los principales obstáculos que encuentran los alumnos para avanzar en el aprendizaje, sobre la necesidad de reajustar el modelo, el mapa de contenidos o la secuencia de actividades etc. Otra herramienta fundamental en este sentido es el *diario de la profesora* donde el docente va anotando cada día como se ha desarrollado la sesión, aspectos positivos y negativos, sensaciones, etc. La lectura de este diario nos permitirá tomar decisiones adecuadas de cara a futuras aplicaciones de nuestro modelo didáctico personal (Porlán, 2008)

## Referencias bibliográficas

- Bain, K. (2007). *Lo que hacen los mejores profesores universitarios*. Valencia: Publicacions de la Universitat de Valencia.
- Cejudo-Bastante, M. J. (2018). Cambio del modelo metodológico en la asignatura Laboratorio de Farmacia. En R. Porlán y E. Medina (Coord.), *Jornadas de formación e innovación docente del profesorado* (pp.132-145). Sevilla: Editorial de la Universidad de Sevilla.
- De Alba, N., y Porlán, R. (2017). La metodología de enseñanza. En R. Porlán (Coord.), *Enseñanza Universitaria. Cómo mejorarla* (pp. 37-54). Madrid: Ediciones Morata.
- De Miguel, M. (2005). *Metodologías de enseñanza para el desarrollo de competencias. Orientaciones para el profesorado universitario ante el Espacio Europeo de Educación Superior*. Madrid: Alianza.
- 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 (Coord.), *Docentes universitarios. Una formación centrada en la práctica*, (pp. 127-162). Madrid: Morata.
- Finkel, D. (2008). *Dar clase con la boca cerrada*. Valencia: Publicacions de la Universitat de Valencia.
- García Díaz, E., Porlán, R., Navarro, E (2017). Los fines y los contenidos de la enseñanza. En R. Porlán (Coord.), *Enseñanza Universitaria. Cómo mejorarla* (pp. 55-72). Madrid: Ediciones Morata.
- Porlán, R. (1993). *Constructivismo y escuela. Hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en la investigación*. Sevilla: Díada Editora.
- Porlán, R. (2008). El diario de clase y el análisis de la práctica. *Averroes. Red Telemática Educativa de Andalucía*. Recuperado de <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/25448>
- Porlán, R. (2020) El cambio de la enseñanza y el aprendizaje en tiempos de pandemia. *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad*, 2(1), 1502. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_educ\\_ambient\\_sostenibilidad.2020.v2.i1.1502](https://doi.org/10.25267/Rev_educ_ambient_sostenibilidad.2020.v2.i1.1502)
- Sánchez Fernández, E.M. (2018). Nuevas estrategias en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura Experimentación Química II del Grado en Ingeniería Química Industrial. En R. Porlán y E. Medina (Coord.), *Jornadas de formación e innovación docente del profesorado* (pp. 766-78). Sevilla: Editorial de la Universidad de Sevilla.