

Exploración de la combinación de diferentes herramientas didácticas sobre el aprendizaje activo del alumnado

Exploration of the combination of different didactic tools on the active learning of students

Elena M. Sánchez Fernández

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8617-8234>

Universidad de Sevilla

Departamento de Química Orgánica

esanchez4@us.es

DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/9788447225408.091>

Pp.: 1383-1396



Resumen

El Ciclo de Mejora en el Aula planteado para el curso académico 2022-2023 se ha llevado a cabo en la asignatura obligatoria Experimentación en Química II del grado en Ingeniería Química Industrial. Durante su desarrollo se ha analizado el efecto ejercido por la combinación de diferentes herramientas didácticas sobre la implicación del alumnado en su proceso de enseñanza-aprendizaje. Dichas herramientas didácticas hacen uso de la figura de líder o capitán, de videos explicativos de las técnicas más empleadas en los laboratorios de Química Orgánica, así como de la participación del alumnado en las II Jornadas de Experimentación en Química II.

Palabras clave: Experimentación en química II, ingeniería química industrial, docencia universitaria, desarrollo profesional docente, compromiso.

Abstract

The Improvement Cycle in Classroom proposed for the academic year 2022-2023 has been performed in the compulsory subject Experimentation in Chemistry II of the degree in Industrial Chemical Engineering. During its development, the effect exerted by the combination of different didactic tools on the involvement of students in their teaching-learning process has been analyzed. These didactic tools make use of the leader or captain figure, explanatory videos of the techniques most used in Organic Chemistry laboratories, as well as the participation of students in the II Conference on Experimentation in Chemistry II.

Keywords: Experimentation in chemistry II, industrial chemical engineering, university teaching, teacher professional development, commitment.



Introducción

El Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA) del curso académico 2022-2023 se ha realizado en el laboratorio de Química Orgánica de la Escuela Politécnica Superior (EPS) de la Universidad de Sevilla (US) con alumnos del grado en Ingeniería Química Industrial. La asignatura Experimentación en Química II es obligatoria, y consta de 60 horas de carácter fundamentalmente práctico a realizar en el segundo cuatrimestre de segundo curso. Es importante destacar que esta asignatura está estrechamente ligada a los contenidos teóricos de la asignatura Química Orgánica impartida durante el primer cuatrimestre también de segundo curso. Por tanto, el alumno debería conocer los fundamentos teóricos (Wade, 2012) que se van a plasmar a través del desarrollo de diferentes experimentos en el laboratorio (Martínez-Grau y Csáky, 1998). Sin embargo, esta es la situación ideal y difiere mucho de la situación real. El grupo en el que se ha realizado este CIMA cuenta con 4 alumnos que trabajan individualmente en sus puestos de trabajo, en sesiones de 4 horas durante 3 días consecutivos por semana. Además, cuenta con el soporte de experiencias previas por parte del docente implicado desarrolladas durante CIMAs anteriores y realizados en la misma asignatura. Entre estas experiencias previas destaca la figura de líder de prácticas (Sánchez-Fernández, 2020), las sesiones dedicadas al Aula Invertida (Sánchez-Fernández, 2023), así como la realización de las *I Jornadas de Experimentación en Química II* realizadas en el mes de mayo del año 2019 (Sánchez-Fernández, 2020). Todas estas actividades, dirigidas hacia el aprendizaje activo del estudiante, se enmarcan en proyectos de innovación educativa financiados por el III y IV Plan Propio de Docencia de la US en los que la responsable de este CIMA ha ejercido su papel como coordinadora/participante.

Diseño previo del CIMA

El CIMA planteado consta de 28 horas y propone la realización de las siguientes actividades:

1. Síntesis y purificación de paracetamol (4 horas).
2. Preparación de *p*-nitroanilina (4 horas).
3. Síntesis y purificación de difenilmetanol (4 horas).
4. Aislamiento y purificación de licopeno (4 horas).
5. Separación por extracción (8 horas).
6. II Jornadas de Experimentación en Química II (4 horas).



Las 5 primeras actividades corresponden a sesiones prácticas de laboratorio. En todas ellas se plantea un problema que ha de ser resuelto de manera individual. En la actividad nº 6 todos los alumnos (seis grupos) participarán en las II Jornadas realizadas en esta asignatura donde cada uno de ellos expondrá una práctica en formato póster.

Mapas de contenidos y problemas claves

El mapa de contenidos que se trabaja en este CIMA se muestra en la figura 1. En él se recogen los contenidos nucleares, procedimentales y actitudinales que giran en torno al papel de la Química Orgánica en la industria. Las prácticas que se realizan en este CIMA pertenecen a tres bloques claramente diferenciados:

Bloque 1: dedicado a la síntesis de compuestos orgánicos.

Bloque 2: dedicado al aislamiento de productos naturales.

Bloque 3: dedicado a la separación de compuestos orgánicos.

Aunque la asignatura contiene más prácticas que no se incluyen en este CIMA, todas ellas se enmarcan en alguno de estos tres bloques de trabajo.

Modelo metodológico y secuencias de actividades

El modelo metodológico empleado se representa en la figura 2. En él se muestran las actividades principales que se han realizado (individuales y colectivas), así como la duración aproximada de las mismas.

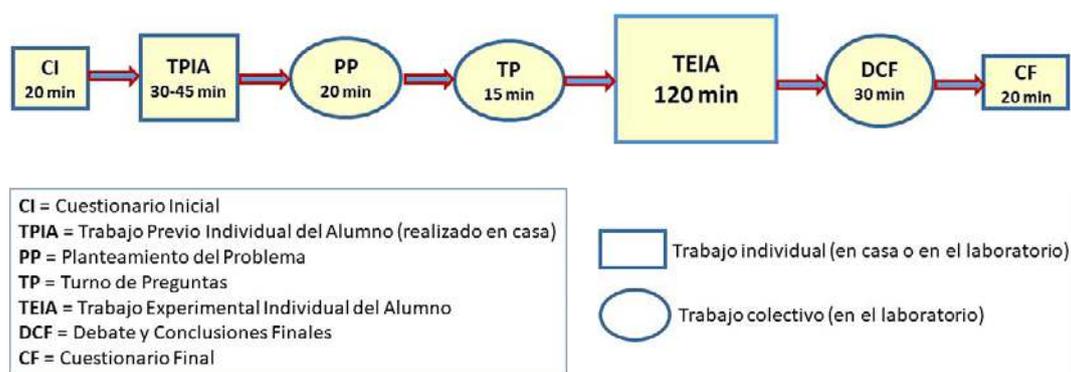


Figura 2. Modelo metodológico del CIMA.

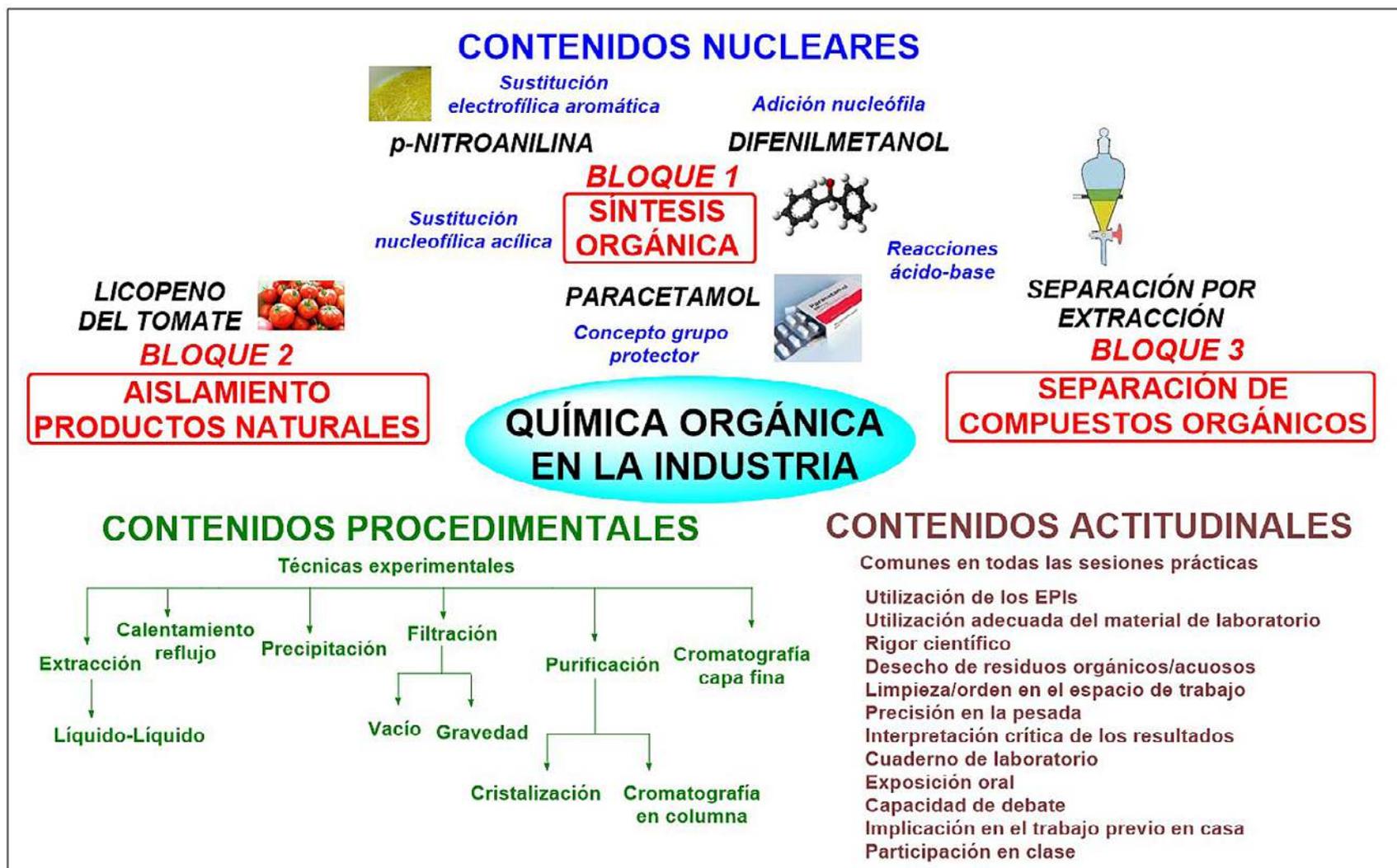


Figura 1. Mapa de contenidos.



A continuación, se muestra la secuencia de actividades programada, a modo de ejemplo, para la práctica de laboratorio Separación por Extracción (tabla 1). Esta es una de las prácticas que presenta mayor dificultad entre el alumnado de este grado. Por esta razón se le dedican 8 horas de trabajo presencial para su desarrollo, lo que equivale a dos sesiones de trabajo.

Tabla 1. Secuencia de actividades para la práctica Separación por extracción distribuida en dos sesiones

Actividad Tiempo	Descripción de las actividades
Sesión 1: Separación por extracción (2 componentes)	
CI, 20'	El alumno se enfrentará a un cuestionario inicial antes de comenzar la práctica en el laboratorio. Se trata de una actividad individual. Este cuestionario permitirá saber el punto de partida del alumnado y poder compararlo con el conocimiento final adquirido.
TPIA, 30-45'	Trabajo previo individual por parte del alumno. Tarea para realizar en casa. El alumno visualizará el video explicativo de la práctica disponible en Enseñanza virtual. También leerá el guion de esta y responderá a las preguntas pre-laboratorio. Material suficiente para conocer la problemática a la que se va a enfrentar. El tiempo propuesto es estimado, depende del grado de compromiso que manifieste el alumno. Esta actividad es esencial para el correcto abordaje del resto de actividades.
PP, 20'	Planteamiento del problema. Se hará en el laboratorio haciendo uso de la pizarra como recurso didáctico. Todos los alumnos han de participar en esta actividad grupal, aunque sea el líder de la práctica el que inicie el tema. En ella se analizarán diferentes problemáticas y se abordarán posibles soluciones. Interacción alumno-alumno y alumno-profesor.
TP, 15'	Turno de preguntas. Se trata de una actividad grupal. En esta parte se comentan las dudas que hayan ido surgiendo en el desarrollo de todas las actividades previas. Todo ha de estar claro, al menos en el papel, antes de comenzar con el desarrollo de la experiencia. Interacción alumno-alumno y alumno-profesor.
TEIA, 120'	Trabajo experimental individual por parte del alumno. Cada alumno trabajará en su puesto de trabajo, se enfrentará al problema real mediante el desarrollo de la parte experimental, siendo el líder de su propia experiencia. En este caso se trata de la separación de dos componentes de una mezcla en función de su carácter ácido/básico o neutro. En esta actividad cada alumno es responsable de su trabajo, los resultados obtenidos dependen únicamente de su actuación. En esta sección se trabajan los contenidos procedimentales y actitudinales. Interacción alumno-profesor.



Actividad Tiempo	Descripción de las actividades
DCF, 30'	Debate y Conclusiones. Esta actividad resulta muy enriquecedora. Todos los alumnos comentan al resto de compañeros cómo han resuelto su problema (si lo han hecho), así como las dificultades encontradas en el proceso. Para ello harán uso de la pizarra. El alumno ha de entregar al finalizar la práctica un informe contestando a preguntas clave de la práctica realizada a modo de conclusiones obtenidas (Sánchez-Fernández, 2018). Interacción alumno-alumno y alumno-profesor.
Sesión 2: Separación por extracción (4 componentes)	
PP, 20'	En esta segunda sesión, estrechamente relacionada con la anterior, se comenzará directamente con el planteamiento del problema. Se aumentará la complejidad de este, ya que en esta sesión se abordará la separación de cuatro componentes de una mezcla.
TP, 15'	Turno de preguntas (misma dinámica que en la Sesión 1).
TEIA, 120'	Trabajo Experimental Individual por parte del Alumno (misma dinámica que en la Sesión 1).
DCF, 30'	Debate y Conclusiones (misma dinámica que en la Sesión 1).
CF, 20'	En el Cuestionario Final se resolverán las mismas cuestiones que en el Cuestionario Inicial. Esto nos permitirá valorar la evolución de cada alumno en el proceso de enseñanza-aprendizaje mediante la comparación de ambos y saber si se han logrado los objetivos planteados al comienzo de la sesión.

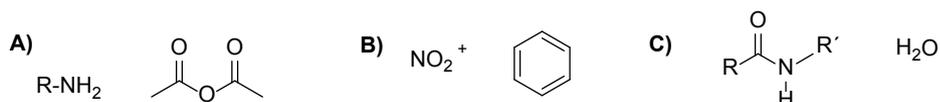
Cuestionario inicial-final

A continuación, se muestran los cuestionarios iniciales, que coinciden con los finales, de cada una de las prácticas incluidas en este CIMA. Las preguntas son abiertas. En la mayoría de ellas se pide al alumno que justifique brevemente su respuesta.

- Síntesis de paracetamol (Bloque 1):
 - P1. *¿Qué interés tiene la síntesis de este compuesto en el laboratorio? ¿Ha oído hablar de él con anterioridad? Desarrolle su respuesta.*
 - P2. *Formule el siguiente compuesto N-(4-hidroxifenil) etanamida.*
 - P3. *Identifique los grupos funcionales presentes en la estructura de la pregunta 2.*
 - P4. *Comente brevemente la diferencia de nucleofilia entre un grupo amino y un grupo hidroxilo.*
 - P5. *¿Conoce el concepto de grupo protector y la finalidad de este?*



- Práctica Preparación de *p*-nitroanilina (Bloque 1):
 - P1. Formule el producto de partida del proceso sintético y el producto final esperado.
 - P2. Formule la reacción que ocurre entre una amina ($R-NH_2$) y ácido clorhídrico.
 - P3. Identifique en el proceso sintético el grupo protector empleado y nómbrelo.
 - P4. ¿De qué reactivos está constituida la mezcla sulfonítrica?
 - P5. Identifique el átomo nucleofílico y el átomo electrofílico de entre los siguientes pares:



- Práctica Síntesis y purificación de difenilmetanol (Bloque 1):
 - P1. ¿A qué familia de compuestos orgánicos pertenece el compuesto de interés? ¿Y su precursor? Formule y nombre las estructuras generales de ambos siguiendo las normas de la IUPAC.
 - P2. ¿Qué tipo de reacción tiene lugar en el proceso sintético? Justifique su respuesta.
 - P3. ¿Conoce alguna técnica de laboratorio que permita controlar que todo el material de partida se ha transformado? Desarrolle su respuesta.
 - P4. ¿Conoce alguna técnica de laboratorio para la purificación de compuestos orgánicos? Desarrolle su respuesta.
- Práctica Aislamiento y purificación de licopeno (Bloque 2):
 - P1. ¿Ha oído hablar antes del licopeno? ¿En qué ámbito?
 - P2. ¿Qué objetivo se plantea en esta práctica?
 - P3. ¿Por qué se utiliza el calentamiento a reflujo en este experimento? ¿Qué utilidad tiene?
 - P4. ¿Qué técnica se emplea para la purificación del licopeno en esta práctica? Desarrolle su respuesta.
- Práctica Separación por extracción (Bloque 3):
 - P1. ¿Qué fin se persigue en esta práctica?
 - P2. En un embudo de decantación, el disolvente orgánico siempre se queda en la fase de arriba y la fase acuosa en la de abajo. Justifique su respuesta.
 - P3. Formule la estructura de los 4 componentes presentes en la mezcla y analice sus diferencias estructurales.



- P4. ¿Qué técnica/s se pueden usar para saber si un compuesto está puro?
- P5. Formule la reacción que tiene lugar entre ácido benzoico y bicarbonato sódico.

Aplicación del CIMA

Como se ha comentado con anterioridad, la finalidad de este CIMA consiste en valorar el efecto de la combinación de diferentes herramientas didácticas sobre el aprendizaje activo del alumno. Se ha aplicado en un grupo de 4 alumnos. Para que el estudiante se implique más en el trabajo diario de laboratorio se ha potenciado tanto el trabajo individual como el trabajo colaborativo, la aplicación del Aula Invertida, así como las II Jornadas en Experimentación en Química II. Para ello, los estudiantes han de realizar un trabajo previo en casa haciendo uso del material proporcionado por el profesor, disponible en Enseñanza virtual (guiones de prácticas, cuestiones pre-laboratorio y videos explicativos). Los videos explicativos fueron producidos por el Departamento de Química Orgánica en colaboración con el Servicio de Audiovisuales (SAV) de la US.

Todas estas actividades forman parte de un proyecto de innovación docente financiado por el IV Plan Propio de la US (Modalidad B. Redes de Colaboración para la Innovación Docente). Se puso en marcha en el curso académico 2022/23 y lleva por título *Sinergias educativas en el ámbito de la Química Orgánica*.

Relato resumido de las sesiones

Las sesiones han transcurrido con normalidad. Es cierto que, al tratarse de pocos alumnos las situaciones que puedan resultar más críticas se controlan de manera relativamente fácil. Partimos de la base de que para que este CIMA funcione es imprescindible la implicación, la motivación y el compromiso por parte del alumnado. El estudiante es corresponsable de su proceso de aprendizaje, por supuesto con la guía del profesor. Por ejemplo, para poder aplicar el Aula Invertida los alumnos han de realizar un trabajo previo e individual en casa. Este trabajo previo es fundamental para abordar posteriormente la resolución del experimento en el laboratorio de manera prácticamente independiente. Si el alumno no se implica a tiempo, obviamente se va a encontrar perdido en el desarrollo de la parte práctica, así como en la discusión posterior con sus compañeros y el CIMA carecería de sentido.



La actitud del alumnado en general ha resultado adecuada, se ha podido ir trabajando con ellos día a día sin grandes contratiempos. Han interactuado adecuadamente entre ellos y con el profesor. Si bien es cierto que son muy habituales quejas por falta de tiempo para poder realizar este tipo de actividades individuales previas en casa. Comentan que están desbordados, con clases por la mañana y por la tarde y que es muy difícil dedicar tiempo extra a preparar las prácticas antes de realizarlas. Sin embargo, la idea les parece muy atractiva, y están completamente de acuerdo que para aprender hay que hacer, hay que implicarse.

Los alumnos necesitan tiempo para adaptarse a esta nueva metodología. Lo más cómodo es seguir con el método tradicional, el profesor explica la práctica, ellos la realizan y cuando llegue el momento del examen, ya profundizarán y estudiarán. Por tanto, el aprovechamiento de estas clases depende exclusivamente de ellos.

Con respecto a la realización de las II Jornadas de Experimentación en Química II, ha vuelto a tener buena aceptación entre el alumnado. Al principio del cuatrimestre, cuando se les comunica que tienen que preparar un póster en PowerPoint de una práctica en concreto transmiten cierto desánimo. Sin embargo, luego se implican activamente en la realización de la actividad e interactúan perfectamente entre ellos y con el profesorado de la asignatura. Así ocurrió en las I Jornadas y así ha vuelto a ocurrir en las II Jornadas. Su desarrollo ha transcurrido en el vestíbulo de la EPS en un ambiente muy agradable, sin contratiempos.

Cada alumno tiene varias funciones en estas Jornadas. Una de ellas es explicar a sus compañeros el póster (dimensiones 120×90 cm) que ha diseñado en el que se presenta una práctica determinada. El póster consta de los siguientes apartados: Introducción, Objetivos, Resultados y Discusión, Conclusiones y Bibliografía. También ha de responder a las preguntas planteadas tanto de sus compañeros como del resto de profesores presentes. Por otro lado, han de visualizar el resto de los pósters expuestos por sus compañeros, y, con espíritu crítico, establecer un debate. En esta actividad destaca el aprendizaje cooperativo (Vázquez-Cabello, 2021).



Evaluación del aprendizaje de los estudiantes

El conocimiento de los alumnos se ha evaluado antes y después de la aplicación del CIMA. Los resultados aparecen reflejados en las siguientes escaleras de aprendizaje (figuras 3-6). Cada figura incorpora dos escaleras, la de la izquierda se corresponde con el conocimiento inicial (previo a la sesión) y la de la derecha corresponde con el conocimiento adquirido al finalizar la sesión. A su vez cada escalera aparece desglosada en cuatro peldaños, desde el 1 hasta el 4, indicando en orden ascendente la evolución desde la ausencia de conocimiento hasta un conocimiento avanzado. Estas figuras se han elaborado en base a la resolución por parte de los alumnos de los cuestionarios inicial y final (coincidentes) de cada una de las prácticas. La adquisición del conocimiento avanzado nos indicaría que el alumno podría defenderse adecuadamente a las exigencias propias de las cuestiones de un examen. En cada escalera cada alumno lleva asignado un número del 1 al 4.

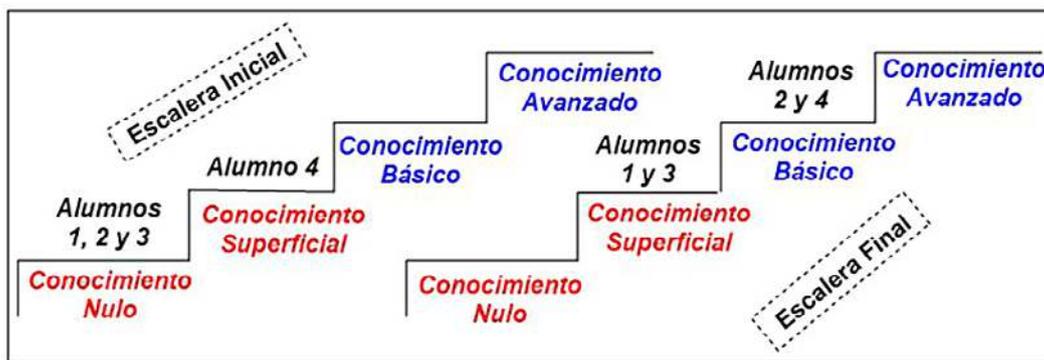


Figura 3. Escalera de aprendizaje *Síntesis de paracetamol*.



Figura 4. Escalera de aprendizaje *Síntesis de p-nitroanilina*.



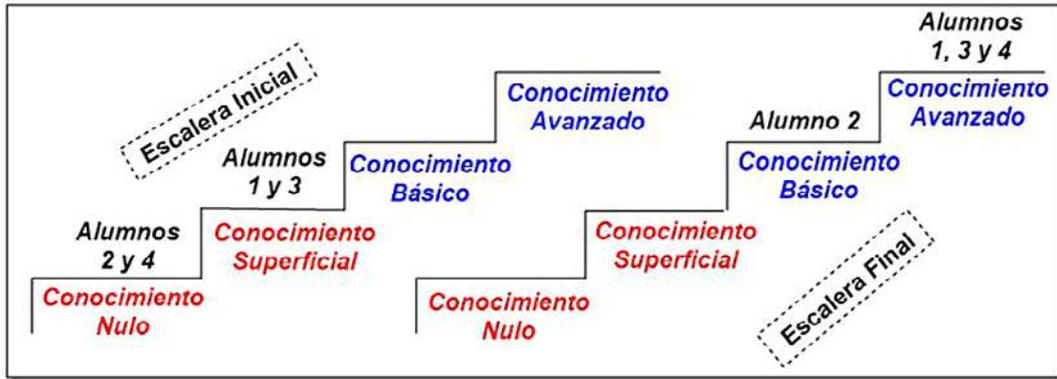


Figura 5. Escalera de aprendizaje Síntesis y purificación de difenilmetanol.

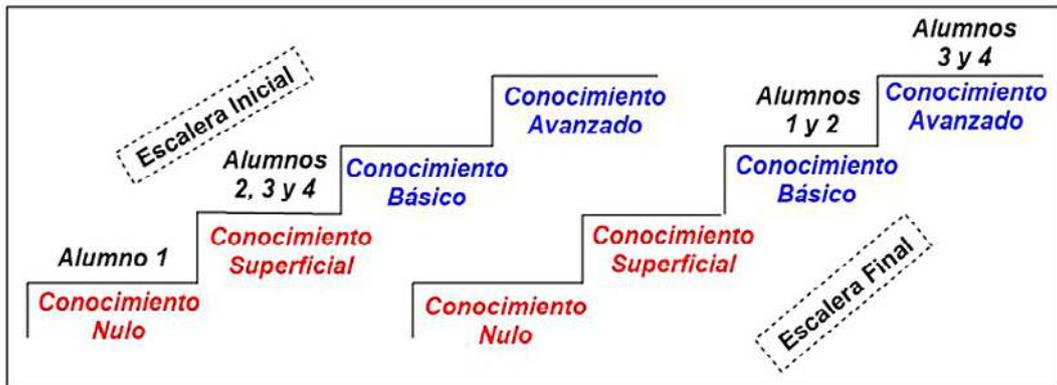


Figura 6. Escalera de aprendizaje Aislamiento y purificación de licopeno.



Figura 7. Escalera de aprendizaje Separación por extracción.

La ventaja de ser pocos alumnos por grupo ha permitido analizar cómodamente. Como se refleja en cada una de las escaleras, todos los estudiantes suben de nivel, su conocimiento aumenta, alcanzando todos ellos los peldaños azules en las escaleras finales, excepto en la figura 3. Esto puede ser debido a que es la primera práctica que se realizó dentro del CIMA y los alumnos no se habían adaptado todavía a la dinámica de las clases. Sin embargo, en la práctica *Separación por extracción* todos los alumnos se encuentran en el peldaño de arriba (figura 7). El alumno ya está acostumbrado a la forma de trabajo y asimila mejor los contenidos que se plasman en las prácticas de laboratorio. También hay conceptos/técnicas que se van repitiendo, y, por tanto, se van reforzando, de ahí que posiblemente en las prácticas que se realizan hacia el final los resultados son mejores.

Evaluación del CIMA

Las conclusiones obtenidas de este CIMA son positivas. Las dinámicas propuestas son herramientas muy valiosas para la formación del alumno y esto se observa en la evolución de su aprendizaje.

Aspectos a mantener o cambiar en un futuro CIMA

Todas las actividades que estén dirigidas a potenciar el trabajo del alumno para hacerlo partícipe y corresponsable de un proceso de aprendizaje activo son bienvenidas. Todas ellas son muy valiosas y hacen que el ambiente de trabajo sea el adecuado para ir adquiriendo poco a poco, día a día, el conocimiento deseable al término de la asignatura. Para ello, el conjunto de actividades ha de tomarse con compromiso por parte del estudiantado, implicando trabajo individual y trabajo en grupo. Por tanto, en futuros CIMAs no descartaría el uso de ninguna de ellas. Solamente añadiría la visualización de los videos explicativos justo antes de comenzar la práctica de laboratorio, además de visualizarlos en casa. Esto nos permitiría comentar el video entre todos justo antes de abordar el problema en cuestión y potenciar la interacción alumno-alumno y profesor-alumno. Además, con esta actividad realizada en el laboratorio, nos aseguraríamos que el alumno no solo ha visualizado el video, sino que lo ha analizado e interiorizado.

