

Ciclo de mejora docente aplicado a las prácticas de laboratorio de Química Orgánica

Cycle of teaching improvement applied to laboratory practices of Organic Chemistry

Paloma Begines Aguilar

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5188-2005>

Universidad de Sevilla

Departamento de Química Orgánica

pbegines@us.es

DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/9788447231898.049>

Pp.: 707-719



Esta obra se distribuye con la licencia Creative Commons
Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0
Internacional (CC BY-NC-ND 4.0.)

Resumen

En este capítulo se ha llevado a cabo un Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA) en las prácticas de laboratorio de la asignatura de Química Orgánica II, del tercer curso del Grado en Química de la Universidad de Sevilla, buscando generar una mejor metodología de enseñanza que promueva el trabajo autónomo, un mayor interés y compromiso de los alumnos con su propio aprendizaje. Se presenta el diseño y aplicación de un modelo metodológico basado en las ideas previas de los alumnos, un mapa de contenidos donde se recogen los conceptos a alcanzar por parte del alumnado mediante el aprendizaje basado en problemas, los cuales son detallados en las secuencias de actividades. La aplicación de este CIMA ha fomentado el pensamiento crítico de los alumnos, con ello, se ha observado un mayor interés de los alumnos por aprender, alcanzando una evolución positiva en su aprendizaje.

Palabras clave: Química orgánica, grado en química, innovación docente, desarrollo profesional docente, aprendizaje basado en problemas.

Abstract

This chapter consists of an Improvement Cycles in Classroom (ICIC) in the laboratory practices of the subject of Organic Chemistry II, in the third year of the Degree in Chemistry of the University of Seville, seeking to generate a better teaching methodology that promotes autonomous work, greater interest and commitment of students with their own learning. The CIMA presents the design and application of a methodological model based on the previous ideas of the students, a map of contents where the concepts to be achieved by the student through problem-based learning are collected, which are detailed in the sequences of activities. The application of this CIMA has promoted critical thinking in students, with this, a greater interest in learning has been observed among students, achieving a positive evolution in their learning.

Keywords: Organic chemistry, degree in chemistry, teaching innovation, teacher professional development, problem-based learning.



Introducción

La aplicación de este *Ciclo de Mejora en el Aula* (CIMA) (Porlán, 2017) se ha llevado a cabo en dos sesiones, de 4 horas cada una, para un total de 20 alumnos. Habitualmente, en estas sesiones de prácticas de laboratorio, se les proporciona un procedimiento de trabajo experimental con los pasos a seguir para alcanzar los objetivos esperados, y el resultado es que los alumnos siguen los pasos como robots, y observando su entorno en caso de dudas, de esta forma se limita el aprendizaje al inhibir la capacidad de razonamiento y pensamiento crítico.

Por ello, en este trabajo se presenta la experiencia docente de aplicar una mejora de enseñanza teórico-práctica, de tal manera que los alumnos adquieran el conocimiento teórico a través de las actividades de contraste adecuadas (Bain, 2005), por ejemplo, de la práctica de laboratorio adecuada, de manera que sean los propios alumnos quienes analicen y valoren su grado de aprendizaje (Samuel, 2021), lo que implica la necesidad de implementar un seguimiento continuo, de manera que se consiga su motivación.

Diseño previo del CIMA

Mapas de contenidos y problemas claves

El mapa de contenidos descrito en la figura 1 se ha elaborado en base a dar respuesta a las problemáticas a las que se enfrenta el docente: ¿Qué se quiere que aprendan los alumnos?, ¿cómo organizar el contenido? y ¿cómo adaptarlos en forma de problemas de interés para ellos? (Delord, Hamed y otros, 2020). En el mapa se indican los contenidos conceptuales, los procedimientos intelectuales, las habilidades psicomotrices y las actitudes y valores que el docente pretende promover en el alumnado (Porlán y Villarejo-Ramos, 2022).

El problema principal a abordar es el desarrollo de un proceso experimental de síntesis de un compuesto orgánico, en concreto la *p*-nitroanilina, y se formula mediante la pregunta principal *¿Cómo preparar p-nitroanilina?* Para dar respuesta a esta pregunta, se desglosa en 2 preguntas problemas: PR1 *¿qué reacción química está implicada?* y PR2 *¿qué técnicas emplear?* El problema 1 debe dar como respuesta la reacción general, el mecanismo de dicha reacción y los posibles subproductos a tener en cuenta para su diseño, mientras que para responder al problema 2 hay que diferenciar las etapas requeridas en el proceso de síntesis (pesado, condiciones de reacción, aislamiento, purificación y rendimiento), así como la aplicación práctica de las técnicas en cada etapa.



De esta forma, la respuesta al problema principal se va guiando y desarrollando a través de la conexión con las dos preguntas problemas y sus correspondientes subproblemas más concretos (Escribano y del Valle, 2020): *¿Cómo evitar la formación de subproductos?* y *¿cuál sería el procedimiento experimental?* Los contenidos relacionados con estos subproblemas, permitirán a los alumnos entender y aplicar el procedimiento experimental con pensamiento crítico y seguridad en la toma de decisiones, así como saber interpretar los resultados obtenidos.

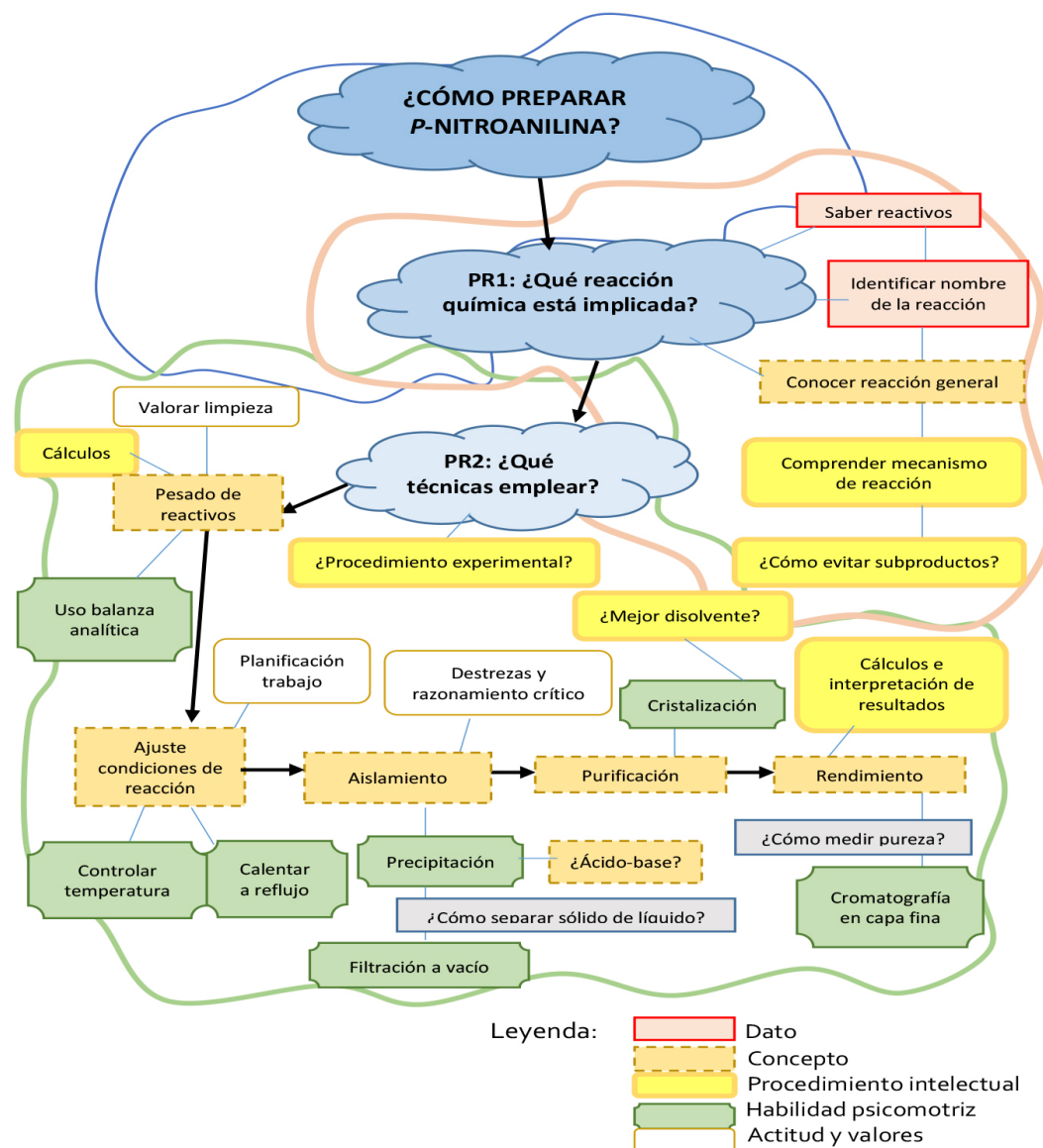


Figura 1. Mapa de contenidos para la preparación de *p*-nitroanilina

Modelo metodológico y secuencias de actividades

El modelo metodológico propuesto (figura 2) se compone de 5 fases, además de un cuestionario (C) que se le pasará a los alumnos antes del inicio de la primera sesión y al final de la última con el objetivo de explorar la evolución de sus ideas, así como de evaluar la eficacia del nuevo modelo metodológico en el aprendizaje de los conocimientos requeridos. En la primera fase del modelo (I-P), la profesora planteará a los alumnos el problema real que tendrán que abordar a lo largo de las dos sesiones. En la siguiente fase (IA), la profesora hará una síntesis de las ideas previas de los alumnos extraídas del cuestionario inicial. A partir de estas ideas y de las actividades de contraste (AC) diseñadas, los alumnos cuestionarán y reorganizarán sus ideas hasta llegar al entendimiento del procedimiento que les permitirá resolver el problema de forma satisfactoria. A continuación, los alumnos realizarán de forma individual la práctica experimental siguiendo el diseño experimental que han analizado previamente (AC experimental). Finalmente se realiza una puesta en común en la que cada alumno interpretará los resultados experimentales obtenidos (IA).

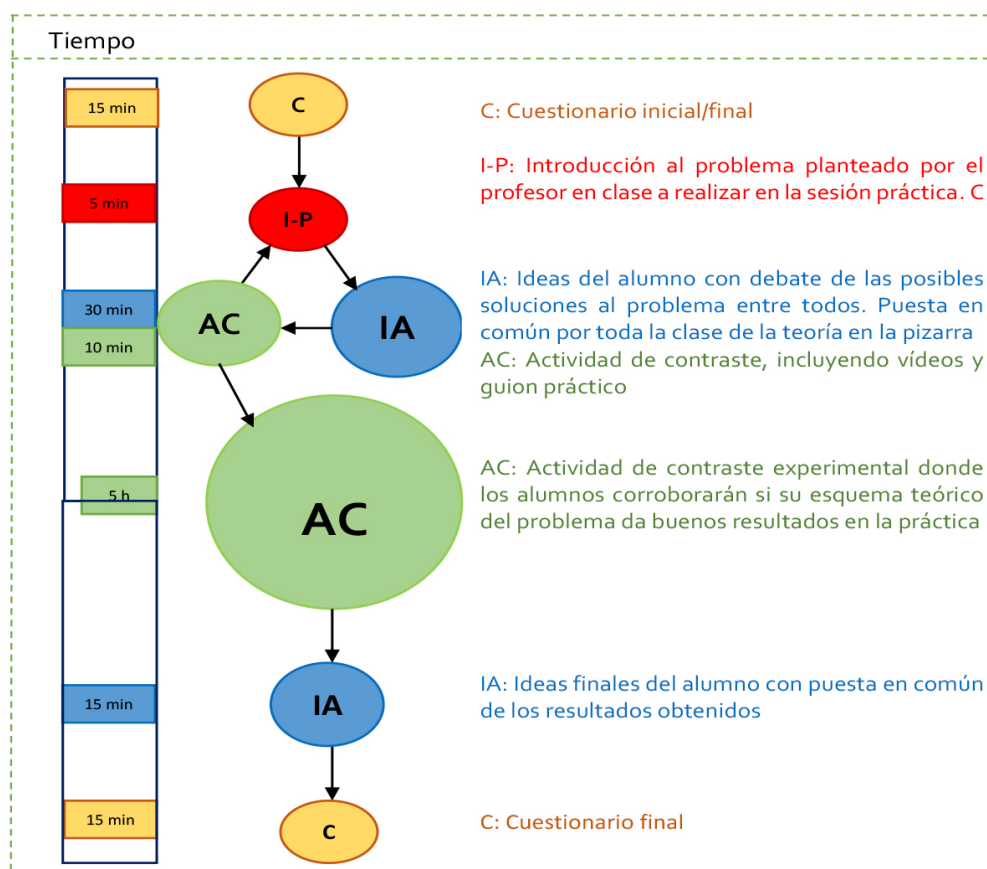


Figura 2. Modelo metodológico



En la tabla 1, se describen las secuencias de actividades diseñadas.

Tabla 1. Secuencias de actividades.
Problema principal: ¿Cómo preparar *p*-nitroanilina?

Actividad Tiempo	Descripción
Sesión 1 Problema 1: ¿Qué reacción química está implicada? Problema 2: ¿Qué técnicas emplear?	
0 15 min	Se informa a los alumnos sobre el tema de la práctica formulando el problema principal. Se les proporciona el cuestionario inicial que resolverán de forma anónima e individual antes del inicio de la primera sesión. Se enfatiza que no es un examen. El cuestionario servirá para medir el nivel de partida y los conocimientos adquiridos tras la práctica.
1 5 min	El docente planteará el problema a resolver contextualizándolo en la práctica a abordar en la sesión: <i>Eres un trabajador de un laboratorio de una empresa química industrial y se le ha pedido que preparen p-nitroanilina para utilizarlo como intermediario en la preparación de tinturas para una compañía de moda muy famosa.</i>
2 15 min	El docente organizará 4 grupos de 5 alumnos para que hagan una puesta en común entre ellos de sus ideas respecto a las preguntas del cuestionario directamente relacionadas con los problemas 1 y 2. Tras la puesta en común sacarán la mejor idea del grupo a cada una de estas preguntas del cuestionario y se las expondrán al docente. El docente escribirá en la pizarra las ideas previas de los alumnos.
3 20 min	El docente formula nuevas preguntas para guiar a los alumnos a completar o mejorar sus ideas. De manera que en esta actividad deben de: a) saber el nombre de la reacción y reactivos; b) conocer las reacciones químicas que se necesitan desarrollar; c) entender el mecanismo de reacción; d) subproductos posibles y cómo evitarlos. Además, el docente aportará la guía del procedimiento experimental. Dicha guía se leerá entre todos (alumnos y docente). El docente irá introduciendo determinados conceptos procedimentales que desconocen, aclarando dudas y enriqueciendo más sus ideas previas. Planificarán el proceso experimental resaltando los puntos clave para llegar a resolver el problema principal. Además, se les facilitará vídeos explicativos de los equipos y técnicas de laboratorio que deben usar, tales como, extracción líquido-líquido, filtración a vacío, cromatografía en capa fina y rotavapor, que deberán ver para mejorar sus ideas. Toda esta actividad de contraste se realiza con todos los alumnos juntos.



Actividad Tiempo	Descripción
Sesión 1 y 2 Problema 1: ¿Qué reacción química está implicada? Problema 2: ¿Qué técnicas emplear?	
4 3 h y 2 h	Esta actividad se empezará en la sesión 1 (3 h) y finalizará en la 2 (2 h). Los alumnos, de forma individual, realizarán la práctica siguiendo los pasos descritos en el guión de prácticas leído en la actividad 3 y comparando y contrastando el proceso que están siguiendo con sus ideas iniciales para mejorarlas. Durante esta fase los alumnos contarán con la ayuda y la intervención del docente cuando se considere necesario y su supervisión por motivos de seguridad y para evitar errores no reversibles en el laboratorio. A través de las actividades 3 y 4 se abordarán las preguntas de los problemas 1 y 2 del mapa de contenidos con sus correspondientes subproblemas.
Sesión 2 Problema 1: ¿Qué reacción química está implicada? Problema 2: ¿Qué técnicas emplear?	
5 15 min	Cada alumno expondrá al docente los resultados experimentales obtenidos y los aprendizajes alcanzados desde sus ideas iniciales, el docente los guiará para que interpreten los mismos mediante la reflexión y el razonamiento crítico. Además, el docente podrá intervenir para proponer a los alumnos resultados diferentes para que razonen la forma de llegar a dichos resultados o cómo evitarlos.
6 15 min	Los alumnos realizarán el mismo cuestionario inicial y el docente evaluará la eficacia del CIMA en su aprendizaje.

Cuestionario inicial-final

Con el objetivo de evaluar los modelos mentales y los conocimientos iniciales de los alumnos, antes de la aplicación del CIMA, los alumnos respondieron a un cuestionario sobre los contenidos principales que debían aprender en este ciclo de mejora. De esta forma, es más fácil identificar los obstáculos y adaptar el nivel a las necesidades de los alumnos. Por otra parte, para evaluar la evolución del aprendizaje de los alumnos, y que ellos mismos vean el cambio en sus conocimientos al efectuar el ciclo de mejora, respondieron al mismo cuestionario al finalizar el CIMA.

El cuestionario es el siguiente:

Imagina que eres un químico profesional y trabajas en un laboratorio de una empresa química industrial para la elaboración de productos con aplicación en colorantes sintéticos. Recientemente, tu empresa ha hecho negocios con una compañía de moda y te ha pedido que crees una receta de laboratorio para preparar un compuesto, p-nitroanilina, que es un intermedio con el que quieren conseguir un tinte rojo no muy común. (1) ¿Qué etapas



principales debe realizar un químico en el laboratorio cuando procede a sintetizar un compuesto? (2) Si partes de anilina como reactivo ¿Qué reacciones químicas son necesarias para obtener p-nitroanilina? Descríbelas. (3) ¿Por qué no se sintetiza directamente la p-nitroanilina mediante nitración de la anilina? Arguméntalo. (4) ¿Qué harías en el laboratorio si tuvieras que transformar una sal disuelta en agua en su base conjugada insoluble en agua y conseguir así su precipitación?

Aplicación del CIMA

Relato resumido de las sesiones

En general, los tiempos establecidos para cada actividad se han cumplido satisfactoriamente. En la primera sesión, se informa a los alumnos de un ciclo de mejora docente aceptándolo con entusiasmo y extrañeza al romper el enfoque tradicional. Se aplicó el cuestionario inicial y durante el debate por grupos sobre los problemas del cuestionario, a excepción de un grupo que les costó más porque preferían trabajar individualmente, se creó un ambiente de trabajo dinámico y relajado con la participación de todos los componentes del grupo. Al finalizar este debate entre ellos, debían exponer a la profesora la respuesta consensuada por el grupo. Se observó que venían más seguros de sí mismos y se mostraban más participativos, pues curiosamente, los alumnos que no suelen responder a las preguntas de la profesora, fueron los que salieron a la pizarra a explicar su respuesta. Siempre que un grupo explicaba su respuesta se les preguntaba a los otros grupos si estaban conformes con la respuesta o si pensaban que estaban equivocados, fomentando así su pensamiento crítico. Esta actividad duró 30 minutos aproximadamente. Después de esta puesta en común y las aclaraciones de la profesora a algunas dudas procedieron a la realización de la actividad práctica como actividad de contraste. Todos trabajaron de forma autónoma y más confiados en sí mismos. La intervención de la profesora consistía en ir pasando por los puestos de trabajo supervisando que todo iba bien y avanzaban adecuadamente. En la sesión 2, al finalizar esta actividad práctica, cada uno debía interpretar sus resultados que debían explicar a la profesora cuando pasaba por sus puestos de trabajo. Por último, se les pasó el mismo cuestionario que al principio para evaluar su aprendizaje, cuyos resultados se detallan en el siguiente subapartado.



Evaluación del aprendizaje de los estudiantes

La evaluación del CIMA (figura 3) se llevó a cabo mediante el análisis y comparación de las respuestas al cuestionario inicial y final, en base a las escaleras de aprendizaje para clasificar ideas y respuestas en diferentes niveles de complejidad y conocimiento (Delord, 2020). Cada escalón representa el nivel conceptual necesario para avanzar, junto con los mayores obstáculos que deben superar los alumnos.

En la figura 3 se muestran las escaleras correspondientes a las 4 preguntas del cuestionario, observándose una evolución positiva en el conocimiento de los alumnos en todos los casos.

Con la pregunta 1 se pretende que el alumno tenga la visión general de cada una de las etapas que se hace en un laboratorio de química orgánica durante un proceso de síntesis. El mayor obstáculo a solventar (escalón del nivel 1 al 2, señalado con línea diagonal negra) es la dificultad que tienen los alumnos para *saber el por qué utilizan una técnica y no otra*, ya que si tienen el concepto claro podrán correlacionar fácilmente la técnica con la etapa que corresponda. Incluso tras la evaluación final, hay alumnos que se quedan en el nivel 1 (15%), por lo que es necesario plantear una nueva actividad de contraste para minimizar dicho obstáculo.

En la pregunta 2, para alcanzar el nivel 3, es necesario que la profesora aclare las dudas sobre los conceptos erróneos o la falta de entendimiento de los tipos de reacciones que están implicadas. El llegar al nivel 3 aporta al alumno no solo tener los conceptos bien asentados, sino que le da mayor seguridad y autonomía en el laboratorio. Ha habido un 35% de los alumnos que se han quedado en el nivel 2, por lo que, para futuras secuencias de actividades, se debe añadir una actividad de contraste que les haga reflexionar sobre el objetivo de cada reacción implicada para que les ayude a entenderlas y no olvidarlas.

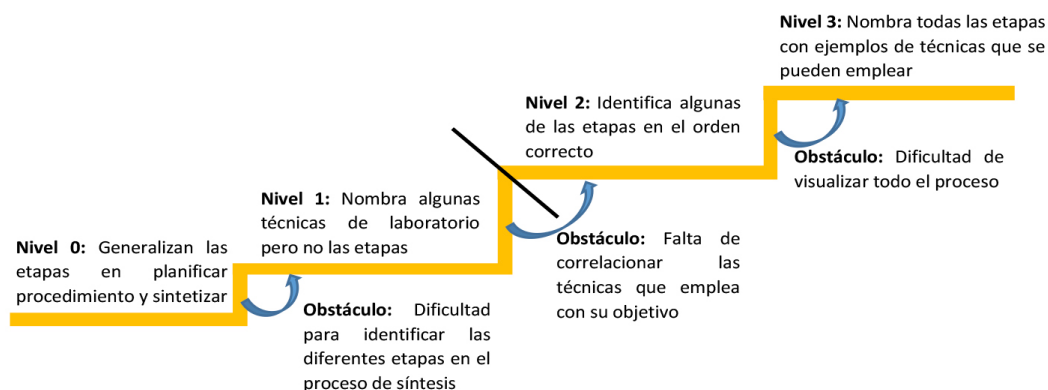
La pregunta 3 tiene como objetivo que el alumno reflexione y se cuestione la respuesta de la pregunta 2, reforzando así el pensamiento crítico. El mayor obstáculo que presenta el alumno en esta pregunta (paso del nivel 1 al 2) es *entender qué productos no deseados pueden formarse y por qué*, para ello, la profesora debe ayudarlo a identificar los conceptos en los que debe apoyarse y guiarle en el razonamiento. En la evaluación final todos los alumnos han salvado el mayor obstáculo y un 70% ha llegado al nivel 3, por tanto, esta pregunta está bien apoyada en la secuencia de actividades.



Con la pregunta 4 se pretende afianzar los conceptos de las reacciones ácido-base, y la diferencia de solubilidad de una sal y un compuesto orgánico, lo cual tienen bastante dificultad. Esta pregunta es el último paso para la preparación de *p*-nitroanilina y el alumno si no tiene claro estos conceptos, suele olvidarse de él no llegando a resolver el problema principal. Observando los resultados de esta escalera, solo el 15% del alumnado ha llegado al mayor nivel, por tanto, se debe diseñar un ejercicio como actividad de contraste en el que puedan visualizar y entender mejor las propiedades de solubilidad de diferentes compuestos.

Pregunta 1: ¿Qué etapas principales debe realizar un químico en el laboratorio cuando procede a sintetizar un compuesto?

Nivel	0	1	2	3
C. Inicial	40% (8/20)	40% (8/20)	20% (4/20)	0% (0/20)
C. Final	0% (0/20)	15% (3/20)	25% (5/20)	60% (12/20)



Pregunta 2: Si partes de anilina como reactivo ¿Qué reacciones químicas son necesarias para obtener *p*-nitroanilina? Descríbelas:

Nivel	0	1	2	3
C. Inicial	15% (3/20)	55% (11/20)	30% (6/20)	0% (0/20)
C. Final	0% (0/20)	0% (0/20)	35% (7/20)	65% (13/20)

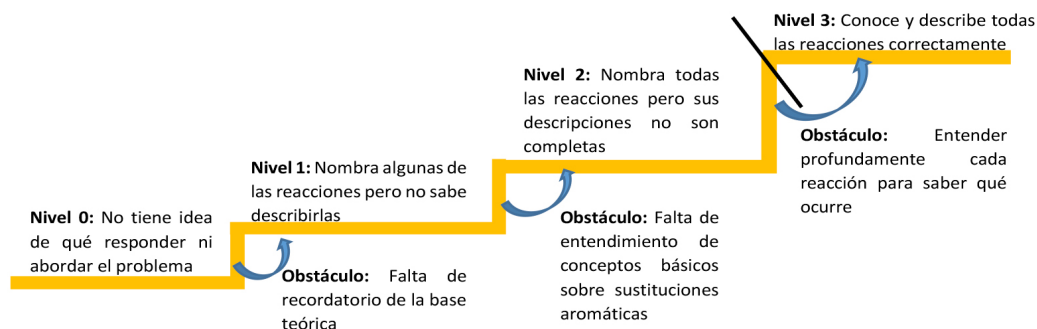


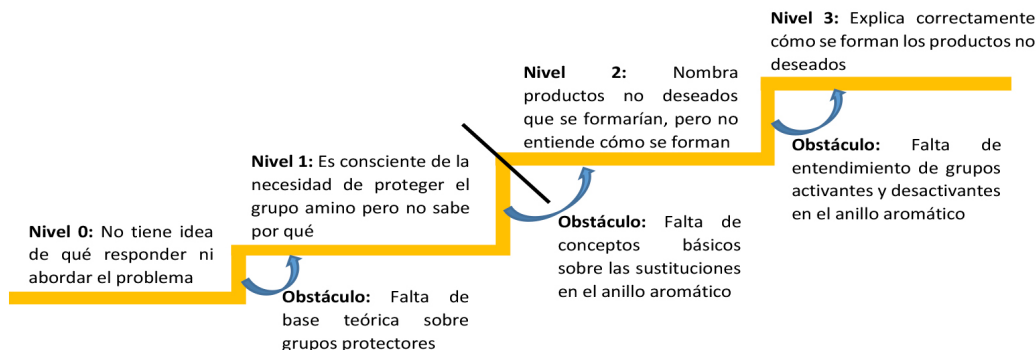
Figura 3. Escaleras de aprendizaje



Esta obra se distribuye con la licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0.)

Pregunta 3: ¿Por qué no se sintetiza directamente la *p*-nitroanilina mediante nitración de la anilina? Arguéntalo.

Nivel	0	1	2	3
C. Inicial	50% (10/20)	20% (4/20)	25% (5/20)	5% (1/20)
C. Final	0% (0/20)	0% (0/20)	30% (6/20)	70% (14/20)



Pregunta 4: ¿Qué harías en el laboratorio si tuvieras que transformar una sal disuelta en agua en su base conjugada insoluble en agua y conseguir así su precipitación?

Nivel	0	1	2	3
C. Inicial	55% (11/20)	10% (2/20)	30% (6/20)	0% (0/20)
C. Final	0% (0/20)	0% (0/20)	85% (17/20)	15% (3/20)

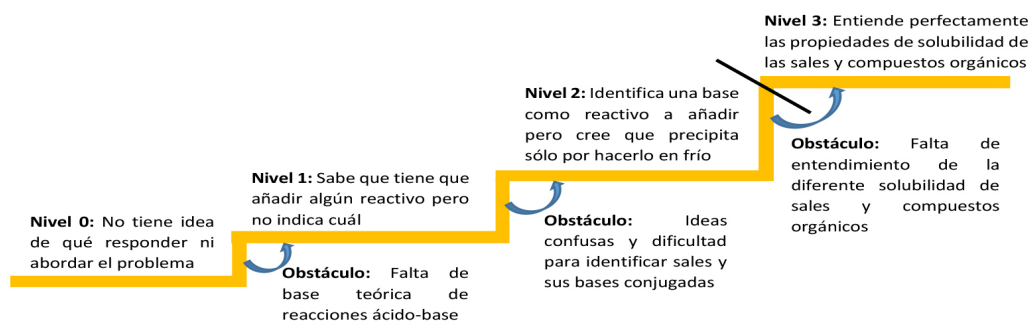


Figura 3. Escaleras de aprendizaje (cont.)

En la tabla 2 se observa el grado de evolución de cada alumno. En general, en todos los casos, la evolución ha sido positiva y en la mayoría de manera considerable, por tanto, se puede decir que este CIMA, aunque hay que mejorar e incluir nuevas actividades de contraste en el futuro, va en la dirección correcta respecto al aprendizaje del alumnado.



Tabla 2. Evolución individual del alumnado

	Preguntas									
Alumno	1I	1F	2I	2F	3I	3F	4I	4F	Puntuación	Mejora
1	0	2	0	2	0	3	0	2	+9	75 %
	+2		+2		+3		+2			
2	0	1	1	3	0	2	0	2	+7	58 %
	+1		+2		+2		+2			
3	1	3	1	3	1	3	2	3	+7	58 %
	+2		+2		+2		+1			
4	2	3	1	3	1	3	2	2	+5	42 %
	+1		+2		+2		0			
5	1	2	1	3	0	3	0	2	+8	67 %
	+1		+2		+3		+2			
6	1	2	1	3	0	2	0	2	+7	58 %
	+1		+2		+2		+2			
7	2	3	2	3	3	3	0	2	+4	33 %
	+1		+1		0		+2			
8	1	3	0	3	2	3	0	2	+8	67 %
	+2		+3		+1		+2			
9	1	3	1	3	0	2	1	3	+8	67 %
	+2		+2		+2		+2			
10	0	3	1	2	2	2	0	2	+5	42 %
	+2		+1		0		+2			

Evaluación del CIMA

Aspectos a mantener o cambiar en un futuro CIMA

Tras la aplicación del CIMA, se evidencia un avance considerable en los conocimientos del alumnado, alcanzando en gran medida los objetivos marcados en el mapa de contenidos. La clave en este CIMA fue incluir en el modelo metodológico la actividad de debate entre ellos como primera actividad de contraste, ya que gracias a sus compañeros llegaron a implicarse más por buscar la mejor respuesta, aclarando las dudas entre ellos antes de recurrir a la profesora, fomentando así un aprendizaje constructivo. Se destaca también la importancia de los cuestionarios iniciales y finales en la evaluación del aprendizaje, así como las escaleras de aprendizaje, ya

que, con ellas, se puede ver muy bien los principales obstáculos que suelen tener los alumnos y así se pueden centrar las actividades de contraste en ayudarles a solventarlos. El tiempo asignado a cada actividad fue correcto, pues les permitió realizarlas de forma completa. Sin embargo, se necesita más experiencia para planificar una buena secuencia de actividades, especialmente las actividades de contraste. Otro aspecto a mejorar para un futuro CIMA sería dedicarle más tiempo a que los alumnos analicen sus resultados, sacando una conclusión conjunta de grupo.

Principios Docentes para el futuro

(a) La importancia de *conocer los modelos mentales* de los alumnos para enfocar la enseñanza según dichos modelos. (b) Buscar estrategias para *conectar con el alumno*, captando su atención y lograr así su predisposición para aprender. (c) El diseño del *mapa de contenidos y problemas*, ya que es un recurso muy útil para visualizar qué deben aprender y cómo se quiere que lleguen a ese conocimiento. (d) Por otra parte, he aprendido que el alumno trabaja mejor y de forma más productiva cuando se le da *las tareas poco a poco* y no explicarlas todas al principio y que ellos se planifiquen, eso normalmente no funciona. (e) El diseño de *un modelo metodológico donde el alumno tenga mayor protagonismo* que la profesora (Finkel, 2008). (f) La realización del *cuestionario inicial/final* para analizar la evolución en el aprendizaje del alumnado y la eficacia del CIMA.

Referencias bibliográficas

- Bain, K. (2005). *Lo que hacen los mejores profesores universitarios*. Publicaciones Universidad de Valencia.
- Delord, G. (2020). *Investigar en la clase de ciencias*. 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.
- Escribano, A. y del Valle, Á. (2008). *El aprendizaje Basado en Problemas. Una propuesta metodológica en Educación Superior*. Narcea.
- Finkel, D. (2008). *Dar clases con la boca cerrada*. Publicaciones Universidad de Valencia.
- Porlán, R. (Coord.) (2017). *Enseñanza universitaria. Cómo mejorarla*. Morata.
- Porlán, R.; Navarro-Medina, E. y Villarejo-Ramos, A. F. (Coords.) (2022). *Ciclos de mejora en el aula. Año 2021. Experiencias de innovación docente de la Universidad de Sevilla*. <http://dx.doi.org/10.12795/9788447222865>
- Samuel, M. L. (2021). Flipped pedagogy and student evaluations of teaching. *Active Learning in Higher Education*. 22(2), 159-168. <https://doi.org/10.1177/1469787419855188>



