

Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA) para la resolución de problemas sobre cálculos ponderales y estequiométricos en la asignatura Classroom Improvement Cycle (CIMA) for stoichiometric common problem solving in General Chemistry course

Química

JOSÉ MANUEL AGUILAR GARCÍA

<https://orcid.org/0000-0003-3684-3619>

Universidad de Sevilla. Departamento de Ingeniería Química

jmaguilar@us.es

Resumen. El Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA) ha sido aplicado durante el primer cuatrimestre del curso académico 2021-2022 en la asignatura de Química General del Grado en Ingeniería Eléctrica (GIE) que se imparte en la Escuela Politécnica Superior (EPS) de la Universidad de Sevilla (US). La implementación del CIMA se ha dirigido hacia la mejora de las habilidades de los alumnos en la resolución de problemas básicos sobre cálculos ponderales y estequiométricos.

Palabras claves: Química general, grado en ingeniería eléctrica, docencia universitaria, desarrollo profesional docente, resolución de problemas.

Abstract. The Cycle of Improvement in the Classroom (CIMA) has been applied during the first semester of the academic year 2021-2022 in the subject of General Chemistry included in the Degree in Electrical Engineering (GIE) that is taught at the Higher Polytechnic School (EPS) of the University of Seville (US). The implementation of CIMA has been directed towards improving students' skills in solving basic problems on weight and stoichiometric calculations.

Keywords: General chemistry, degree in electrical engineering, university teaching, teacher professional development, problem solving.

Introducción

Descripción del contexto

Esta experiencia de enseñanza-aprendizaje ha tenido lugar en la asignatura de *Química General*, que pertenece al bloque de materias de formación básica de la Rama del GIE ofertado por la EPS de la US. Dicha asignatura forma parte de las asignaturas que componen el primer curso del mencionado grado y se desarrolla durante el primer cuatrimestre del curso académico 2021-2022. En cuanto a su carga docente, se trata de una asignatura de seis créditos ECTS compuesta por 30 horas de teoría y 15 de problemas distribuidas en las 15 semanas del cuatrimestre, a las que se le suman 5 horas de seminarios y 10 horas de prácticas de laboratorio. La aplicación del Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA) (Delord, Hamed y otros, 2020) se realizó sobre 3 de las 15 horas totales dedicadas a resolución de problemas en la asignatura.

El alumnado que accede a esta titulación tiene unos conocimientos muy dispares en la asignatura de Química General. La razón de ello se encuentra en las diferentes posibilidades de acceso a estos estudios universitarios. En la mayoría de los casos, el nivel de conocimientos previos se relaciona con la asignatura de Física y Química del primer curso de Bachillerato, puesto que, en su segundo curso, los alumnos con interés en cursar carreras técnicas suelen decantarse por la elección de otras materias troncales de opción en lugar de Química

(generalmente Dibujo Técnico y Física). En el caso del alumnado procedente de Ciclos Formativos de Grado Superior (CFGS), puede haber accedido a la titulación de grado a través de dos posibles itinerarios: el Bachillerato-CFGS, más academicista, o bien, el Ciclo Formativo de Grado Medio-CFGS, de carácter menos académico y más aplicado o práctico. En este último caso, el último abordaje de contenidos relacionados con la asignatura de Química General puede remontarse al tercer o cuarto curso de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) en la materia de Física-Química, dependiendo de las materias optativas elegidas en el último curso de ESO.

La experiencia didáctica ha tenido lugar en dos espacios diferentes. Uno es el aula tipo de la EPS, provista de los medios didácticos habituales (pizarra, ordenador, proyector y pantalla de proyección). El otro es el despacho del profesor, de uso compartido, donde se dispone de ordenador y materiales para el soporte tradicional de lápiz y papel. Este CIMA se ha desarrollado íntegramente en un contexto de presencialidad total.

Conexión con el proceso previo

La experimentación docente anterior la realicé en el curso 2013-2014 como parte de mi participación en el Programa de Formación del Profesorado Novel en su modalidad de iniciación, llevando a la práctica dos ciclos de mejora completos con un total de 6 horas. Dicha experiencia tuvo lugar en la asignatura de Experimentación en Química I del Grado en Ingeniería Química Industrial que oferta la EPS de la US y se trataba de una asignatura de carácter práctico. Por lo tanto, tan sólo se mantiene el centro en el que es aplicado el CIMA y el curso al que pertenecen ambas asignaturas, primero.

Debido a la diversidad de itinerarios que pueden haber seguido los alumnos y su nivel de conocimientos previos en relación con la asignatura de Química General, se ha creído conveniente tener presente en el diseño del CIMA (Delor, Hamed y otros, 2020) el concepto establecido por Vigotsky de zona de desarrollo próximo o potencial (ZDP) (Vygotsky, 1987). Así, para su diseño, se ha decidido:

- *Mantener algunas sesiones expositivas con los contenidos necesarios para resolver con éxito los problemas planteados, así como resolver algunos ejercicios modelo en clase.*
- *Diseñar ejercicios individualizados para que sean resueltos fuera del aula por cada alumno/a, usando todos los recursos a su alcance.*
- *Seguir la evolución de los aprendizajes individualizado del alumnado mediante tutorías en las que se analicen los aciertos y errores en alguno/s de los ejercicios propuestos.*
- *Implementar un instrumento de evaluación del proceso individual de aprendizaje seguido por el alumnado (porfolio), más orientado a un proceso de evaluación continua.*
- *Evaluar al docente y el diseño didáctico del CIMA mediante las observaciones recogidas en el diario del profesor y encuestas de opinión realizadas al alumnado.*

Diseño previo del CIMA

Mapa o red de contenidos o problemas/casos

A continuación, en las siguientes figuras (Figura 1 y Figura 2) se presentan los mapas de contenidos correspondientes a los dos problemas individualizados que se les van a plantear a los alumnos para su resolución. Se identifican como problema del bloque 1 y problema del bloque 2. El problema del bloque 1 comprende la totalidad de los contenidos conceptuales y procedimentales del tema 1 (*introducción, átomos, moléculas e iones*) y tema 3 (*estados físicos de la materia y cambios de estado*). Estos contenidos son necesarios para abordar con éxito el problema del bloque 2, que abarca los contenidos conceptuales y procedimentales del tema 4 (*las reacciones químicas, estequiometría*). Los contenidos conceptuales se han marcado en

color azul, mientras que en rojo se han señalado los contenidos procedimentales (generalmente más difíciles de adquirir). En negro se han señalado los contenidos nucleares de cada problema, es decir, aquéllos sin cuya comprensión profunda no será posible su resolución.

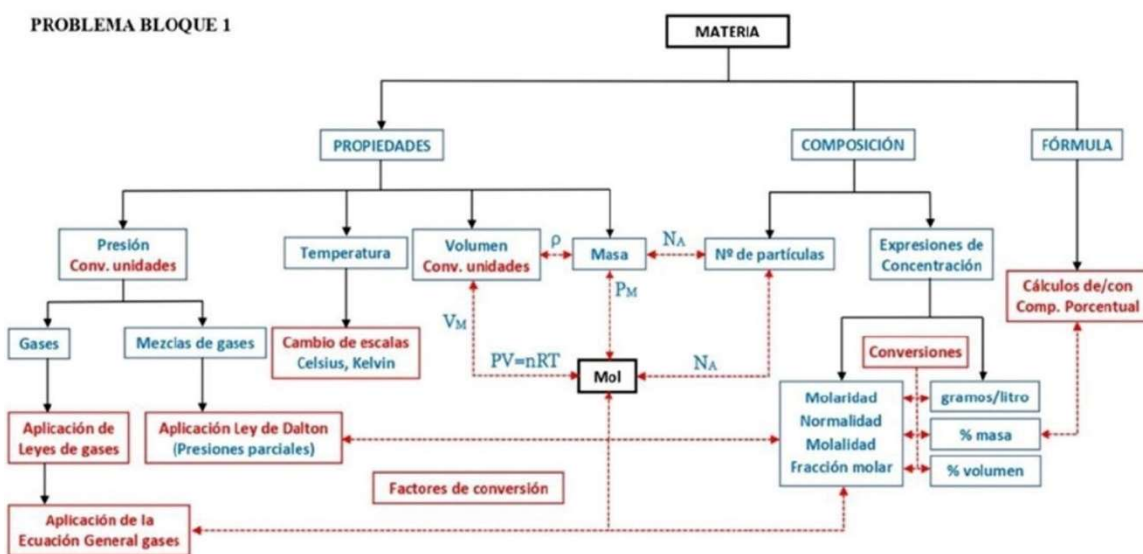


Figura 1. Mapa de contenidos para los problemas del Bloque 1

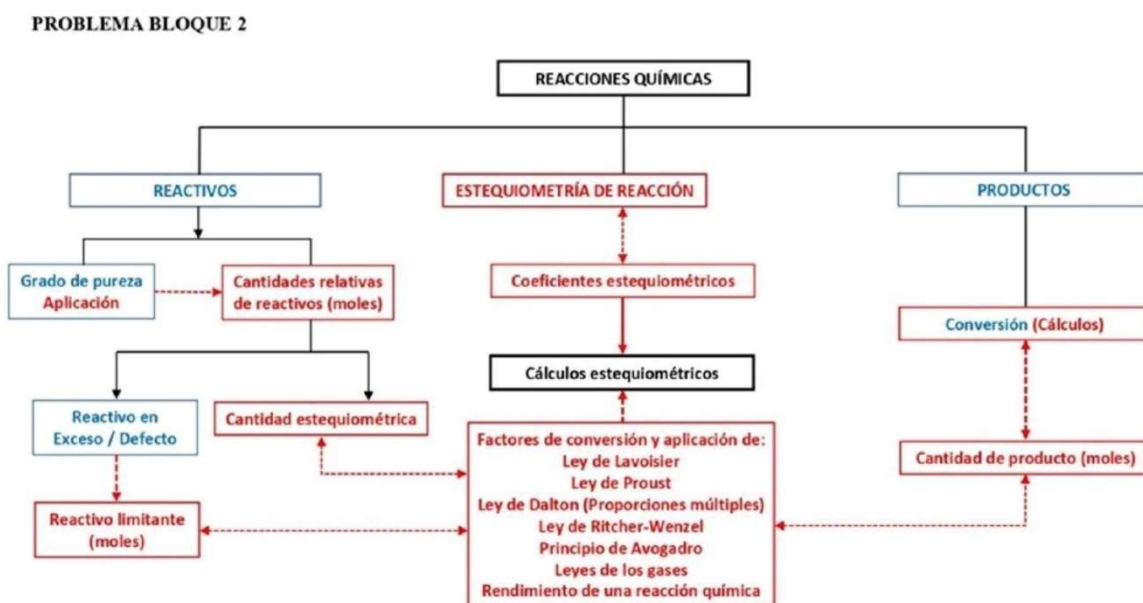


Figura 2. Mapa de contenidos para los problemas del Bloque 2

Modelo metodológico posible

En mi opinión, el modelo metodológico ideal para la asignatura de Química General debería sustentarse sobre la teoría del conocimiento constructivista, para que el alumnado pueda resolver de forma autónoma una situación problemática que se le plantee. El profesor actúa como un mero facilitador del aprendizaje del alumno, ofreciéndole las herramientas necesarias para resolver el problema planteado. Este modelo metodológico, en el que el alumnado adopta un papel activo en su propio proceso de aprendizaje, encuentra en nuestro caso, dos limitaciones importantes: una es el tiempo en el que el alumno debe adquirir los conocimientos necesarios

para superar la asignatura, la otra es la elevada ratio número alumnos/profesor existente en nuestro sistema de enseñanza en general y en la enseñanza universitaria en particular.

Por otro lado, la enseñanza universitaria dispone de una herramienta poderosa para favorecer el aprendizaje constructivista por parte del alumnado: las tutorías personalizadas. Sin embargo, según la experiencia acumulada y compartida con otros docentes de la misma asignatura, los alumnos que acuden a tutorías individualizadas representan un bajo porcentaje del total que componen el grupo-clase y la mayoría de aquéllos que acuden, se encuentran entre los alumnos que finalmente consiguen alcanzar los conocimientos necesarios para superar la asignatura. Además, en cualquier caso, el uso de estas sesiones de tutoría suele concentrarse en los días o semanas previas a las fechas en las que tienen que realizar las pruebas objetivas, autolimitándose en la propia construcción del conocimiento y ralentizando su proceso de aprendizaje.

Teniendo en cuenta las premisas anteriores, el modelo metodológico posible para aplicar en la resolución de problemas en la asignatura de Química General del GIE para el curso 2021-2022 se ilustra en la siguiente figura (Figura 3).

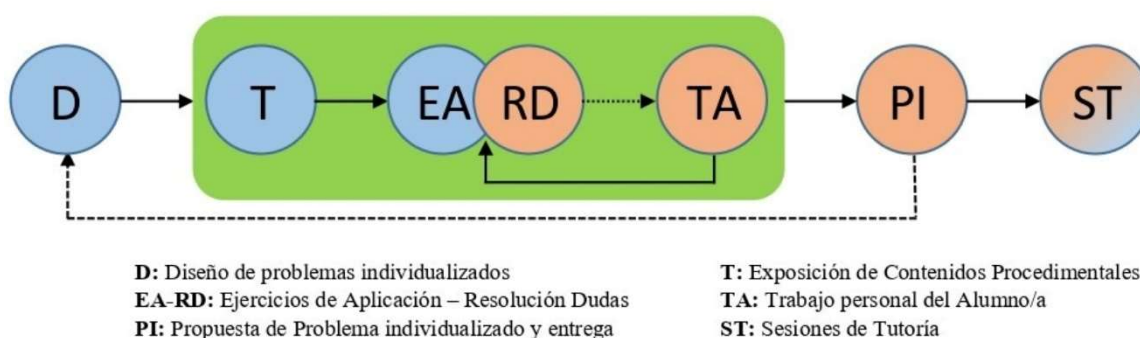


Figura 3. Esquema del modelo metodológico posible para el CIMA

Figura 3. Esquema del modelo metodológico posible para el CIMA

Como puede observarse en la figura, tras el diseño por el profesor de cada uno de los problemas individualizados, tiene lugar la exposición en clase de los contenidos procedimentales (herramientas) necesarios para resolver los problemas que se plantearán. Conviene señalar que en el modelo metodológico anterior no existía esta etapa en la que se trataban estos contenidos procedimentales, sino que éstos se iban exponiendo durante la propia resolución de problemas; por lo que el alumno puede llegar a la conclusión de que cada problema se resuelve de una forma diferente, pero sin llegar a concluir cuáles son las herramientas necesarias que los resuelven. El paso siguiente será la resolución por el profesor de ejercicios de aplicación en los que sea necesario utilizar las herramientas facilitadas en el paso anterior. Esta resolución de ejercicios de aplicación también tendrá lugar en el aula y durante esta etapa los alumnos podrán formular “in situ” cuantas dudas y dificultades encuentren en su resolución. Tras una etapa de trabajo personal del alumno sobre los ejercicios de aplicación propuestos se continuará con la resolución de éstos y de las dudas que se planteen. Todo este proceso, que se representa en la figura en un bloque con fondo verde, tiene lugar en el aula con todo el grupo clase. Posteriormente a este proceso grupal, se procede a facilitar a cada alumno un problema individualizado, estableciendo un tiempo (3-5 días) para su resolución y entrega. Finalmente, se citará a los alumnos en tutorías personalizadas para detectar y discutir dudas, aciertos y errores en la solución planteada por ellos.

En cuanto al código de colores presentado en cada una de las etapas del proceso, se distingue las actividades a realizar por parte del profesor (fondo celeste) de las actividades a desempeñar por parte del alumnado (fondo anaranjado claro), presentándose una mezcla de ambos colores en aquellas etapas en las que hay interacción alumno-profesor.

Secuencias de actividades programadas

La secuencia de actividades para las 10 horas que se dedicaron al desarrollo del presente CIMA, se indica en la siguiente tabla (Tabla 1). Las actividades 1 y 6, corresponden al diseño del problema “tipo” para la posterior resolución por parte del alumno del problema con sus datos particulares (problema personalizado) para cada uno de los bloques de contenidos que se han definido previamente. Las actividades 2 y 7 consisten en la revisión de los contenidos procedimentales necesarios para la resolución de los problemas correspondientes a ambos bloques por un lado y, por otro, a la reflexión previa del alumno sobre sus conocimientos previos y capacidades para resolver los problemas del bloque, antes de que el profesor proceda a resolver algunos ejercicios de aplicación en los que se ponga de manifiesto la forma en la que se usan los contenidos procedimentales expuestos; lo que se equivale a las actividades 3, 4, 8 y 9. Igualmente, durante estas sesiones se resuelven las dudas planteadas por los alumnos. Finalmente, las actividades 5 y 10 consisten en sesiones de tutorías con los alumnos en las que se analiza la solución del ejercicio individualizado propuesto al alumno. Además, al final de estas sesiones de tutoría y tras aplicar el CIMA propuesto, se les facilita a los alumnos la misma encuesta inicial, para que reflexionen sobre sus conocimientos y capacidades en relación con la resolución de los problemas de los bloques indicados.

Tabla 1. Secuencia de actividades del primer bloque de contenidos del CIMA

RESOLUCIÓN DE PROBLEMA (BLOQUE 1)			
Actividad	Descripción	Lugar	Tiempo
1	Diseño de problema “tipo” para la elaboración de los problemas personalizados del alumnado	Despacho	30 min.
2	Exposición de Contenidos Procedimentales necesarios para la resolución del Problema 1. Reflexión previa.	Aula-Clase	30 min.
3	Resolución de Ejercicios de Aplicación del bloque 1 para la puesta en práctica de los CP expuestos y RD.	Aula-Clase	30 min.
4	Continuación con la resolución de Ejercicios de Aplicación (EA) y la Resolución de Dudas (RD)	Aula-Clase	1 hora.
5	Sesiones de tutoría individualizadas para analizar la solución planteada por el alumno al ejercicio propuesto y su cuestionario. Reflexión final.	Despacho	90 min. 10 min/alum
RESOLUCIÓN DE PROBLEMA (BLOQUE 2)			
Actividad	Descripción	Lugar	Tiempo
6	Diseño de problema “tipo” para la elaboración de los problemas personalizados del alumnado	Despacho	30 min.
7	Exposición de Contenidos Procedimentales necesarios para la resolución del Problema 2.	Aula-Clase	30 min.
8	Resolución de Ejercicios de Aplicación del bloque 2 para la puesta en práctica de los CP expuestos y RD.	Aula-Clase	30 min.
9	Continuación con la resolución de Ejercicios de Aplicación (EA) y la Resolución de Dudas (RD)	Aula-Clase	1 hora.
10	Sesiones de tutoría individualizadas para analizar la solución planteada por el alumno al ejercicio propuesto	Despacho	90 min. 10 min/alum

Cuestionario inicial-final

El cuestionario inicial-final que se utiliza para hacer el seguimiento del aprendizaje de los estudiantes a lo largo del CIMA se ha basado en la aplicación de estrategias de pensamiento. Éstas pretenden de forma sistemática y eficaz fomentar el aprendizaje significativo, la auténtica comprensión a través del pensamiento profundo, y la aplicación o transferencia de los conocimientos y del pensamiento a la vida. Según este planteamiento, el alumno deja de ser un mero receptor pasivo y se convierte en un agente activo que busca, procesa y utiliza la información para solucionar problemas mediante el pensamiento crítico y creativo. Entre las diferentes estrategias de pensamiento se encuentran los faros del pensamiento. Este conjunto de estrategias tiene como objetivo despertar y guiar el pensamiento para aprender y comprender de manera profunda. En nuestro caso concreto, se ha aplicado la pasarela *Qué sabía, qué sé*, habiéndose distinguido dos momentos: uno previo y otro posterior al proceso de aprendizaje.

Se describe a continuación cómo se ha realizado su aplicación a nuestro CIMA. Tras la exposición de los contenidos experimentales necesarios para resolver cada problema, se pidió al alumnado que reflexionara de forma individual y anotara en una ficha facilitada por el profesor sus conocimientos previos, proponiéndoles una escalera con cuatro niveles (N) de aprendizaje para cada una de las cuestiones planteadas (N1: *No podría hacerlo*; N2: *Podría hacerlo con bastante ayuda, esto es de forma muy guiada*; N3: *Podría hacerlo con poca ayuda u orientación*, N4: *Podría hacerlo sólo/a de forma autónoma*). Éste será el nivel inicial de cada alumno en los distintos aspectos evaluados. Posteriormente a la resolución del ejercicio individualizado y, junto con éste, entregarán la misma ficha; pero, en este caso, respondiendo ahora a la pregunta *qué sé*. Se trata de concretar qué aspectos han quedado resueltos y cuáles no. Con las valoraciones iniciales y finales del cuestionario del nivel alcanzado se procederá a cumplimentar una tabla de avances individuales para cada uno de los aspectos evaluados mediante cifras comprendidas entre -3 y +3. Dicho valor numérico indicará el número de escalones avanzados, donde 0 significa que no ha habido ningún avance entre lo que sabía al inicio y al final. No parece lógico ni esperable contemplar valores negativos de dichos valores. Los aspectos para evaluar por los alumnos en el cuestionario son los siguientes:

- 1. Resolver ejercicios que involucren los conceptos de número atómico, masa atómica promedio e isotopía.
- 2. Realizar cálculos químicos donde se relacionen los conceptos de mol, n° de partículas, masa y volumen empleando factores de conversión.
- 3. Aplicar las leyes ponderales para obtener las masas de los elementos que se combinan para formar un compuesto y/o su fórmula.
- 4. Calcular la composición centesimal a partir de la fórmula de un compuesto químico, y de obtener la fórmula empírica y molecular de un compuesto a partir de su composición centesimal.
- 5. Efectuar los cálculos necesarios para preparar disoluciones de una concentración determinada y de expresarla en cualquiera de las formas establecidas utilizando factores de conversión.
- 6. Aplicar las leyes experimentales de los gases, la ecuación de estado de los gases ideales, haciendo conversiones a las unidades adecuadas.
- 7. Determinar las presiones totales y parciales de los gases en una mezcla, y relacionarlas con la ecuación de estado y sus fracciones molares.

Por otro lado, el profesor valorará los ejercicios entregados, los cuales serán de realización voluntaria por parte del alumno y supondrán un 15% de la calificación final de la nota obtenida por el sistema de evaluación continua. Este porcentaje se restará del 80% que se aplicaba con anterioridad a los exámenes parciales, estableciéndose un 65% para estos y un 15% para los problemas individualizados que se proponen como base de nuestro CIMA.

Aplicación del CIMA

Relato resumido de las sesiones

El desarrollo de las actividades previstas completó en su totalidad, aunque con variaciones respecto al diseño previsto. Así, en primer lugar, el tiempo dedicado al diseño de los problemas “tipo” (actividades 1 y 6), se triplicó como consecuencia de que se propusieron dos problemas diferentes de cada bloque, aunque los participantes en el CIMA sólo tuvieron que resolver uno. La razón para esta modificación se encuentra en la solicitud realizada por el alumnado al concluir la actividad 4, así como en ampliar los tipos de problemas propuestos en cada bloque para abarcar la totalidad de contenidos de este y posibilitar así una mayor aleatoriedad entre los ejercicios modelo a resolver por el conjunto del alumnado. Otra razón que contribuyó a aumentar el tiempo dedicado al diseño fue comprobar que los datos ofrecidos a cada alumno eran razonables y que, con ellos, se alcanzaban resultados coherentes. Las sesiones 2, 3, y 4 tuvieron lugar según el diseño previsto y sin inconvenientes dignos de ser mencionados. Sí se hará mención del hecho de que tras informar a los alumnos de la puesta en práctica del CIMA en la sesión 2 y pasarles el cuestionario inicial, el alumnado repetidor mostró su preocupación ante la obligatoriedad de participar en el mismo. Esta situación, prevista al realizar nuestro diseño previo, se resolvió comunicándoles que no era obligatoria, aunque sí animaba y recomendaba su participación. En todo caso, si decidían no participar, solamente les afectaría en el porcentaje (15%) que esta actividad tendría en la ponderación de la calificación por el sistema de evaluación continua. Aún así, la acogida de la puesta en práctica del CIMA en la asignatura fue favorable por el conjunto del alumnado. Por otro lado, la sesión 5 se pospuso y se unió con la sesión 10 a petición del alumnado, ya que en el momento en que debió realizarse la sesión 5 el alumnado manifestó tener una importante carga de trabajo y solicitó el aplazamiento para la realización del problema personalizado. Por esta razón, al tener que dar más días de trabajo para solucionar los dos problemas personalizados, el profesor decidió incrementar la aleatoriedad de los ejercicios “tipo” a resolver entre el alumnado participante. De esta forma, la reflexión posterior al desarrollo del CIMA también tuvo lugar en un mismo momento, tras la resolución de los dos problemas asignados. Las sesiones 7, 8 y 9, también transcurrieron según el diseño previsto. En cuanto al clima de trabajo, se ha podido observar una mayor participación del alumnado en clase, formulando un mayor número de preguntas tanto en las sesiones 2 y 7, correspondientes a la exposición de los contenidos procedimentales por parte del profesor, como en las sesiones 3, 4, 8 y 9 dedicadas a la resolución de problemas y resolución de dudas.

La principal dificultad encontrada ha sido que no todos los alumnos que han participado en el CIMA han entregado ambos cuestionarios (inicial y final), por lo que sólo se han tenido en cuenta aquellos que sí lo hicieron. La causa para esta situación puede encontrarse en el hecho de que no se estableció la asistencia obligatoria a las todas las sesiones programadas para la realización del CIMA y el alumnado pudo entregar los problemas asignados sin asegurarnos de su asistencia en las sesiones en las que se cumplimentaron los cuestionarios iniciales y finales.

Evaluación del aprendizaje de los estudiantes

La evaluación del aprendizaje de los estudiantes se ha realizado construyendo escaleras de aprendizaje para cada una de las preguntas que conforman el cuestionario inicial-final (Porlán, 2017) y tablas de avances individuales. Las respuestas a cada una de las siete preguntas se clasificaron en cuatro niveles en los que se ha valorado la capacidad que manifiesta el alumno para aplicar los contenidos procedimentales que expresa cada ítem, como se indicó antes.

Las escaleras de aprendizaje se presentan en las siguientes figuras (de la Figura 4 a la Figura 6), y en ellas se ha indicado en colores rojo y verde los porcentajes de alumnos que están en cada nivel al inicio y al final del CIMA, respectivamente.

En las siguientes tablas (Tabla 2 y Tabla 3), se muestran los avances individuales del alumando participante en el CIMA. En ellas se refleja el nivel inicial (I, en negro), final (F, en azul), y el avance (A, rojo) manifestado por el alumno para cada uno de los ítems de los cuestionarios.

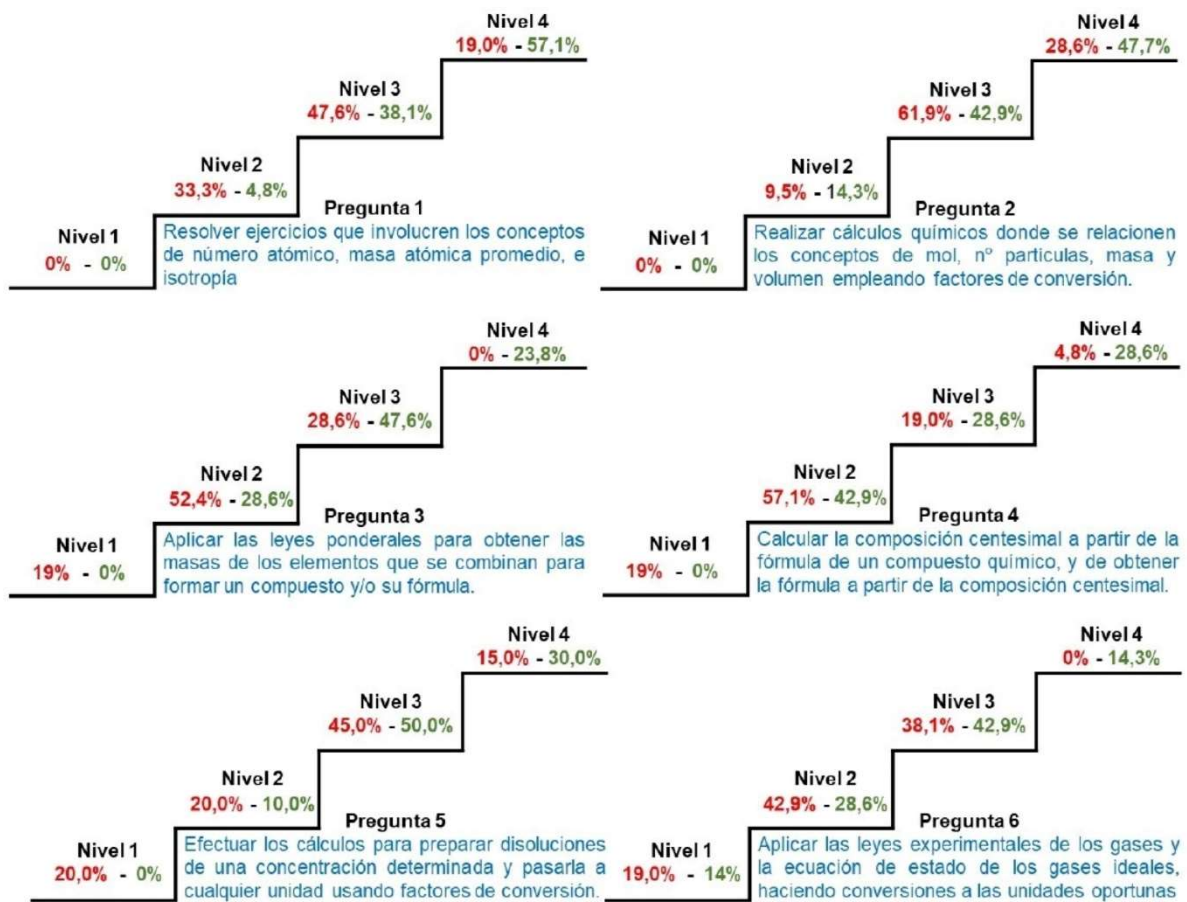


Figura 4. Escaleras de aprendizaje para las preguntas 1 a 6 del cuestionario del bloque 1

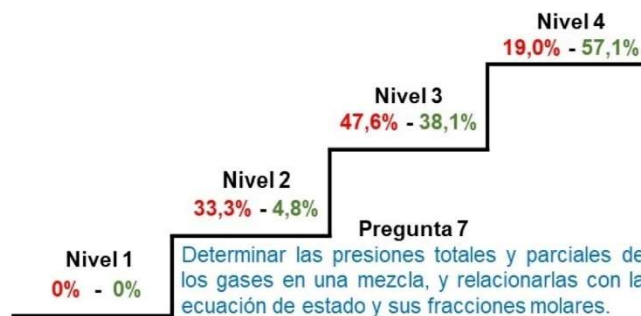


Figura 5. Escaleras de aprendizaje para la pregunta 7 del cuestionario del bloque 1

Tabla 2. Tabla de avances individuales para el cuestionario 1

A	PREGUNTAS CUESTIONARIO 1
---	--------------------------

	P1			P2			P3			P4			P5			P6			P7		
	I	F	A	I	F	A	I	F	A	I	F	A	I	F	A	I	F	A	I	F	A
1	4	4	0	3	4	1	3	4	1	3	4	1	3	4	1	1	4	3	1	4	3
2	3	4	1	3	4	1	3	4	1	3	4	1	3	3	0	3	3	0	3	3	0
3	2	4	2	3	3	0	1	3	2	2	2	0	2	3	1	1	3	2	2	2	0
4	3	4	1	3	3	0	3	2	-1	1	2	1	2	b	-	2	b	-	3	1	-2
5	2	4	2	3	2	-1	1	2	1	1	2	1	2	2	0	1	2	1	1	2	1
6	3	4	1	3	4	1	1	4	3	4	4	0	2	4	2	3	3	0	2	3	1
7	2	2	0	3	3	0	2	2	0	2	2	0	3	2	-1	3	1	-2	2	1	-1
8	2	4	2	2	2	0	1	3	2	2	2	0	1	2	1	1	1	0	1	1	0
9	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	2	0
10	2	3	1	2	3	1	2	2	0	1	2	1	1	3	2	2	3	1	2	2	0
11	3	3	0	3	3	0	2	3	1	2	3	1	2	3	1	3	3	0	2	3	1
12	3	4	1	3	4	1	2	4	2	2	4	2	3	4	1	2	3	1	2	3	1
13	3	4	1	3	4	1	2	3	1	2	4	2	3	4	1	4	4	0	3	3	0
14	4	4	0	4	4	0	3	4	1	3	3	0	3	4	1	4	4	0	3	3	0
15	3	3	0	3	4	1	2	3	1	2	4	2	3	3	0	3	3	0	3	4	1
16	2	3	1	2	2	0	2	2	0	2	2	0	2	3	1	2	2	0	2	2	0
17	4	3	-1	2	3	1	2	2	0	2	3	1	2	2	0	3	4	1	3	4	1
18	3	3	0	3	3	0	2	3	1	2	3	1	1	3	2	3	3	0	1	3	2
19	4	4	0	4	3	-1	3	3	0	3	3	0	4	4	0	4	4	0	3	3	0
20	3	4	1	3	4	1	3	3	0	2	2	0	3	4	1	3	3	0	2	2	0
21	3	3	0	3	4	1	2	3	1	1	2	1	1	2	1	3	4	1	1	3	2

I: INICIAL, F: FINAL, A: AVANCES

Tabla 3. Tabla de avances individuales para el cuestionario 2

ALUMNO	PREGUNTAS CUESTIONARIO 2																				
	P1			P2			P3			P4			P5			P6			P7		
	I	F	A	I	F	A	I	F	A	I	F	A	I	F	A	I	F	A	I	F	A
1	4	4	0	3	4	1	2	3	1	1	2	1	2	3	1	1	4	3	2	2	0
2	4	3	-1	3	3	0	2	2	0	3	1	-2	1	2	1	2	2	0	2	2	0
3	3	3	0	1	4	3	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	3	2	1	1	0
4	4	3	-1	4	4	0	4	3	-1	3	4	1	2	3	1	2	4	2	2	3	1
5	3	2	-1	3	4	1	4	3	-1	2	2	0	2	2	0	2	3	1	3	2	-1
6	3	4	1	3	4	1	4	4	0	2	3	1	3	4	1	2	4	2	3	4	1
7	2	3	1	2	3	1	2	3	1	3	3	0	2	3	1	2	3	1	2	3	1
8	4	1	-3	4	4	0	4	2	-2	2	2	0	3	4	1	3	4	1	3	3	0
9	3	3	0	3	3	0	3	3	0	2	2	0	2	2	0	2	3	1	2	3	1
10	2	4	2	3	3	0	3	3	0	2	3	1	2	2	0	2	2	0	2	2	0
11	3	4	1	2	3	1	2	4	2	3	4	1	3	3	0	2	2	0	2	3	1
12	2	3	1	3	4	1	3	4	1	2	4	2	2	3	1	2	2	0	2	3	1
13	4	4	0	4	4	0	4	4	0	4	4	0	3	3	0	2	3	1	3	3	0
14	4	4	0	3	4	1	3	2	-1	2	3	1	3	3	0	3	3	0	3	3	0

15	4	4	0	4	4	0	4	4	0	4	4	0	3	4	1	3	3	0	3	2	-1
16	4	4	0	4	4	0	4	4	0	4	4	0	4	4	0	4	4	0	4	4	0
17	3	4	1	4	3	-1	4	4	0	3	3	0	4	3	-1	3	3	0	3	3	0
18	3	4	1	3	4	1	4	4	0	2	4	2	2	4	2	2	2	0	2	2	0
19	4	4	0	4	4	0	4	2	-2	3	2	-1	3	4	1	2	3	1	3	3	0
20	2	4	2	2	4	2	3	4	1	2	3	1	1	2	1	1	3	2	1	3	2
21	4	3	-1	4	3	-1	4	3	-1	3	2	-1	2	2	0	2	2	0	2	2	0

I: INICIAL, F: FINAL, A: AVANCES

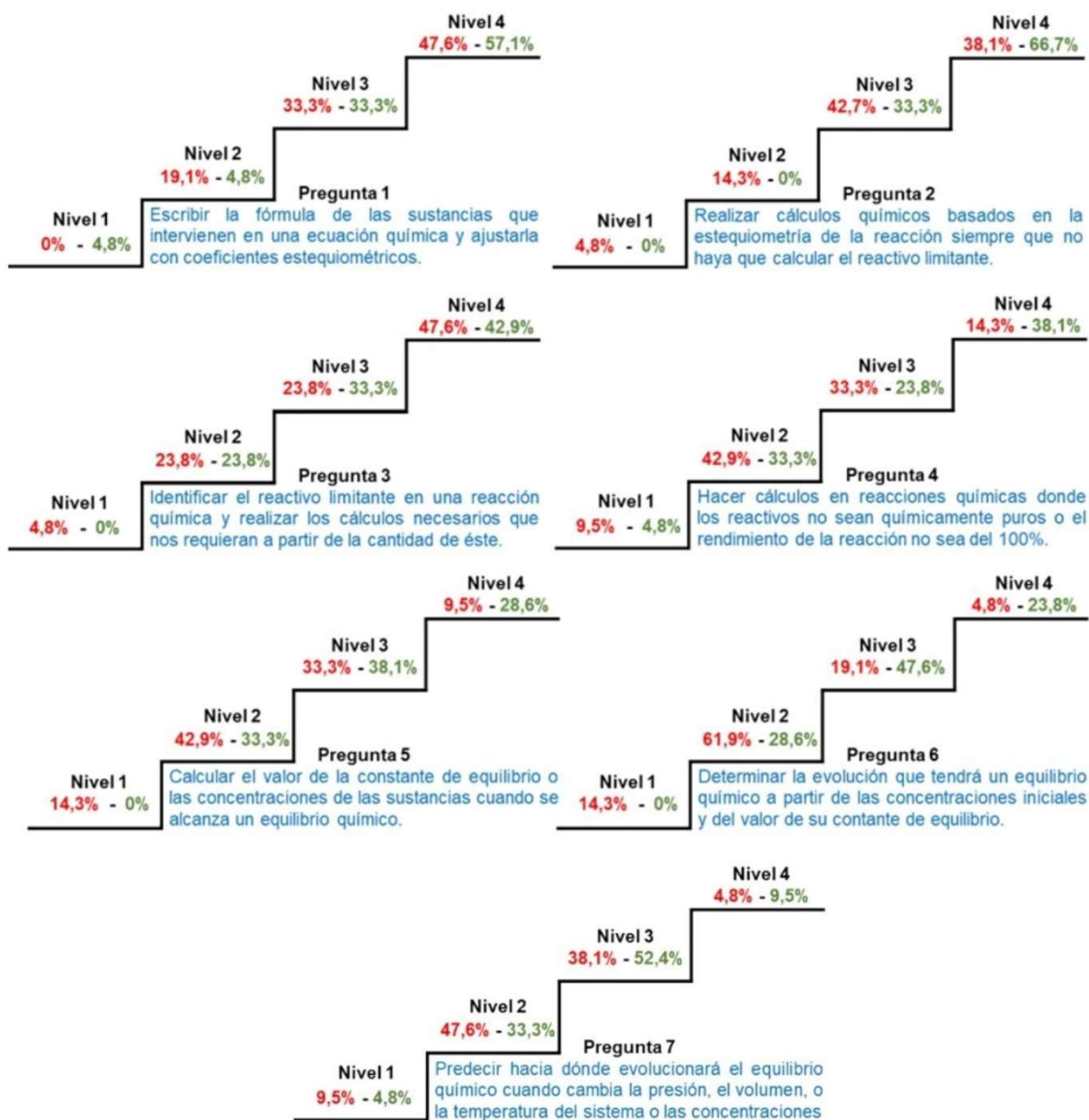


Figura 6. Escaleras de aprendizaje para todas las preguntas (1 a 7) del cuestionario del bloque 2

Con estos medios se ha podido seguir la evolución del aprendizaje de los estudiantes a lo largo del CIMA favoreciendo su pensamiento crítico mediante la estrategia de los faros de pensamiento para analizar los procesos mentales que han seguido.

Para el cuestionario 1, tras el análisis de los resultados mostrados en las escaleras de aprendizaje, puede observarse que el porcentaje de alumnos/as en el nivel más alto (N4) aumentó tras

la aplicación del CIMA, mientras que descendieron en los niveles más bajos (N1 y N2). El nivel 3 (N3) presentó un comportamiento diferente en función del ítem analizado, disminuyendo en los ítems 1, 2 y 7; y, aumentando en los ítems 3, 4, 5 y 6, lo cual puede relacionarse con el mayor incremento de alumnos que pasan al nivel 4 en los ítems en los que el nivel 3 disminuyó. Otra cuestión que merece ser resaltada es la aparición de grados de avance negativo en algunos de los ítems para alguno de los alumnos/as participantes en el CIMA. Puesto que descartamos la posibilidad de que el alumno desaprenda lo que ya sabía antes de aplicar el CIMA, podríamos atribuir estos valores negativos a una reflexión más crítica del alumno sobre lo que realmente sabe, realizada al final de este proceso de aprendizaje en comparación con lo que creía saber al comienzo de éste, ayudándole de esta forma a desarrollar una habilidad crítica que le permite distinguir entre un hecho y una opinión.

En el caso del cuestionario 2, se observa un incremento en el porcentaje de alumnos que alcanzan el nivel más alto (N4) para todos los ítems, salvo para el 3. En este caso, la diferencia se atribuye a que dos de los alumnos (identificados como números 4 y 9 en Tabla 3) muestran avances negativos en ese ítem, partiendo del nivel 4 en el cuestionario inicial. Nuevamente N1 y N2 experimentan descensos en el porcentaje de alumnos que manifiestan encontrarse en esa situación tras la aplicación del CIMA con respecto al porcentaje de alumnos que aparecían inicialmente en ellos. De la misma forma, el nivel 3 (N3) presentó una evolución diferente en función del ítem analizado. Así, en los ítems 2 y 4, en los que el avance porcentual del nivel 4 fue mayor a 20 puntos porcentuales, el nivel 3 descendió. Sin embargo, cuando el avance porcentual en el nivel 3 aumentó o permaneció igual (ítems 1, 3, 5, 6 y 7), el avance porcentual del nivel 4 se situó por debajo del 20%, o incluso descendió como ocurrió para el ítem 1.

Evaluación del CIMA

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

A la vista de los resultados obtenidos, parece adecuado ampliar este modelo metodológico a todos los bloques de problemas de la asignatura Química General. Para ello, habrá que realizar los mapas de contenidos correspondientes a cada bloque de problemas identificando los contenidos conceptuales y procedimentales necesarios para su resolución. Esta labor es de gran ayuda para el docente en la identificación de los contenidos conceptuales esenciales, para tener un criterio fiable sobre los contenidos a los que conviene dedicarle más tiempo. También resultará adecuada la elaboración de los cuestionarios iniciales y finales para que el alumnado pueda evaluar sus conocimientos y capacidades antes y después de aplicar el CIMA.

Un aspecto mejorable es el mayor uso del diario del profesor, aumentando las anotaciones de las intervenciones realizadas por el alumnado, sobre todo las dudas planteadas en las etapas de exposición de contenidos procedimentales y de resolución de ejercicios de aplicación. También parece conveniente establecer la asistencia obligatoria a todas las sesiones del CIMA para los alumnos que quieran participar en él. Con ello se podrá definir con mayor claridad y amplitud el grado en el que la aplicación del CIMA contribuye al aprendizaje del alumnado.

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

El aspecto que se pretende incorporar a toda la práctica docente en esta asignatura es establecer una serie de tareas que el alumnado tiene que realizar fuera del aula, sin ayuda del docente y utilizando todos los medios a su alcance. La entrega de estas tareas conformará un portafolio que será un elemento evaluable en el sistema de evaluación continua del alumnado para superar la asignatura.

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

Los principios didácticos que han guiado esta experiencia docente se basan en dar un *mayor protagonismo al alumnado* en su propio proceso de aprendizaje, reconfigurando el aula y poniendo a los estudiantes a *trabajar en experiencias prácticas, cercanas y continuadas en el tiempo* (Finkel, 2008). Otro principio metodológico que ha guiado esta experiencia ha sido el diseño de un CIMA a partir de la *elaboración del mapa de contenidos a trabajar, el uso de escaleras de aprendizaje para conocer y analizar los modelos mentales del alumnado y la evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje* (Porlán, 2017).

Esta experiencia docente también promueve, por un lado, la participación activa, en la que el alumno es protagonista de su propio proceso de aprendizaje mediante el planteamiento de pequeños retos dentro de su Zona de Desarrollo Próximo (Vygotsky, 1987); y reflexiva, por otro, de manera que pueda favorecer el desarrollo de un pensamiento crítico en el alumnado participante (Facione, 2007). Para ello se ha generado un *entorno de trabajo seguro* donde el error sea considerado una oportunidad para generar aprendizaje y no un elemento de juicio. Este ambiente propiciará un entorno de trabajo más enriquecedor que llevará al alumno a plantearse interrogantes sobre los conceptos impartidos, trasladándolos a los demás cuando no pueda resolverlos sólo, y estimulando un trabajo más autónomo y colaborativo (Bain, 2007).

Referencias Bibliográficas

- Bain, K. (2007). *Lo que hacen los mejores profesores universitarios*. Publicaciones Universidad de Valencia.
- 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. 128-162). Ediciones Morata.
- Facione, P.A. (2007). *Pensamiento crítico, ¿Qué es y por qué es importante?* (pp. 23-56). Edu-
teka. <http://www.eduteka.org/PensamientoCriticoFacione.php>
- Finkel, D. (2008). *Dar clase con la boca cerrada*. Publicaciones Universidad de Valencia.
- Porlán, R. (2017). *Enseñanza universitaria. Cómo mejorarla*. Ediciones Morata.
- Vygotsky, L. S. (1987). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Austral.