

La implicación del alumnado como fuerza motriz en el desarrollo de la asignatura Experimentación en Química II

The involvement of students as a driving force in the development of the subject Experimentation in Chemistry II

QUÍMICA

Elena Matilde Sánchez Fernández.

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

Universidad de Sevilla. Facultad de Química. Departamento de Química Orgánica.

Correo: esanchez4@us.es

Resumen. El ciclo de mejora aplicado en la asignatura *Experimentación en Química II* del Grado en Ingeniería Química Industrial se corresponde con una continuación del modelo de actuación en el aula correspondiente a ciclos de mejora previos realizados en esta misma asignatura, basados todos ellos en un modelo metodológico que gira en torno al alumno, en su implicación y motivación a la hora de enfrentarse a una asignatura de carácter fundamentalmente práctico, donde las experiencias vividas contribuyen al progreso de su formación.

Dadas las peculiaridades de este curso académico, la mayor parte de las clases prácticas presenciales se han tenido que abordar mediante clases on-line, haciendo uso en esta modalidad de videos explicativos como herramienta clave del proceso de enseñanza-aprendizaje. Con estos videos se ha tratado de suplir las deficiencias ocasionadas por la ausencia de esas experiencias reales vividas en el laboratorio. En cualquier caso, el objetivo fundamental en ambas situaciones, presenciales y virtuales, ha consistido en provocar en el estudiantado una actitud de esfuerzo continuado, trabajo, implicación y liderazgo que les aporte un conocimiento duradero en el tiempo.

Abstract. The improvement cycle applied in the subject *Experimentation in Chemistry II* of the Degree in Industrial Chemical Engineering corresponds to a continuation of the action model in the classroom corresponding to previous improvement cycles carried out in the same subject, all of them based on a methodological model that revolves around the student, in their involvement and motivation when facing a fundamentally practical subject, where the experiences lived in the laboratory contribute to the progress of their training.

Given the peculiarities of this academic year, most of the practical classes have been addressed through online modality, making use of explanatory videos as a key tool in the teaching-learning process. With these videos we have tried to make up for the deficiencies caused by the absence of those real experiences lived in the laboratory. In any case, the fundamental objective in both face-to-face classes and virtual situations, has been to provoke in the student an attitude of continuous effort, work, implication, and leadership that provides lasting knowledge over time.

Palabras clave: Química II, Grado en Ingeniería Química Industrial, docencia universitaria, experimentación docente universitaria, desarrollo profesional docente, implicación.

Keywords: Chemistry II, Degree in Industrial Chemical Engineering, university teaching, university teaching experimentation, teacher professional development, implication.

Descripción del contexto

La asignatura en la que se ha aplicado el Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA) es Experimentación en Química II, asignatura obligatoria (6 créditos ECTS) de carácter práctico, impartida en el 2º cuatrimestre de 2º curso de la titulación Grado en Ingeniería Química Industrial. Este título ha obtenido el Sello Internacional de Calidad EUR-ACE® de Ingeniería en 2017. Las clases se imparten en el laboratorio de Química Orgánica de la Escuela Politécnica Superior (EPS) de la Universidad de Sevilla, en sesiones de cuatro horas tres días a la semana. Las prácticas se realizan de forma individual. Aunque la asignatura es de carácter práctico, lleva ligada una serie de aspectos teóricos de Química Orgánica para el perfecto entendimiento del experimento desarrollado. En este sentido, teoría y práctica van al unísono.

Dada la situación de limitación de aforo en los laboratorios por la pandemia, y para que todos los alumnos tengan las mismas oportunidades, el número de prácticas presenciales se ha visto reducido considerablemente y, en consecuencia, la forma de trabajo se ha visto alterada. Por tanto, se han seleccionado tres prácticas del temario para su realización de modo presencial, realizándose el resto de las prácticas on-line, haciendo para ello uso de la plataforma virtual *BlackBoard Collaborate Ultra*. Este CIMA se ha aplicado en el grupo L2, formado por 5 alumnos en clases prácticas presenciales de laboratorio y 10 alumnos en las correspondientes clases virtuales.

Diseño previo del Ciclo de Mejora en el Aula

Las 28 horas que he planteado para el desarrollo de este CIMA se han distribuido de la siguiente manera:

- 8 horas que corresponden a la realización presencial de 2 prácticas:
 - 1) Separación por Extracción (6 horas)
 - 2) Síntesis de Difenilmetanol (2 horas)
- 20 horas para las Clases Prácticas on-line que se dividen a su vez en:
 - 12 horas dedicadas a la realización de 4 prácticas: Aislamiento del eugenol del clavo, Aislamiento y purificación del licopeno, Reciclado químico del polietiléntereftalato, Síntesis y uso del índigo.
 - 4 horas dedicadas a Clase Práctica en Aula (CPA).
 - 4 horas dedicadas a la realización de una prueba oral de formulación.

Modelo metodológico y secuencia de actividades programada

Para el diseño del modelo metodológico de este CIMA me he basado en la experiencia adquirida en años anteriores como miembro de la Red para la Formación e Innovación Docente (Sánchez Fernández, 2016, 2018, 2019). De manera general, los alumnos llegan a las clases de laboratorio sin tener una idea clara de lo que van a hacer, se dedican a mezclar reactivos sin un objetivo concreto dejándose llevar por el profesor o por el compañero de enfrente. Desde mi punto de vista, la importancia de la participación/motivación del alumnado en el día a día de la asignatura es crucial. Concretamente, en el CIMA realizado durante el curso académico 2018/19 (Sánchez Fernández, 2019) titulado *El liderazgo como herramienta útil del alumnado en su proceso de aprendizaje*, insistía en la idea de trabajo previo por parte del alumnado y de su implicación, para ello proponía que cada alumno fuera “líder” o “capitán” de una de las prácticas que se iban a realizar. El líder de una práctica en concreto se debía preparar previamente la misma, asimilando la información para después poder ser capaz de conducir/dirigir a sus compañeros en su desarrollo, tanto en el aspecto experimental como en

el teórico. Decía Albert Einstein “No entiendes realmente algo a menos que seas capaz de explicárselo a tu abuela”.

El capitán podía hacer uso de tutorías antes del desarrollo de la sesión, y de hecho así lo hicieron. El líder llevaba el ritmo de la clase, tomaba decisiones, explicación, debate, pizarra, puesta en común de resultados..., siempre con la ayuda del profesor, por supuesto. Cada uno de ellos fue líder de una práctica que el profesor les había asignado previamente. Los resultados fueron muy positivos, superando en la mayoría de los casos mis expectativas con respecto a la implicación, motivación y excelente ambiente de trabajo... El aspecto negativo es que, por norma general, el alumno solo se implicó en la práctica en la que iba a ser líder. Cuando el alumno no era líder, no se preparaba en absoluto la práctica que iba a abordar ese día, siendo ésta la principal limitación de esta forma de trabajo. Intentando buscar una solución a esta situación (principal objetivo de este CIMA), mi premisa ha sido la de mantener la figura de “líder”, que tan buenos resultados ha proporcionado, pero sin asignar previamente las prácticas. Así, en la misma sesión, a través de un sorteo no excluyente, se sabría quién lideraría el grupo, o incluso para una sesión de 4 horas se podrían seleccionar dos líderes. De esta forma todos los alumnos han debido prepararse todas las prácticas. Siguiendo la misma metodología del CIMA anterior, el profesor puede intervenir en cualquier momento para aclarar conceptos que no hayan quedado claros con la exposición del líder, o para hacer hincapié en alguna idea que sea importante y haya pasado por alto, o simplemente para corroborar/confirmar lo que se ha explicado (retroalimentación líder-profesor-alumno). El nivel de los contenidos impartidos en la clase no debe verse afectado con esta forma de trabajo.

Este año y como novedad, cuentan con una serie de videos fruto de un Proyecto concedido dentro de la Convocatoria “Dotación y Mejora de Recursos para la Docencia (Recursos Audiovisuales)” del III Plan Propio de Docencia 2020, del cual he sido la responsable y coordinadora. Este proyecto, que lleva por título **Videos Explicativos de Técnicas Básicas en un Laboratorio de Química Orgánica**, ha implicado a 11 docentes para su elaboración. El objetivo de este proyecto ha consistido en la producción de videos didácticos de prácticas, sujetos a guion y con la intervención de técnicos de grabación. Para ello se seleccionaron seis técnicas básicas que se corresponden con operaciones habituales empleadas en un laboratorio de Química Orgánica para la separación, purificación y comprobación de la pureza de compuestos orgánicos. Las técnicas elegidas para la elaboración de estos videos, las cuales cubren el temario de esta asignatura, fueron las siguientes:

- 1) *Separación por Extracción*
- 2) *Calentamiento a Reflujo*
- 3) *Cromatografía en Capa Fina*
- 4) *Destilación simple*
- 5) *Recristalización*
- 6) *Cromatografía en Columna de Gel de Sílice*

Todos estos videos cuentan con ISBN y están disponibles para su consulta en la siguiente dirección: <http://sav.us.es/index.php/novedades/151-nueva-serie-de-videos-didacticos-tecnicas-basicas-en-un-laboratorio-de-quimica-orgonica>.

A continuación, se muestra detalladamente la **secuencia de actividades programadas** para las prácticas presenciales que se van a realizar en este CIMA, secuencia fundamental para afianzar la dinámica de trabajo (Porlán y de Alba, 2017). Los tiempos son estimados.

Práctica 1: Separación por Extracción (6 horas)

1ª Sesión: 4 horas

- Los alumnos se colocan en sus mesas de trabajo con los EPIs necesarios: 10 minutos.
- Cuestionario inicial: 15-20 minutos.
- Sorteo para seleccionar a los dos líderes de la práctica: 5 minutos.

-Los dos líderes se encargarán de contextualizar la práctica. Deberán hacer hincapié en la formulación y en las reacciones ácido-base implicadas que nos permitirán separar los cuatro componentes de la mezcla, en el material utilizado y en las técnicas experimentales que van a emplear a lo largo del desarrollo de la misma: 40 minutos.

-Se preguntará al alumnado y se valorará su participación. No se pretende que todo el peso caiga sobre el líder. Se fomentará la participación de los alumnos, el debate y la puesta en común de dudas: 20 minutos.

-Realización del experimento en el puesto de trabajo (individualmente): 120 minutos. Las dudas de los alumnos irán dirigidas en primer lugar al líder y el profesor tomará nota de cómo el alumno se ha preparado la práctica. Se valorará su grado de implicación.

-Desecho de residuos, limpieza del material y del puesto de trabajo: 15 minutos.

2ª Sesión: 4 horas

Las dos primeras horas de esta sesión se dedicarán a terminar esta práctica.

- Los alumnos se colocan en sus mesas de trabajo con los EPIs necesarios: 10 minutos.

-Sorteo para seleccionar a los dos líderes que finalizarán la práctica: 5 minutos.

-Recapitulación (por parte del líder/profesor) en la pizarra mediante diagramas del proceso de extracción líquido-líquido y reacciones ácido-base implicadas del día anterior: 10 minutos.

-Separados los compuestos de la mezcla en la sesión anterior se procederá a su tratamiento mediante diferentes técnicas para obtenerlos en estado sólido: 20 minutos.

-Explicación por parte de uno de los líderes fundamento/finalidad del rotavapor: 10 minutos.

-Explicación por parte del segundo líder de la técnica cromatografía en capa fina (ccf) que permitirá el análisis cualitativo de la pureza de los productos aislados: 15 minutos.

-Realización de la ccf y visualización mediante lámpara UV: 10 minutos.

-Interpretación de resultados, puesta en común de todos los datos obtenidos (retroalimentación alumno-profesor): 10 minutos.

-Completar plantilla: 10 minutos. Esa tarea también se puede finalizar en casa.

-Completar un ejercicio final tipo caso práctico (CP) de separación que servirá de recapitulación de la práctica (tipo resumen) y que formará parte de la evaluación continua: 10-15 minutos.

-Este ejercicio será corregido por otro compañero para que analicen los errores y sean capaces de evaluar con una nota numérica el ejercicio de su compañero: 5 minutos.

-Cuestionario final: 15 minutos.

A continuación, presento el CP (Figura 1) que se completó al final de esta práctica, donde el alumno debe rellenar los huecos en blanco con las estructuras químicas que considere convenientes.

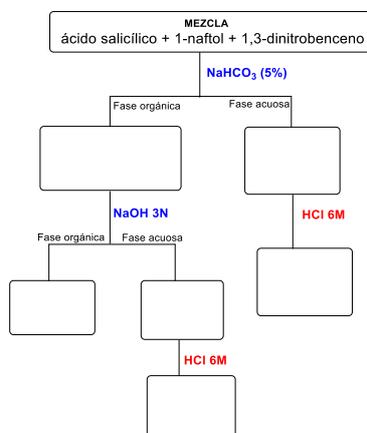


Figura 1. CP de la Práctica Separación por Extracción.

Práctica 2: Síntesis del Difenilmetanol (2 horas)

Esta práctica se realiza en las 2 horas restantes de la sesión anterior.

-Cuestionario inicial: 20 minutos.

-No habrá sorteo, el líder de la práctica será el alumno restante.

-El líder se encargará de contextualizar la práctica, síntesis de un alcohol a partir de un compuesto carbonílico. Reacción general, reactivos, mecanismo implicado, seguimiento de la reacción mediante ccf y técnicas experimentales (Palleros, 2000) que se van a emplear a lo largo del desarrollo de la misma: 15 minutos. Se destacará la importancia de los alcoholes en química orgánica tanto como reactivos, disolventes e intermedios sintéticos versátiles (Loudon, 2002).

-Se valorará la participación del alumnado. El alumno tiene conocimientos previos de este tema ya que es un tema importante que se imparte en la asignatura Química Orgánica del primer cuatrimestre (Wade, 2012): 10 minutos.

-Trabajo experimental individual en sus puestos de trabajo: 40 minutos.

-Completar plantilla: 10 minutos, pueden terminarla en casa.

-Cuestionario final: 15 minutos.

-Desecho de residuos, limpieza del material y del puesto de trabajo: 10 min.

Las plantillas (informe breve) que fueron incluidas por primera vez en el CIMA realizado en 2018 (Sánchez Fernández, 2018), titulado *Nuevas estrategias en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura Experimentación Química II del Grado en Ingeniería Química Industrial*, son muy convenientes para fijar las ideas clave del experimento en cuestión. Se recogen al finalizar cada práctica y se emplean como material en la evaluación continua, así como los CP que se realizan en algunas prácticas a modo de resumen/recapitulación.

Secuencia de actividades programadas para las clases virtuales a través de BlackBoard Collaborate Ultra

Desarrollo de 4 prácticas on-line distribuidas en 3 sesiones de 4 horas, con la misma tónica que las prácticas presenciales: figura de “líder” e implicación del alumnado de manera que las clases resulten dinámicas. A continuación, se muestra a modo de ejemplo la secuencia de actividades de una de las prácticas on-line, para el resto se propone el mismo plan de trabajo.

Práctica 3: Aislamiento del Eugenol del Clavo

-Acceso a la plataforma virtual, control de asistencia: 5 minutos

-Cuestionario inicial: 20 minutos

-Sorteo para seleccionar a los dos líderes de la práctica: 5 minutos

-Visualización del video/s relacionados con la práctica en cuestión: 10 minutos

-Comentarios/curiosidades sobre el video/s: 10-15 minutos

-Uno de los líderes contextualizará la práctica: finalidad industrial, importancia del aislamiento de un producto natural: 10 minutos

-Haciendo uso del guion, el líder explicará la técnica experimental (destilación por arrastre de vapor) para aislar los componentes presentes en el clavo: 15 minutos

-El segundo líder abordará la explicación de la separación del eugenol (componente ácido) del resto de los componentes neutros de la mezcla (acetileugenol y cariofileno), para ello hará uso de diagramas de separación a través de la pizarra de la plataforma: 20 minutos. Ya cuentan con experiencia previa adquirida en la separación de componentes de una mezcla realizada en la práctica anterior (P1).

-Se analizarán todos los pasos que indica el guion (líder-profesor-alumno): condiciones de reacción, reactivos, disolventes y disoluciones acuosas ácidas/básicas empleadas: 20 minutos

-Completar plantilla: 20 minutos

-Completar el CP a modo de resumen: 20 minutos

-Cuestionario final: 20 minutos

-Gestión de residuos: 10 minutos. Este tema se seguirá tratando, analizar el desecho de los mismos es esencial. Esta actividad se seguirá haciendo, aunque la práctica no se realice de forma presencial.

Todos los cuestionarios, plantillas y CP se enviarán a través de la plataforma virtual en una carpeta habilitada a tal efecto.

Aunque estas prácticas se han realizado virtualmente, la idea ha sido desgranar el guion en cada una de las sesiones on-line, analizar cada uno de los pasos a seguir, el porqué de esos pasos en cada momento, de manera que puedan hacer una composición de la práctica en sí. Para ello nos hemos apoyado en los videos, en el guion de prácticas y en las cuestiones del guion como herramientas de trabajo. Haciendo referencia de nuevo al científico Albert Einstein, una de sus frases célebres decía: “No tengo talentos especiales, pero sí soy profundamente curioso”.

4 horas dedicadas a la Clase Práctica en Aula (CPA)

La CPA corresponde a una actividad nueva que se planteó en el desarrollo de esta asignatura dentro del marco de un proyecto de innovación docente del III Plan Propio de Docencia concedido y ejecutado en el curso académico 2018-2019, dentro de la Convocatoria de Apoyo a la Coordinación e Innovación Docente, Redes de Colaboración para la Innovación Docente, del cual fui la coordinadora. Título del proyecto *Nuevas estrategias para la implicación del alumnado en el proceso de enseñanza-aprendizaje en las asignaturas Química Orgánica y Experimentación en Química II del Grado en Ingeniería Química Industrial*.

Dado el éxito de esta actividad en el CIMA anterior (Sánchez Fernández, 2019), proponía, sin duda alguna, mantenerla en el desarrollo del CIMA de este año. Es más, el resto de profesores de los diferentes grupos de la asignatura también la han incorporado en sus clases. La única peculiaridad con respecto a CIMAS anteriores es que esta CPA se ha realizado on-line. Es sumamente importante el trabajo previo del alumno para que la CPA sea productiva, y así se lo traslado reiteradamente al alumnado.

A continuación, presento un ejercicio tipo de CPA: Interprete la siguiente *placa de cromatografía en capa fina* (Figura 2) aportando toda la información que considere conveniente. Punto 1: material de partida, punto 2: punto de reacción.

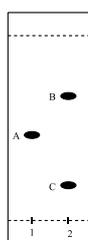


Figura 2. Cromatografía en capa fina.

4 horas para la realización de una Prueba Oral de formulación on-line

En base al desarrollo de la CPA en CIMAS anteriores, he podido observar las carencias del alumnado en el abordaje de la formulación de compuestos orgánicos. La formulación orgánica es fundamental para el correcto desarrollo tanto de los aspectos prácticos como de los aspectos teóricos de la asignatura. De hecho, una de las asignaturas del primer cuatrimestre de segundo curso de este Grado es “Química Orgánica” (asignatura estrechamente relacionada con “Experimentación en Química II”), en la que se dedican aproximadamente 2-3 semanas al estudio de la nomenclatura IUPAC de compuestos orgánicos. Sin embargo, un alto porcentaje de alumnos, o no han cursado esta asignatura, o, aun habiéndola cursado, no han logrado superarla. La prueba oral on-line de aproximadamente 30 minutos de duración que propongo en este CIMA, está pensada para que tomen conciencia de la necesidad imperiosa de adquirir esta competencia/destreza y vayan practicando a lo largo del desarrollo de la asignatura. Para

ello se planteará esta prueba con dos tipos de ejercicios: formulación y nomenclatura tanto de compuestos que aparecen en las prácticas como de compuestos relacionados. El resultado de esta actividad se ha tenido en cuenta en la evaluación continua del estudiantado.

Con respecto a los **cuestionarios iniciales/finales** de cada práctica se plantean cuestiones muy sencillas, abiertas, (Rivero y Porlán, 2017), que han de ser desarrolladas brevemente y que den idea del conocimiento previo del alumno, así como de su evolución una vez finalizada la sesión correspondiente. En este CIMA se plantearon las siguientes cuestiones:

Práctica 1: Separación por Extracción

1. ¿Qué fin se persigue en esta práctica?
2. En una separación por extracción líquido-líquido, ¿en función de qué se separan los compuestos?
3. Indique la estructura de los 4 compuestos presentes en la mezcla y analice sus diferencias.
4. ¿Qué técnica/s se pueden usar para saber si un compuesto está puro?

Práctica 2: Síntesis de Difenilmetanol

1. ¿A qué familia de compuestos orgánicos pertenece el compuesto de interés? ¿Y su precursor? ¿Conoce la estructura química de los mismos?
2. ¿Qué tipo de reacción tiene lugar en su preparación?
3. ¿Cómo se puede controlar que todo el material de partida se ha transformado en producto deseado?
4. Si el compuesto obtenido no estuviera puro, ¿qué técnica emplearía para su purificación?

Práctica 3: Aislamiento del Eugenol del Clavo

1. ¿Qué tipo de compuesto orgánico es el eugenol? ¿Conoce su estructura química?
2. ¿Qué interés industrial presenta su aislamiento?
3. ¿El eugenol presenta carácter ácido, básico o neutro? Justifique su respuesta
4. ¿Qué tipo de disolución acuosa emplearía para separar el eugenol del resto de componentes presentes en el clavo?
5. ¿Qué similitud presentan los compuestos 1-naftol y eugenol? Justifique su respuesta

Práctica 4: Aislamiento y purificación del licopeno

1. ¿Qué objetivo se plantea en esta práctica?
2. ¿Por qué se utiliza el calentamiento a reflujo en este experimento?
3. ¿A qué familia de compuestos pertenece el licopeno? ¿Qué grupo funcional presenta?
4. ¿Qué técnica se emplea para su purificación?

Práctica 5: Preparación y uso del índigo

1. ¿Qué es el índigo y qué aplicación industrial presenta?
2. ¿Había escuchado antes algo sobre este compuesto o de derivados indigoides?
3. ¿Qué reactivos se necesitan para preparar índigo en un laboratorio?

Práctica 6: Reciclado químico del poli(etilén tereftalato) (PET)

1. ¿Por qué se emplea en esta práctica una botella de plástico?
2. ¿Por qué se usa en esta práctica el calentamiento a reflujo?
3. ¿Por qué se habla de reciclado químico?
4. ¿A qué familia de compuestos pertenece el PET?

Aunque he mantenido como cuestiones finales exactamente las mismas que las cuestiones iniciales, pienso que las finales deberían ser un poco más complejas para que el docente pueda profundizar más en la evolución de cada alumno. Creo que las cuestiones iniciales han de ser asequibles, ya que en caso contrario y desde mi punto de vista, desmotivan al alumno.

Mapa de contenidos

A continuación, se presenta el mapa de contenidos (Figura 3) donde quedan reflejadas todas las prácticas que se realizan a lo largo de la asignatura, independientemente de si se han

realizado de manera presencial o virtual. Este mapa está dividido en tres bloques claramente diferenciados (aislamiento, síntesis y reciclado), pero a su vez estrechamente interconectados a través de los contenidos procedimentales y actitudinales. Por otra parte, en las Figuras 4 y 5 se representa un esquema del modelo metodológico personal empleado en las clases presenciales y virtuales, entre los que sí se observan ciertas diferencias.

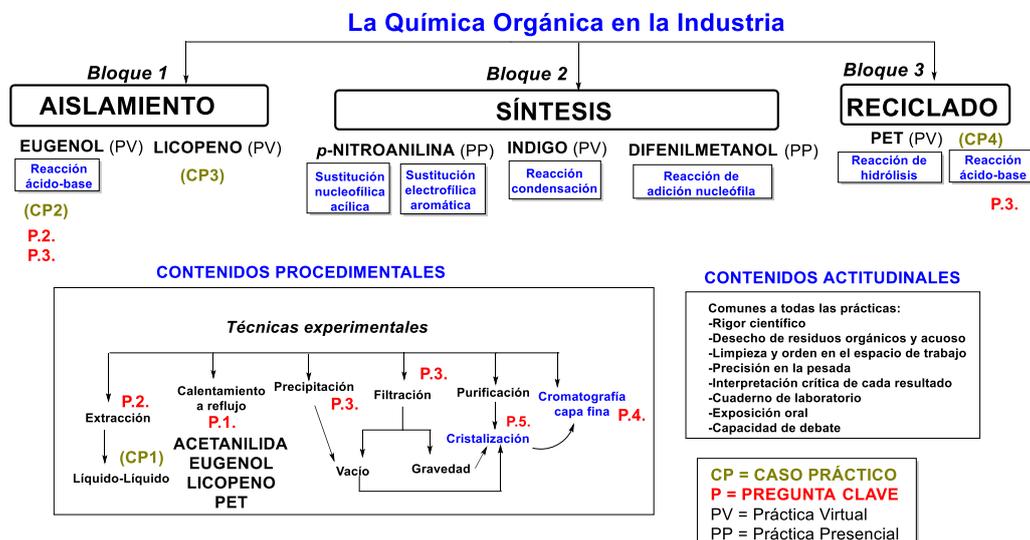


Figura 3. Mapa de contenidos

Preguntas clave (P) que permiten trabajar el mapa de contenidos:

- P.1.** ¿Por qué se usa la técnica calentamiento a reflujo en varias experiencias de la asignatura?
- P.2.** ¿Qué presentan en común la separación de los componentes de una mezcla y la preparación de un café?
- P.3.** ¿Cómo influye el pH de las disoluciones en la separación por extracción?
- P.4.** ¿Qué técnica/s experimentales se pueden emplear para comprobar la pureza de un compuesto?
- P.5.** ¿De qué factores depende la elección del disolvente más conveniente en la purificación de un compuesto orgánico mediante la técnica de la recrystalización?

Modelo metodológico. Clases Presenciales

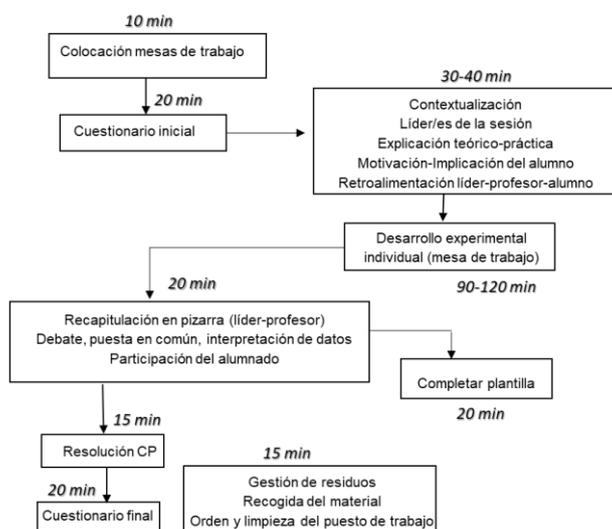


Figura 4. Modelo metodológico clases presenciales

Modelo metodológico Clases on-line

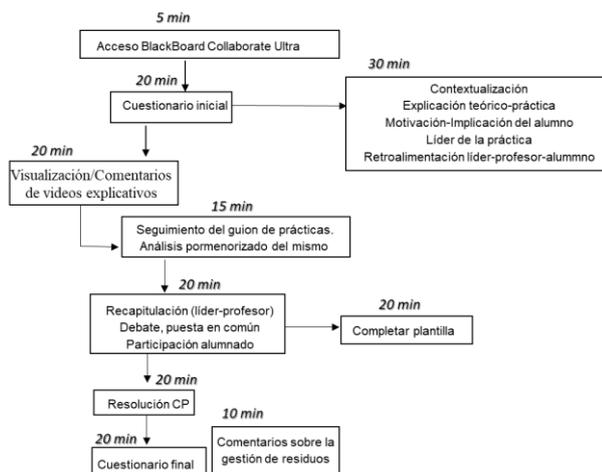


Figura 5. Modelo metodológico clases on-line

Aplicación del Ciclo de Mejora en el Aula

Relato resumido de las sesiones

Tanto las sesiones prácticas como las sesiones on-line a través de la plataforma virtual *BlackBoard Collaborate Ultra* han transcurrido satisfactoriamente, desarrollándose en un ambiente agradable y distendido, sin incidencias destacables y ajustándose en el tiempo establecido para las actividades mostradas en ambos modelos metodológicos. Hay que destacar que sesiones de cuatro horas son sesiones especialmente largas, sobre todo para las sesiones virtuales, en las que mantener la concentración y la atención del alumnado es la principal premisa para el correcto abordaje del trabajo planteado en cada sesión. De ahí la figura de “líder” o “capitán” que se viene aplicando tanto en este CIMA como en CIMAs anteriores, figura que permite incentivar la autonomía del alumno.

En líneas generales, esta iniciativa se ha tomado en serio y la participación del líder en las clases ha resultado enriquecedora, no solamente para el propio líder, sino también para el resto de compañeros, reafirmando la importancia de esta figura. Las clases on-line, si bien cuentan con la desventaja de no poder realizar el experimento in situ, han permitido analizar de manera pormenorizada los aspectos claves de las prácticas haciendo uso de los correspondientes guiones. En esta línea, los videos explicativos han resultado una herramienta esencial para que el alumnado visualice la experiencia en sí a través de una secuencia de imágenes.

Evaluación del aprendizaje de los estudiantes

Intentando analizar la evolución de los estudiantes haciendo uso de los cuestionarios iniciales-finales, así como la actuación de los mismos frente al liderazgo de las prácticas, los resultados se han plasmado en dos tablas. La tabla 1 correspondiente a las clases prácticas presenciales (5 alumnos) y la tabla 2 correspondiente a las clases on-line (10 alumnos).

Tabla 1. Evaluación del cuestionario inicial-final de las prácticas presenciales

	P1 Extracción	P2 Difenilmetanol	Calificación Docente ^a	Calificación CP1
--	------------------	----------------------	--------------------------------------	---------------------

Sujeto 1 ^b (Líder P1)	7,5 (9)^c ↑	7,5 (10) ↑	8	10
Sujeto 2 (Líder P1)	10 (10)	7,5 (10) ↑	7	10
Sujeto 3 ^d	3 (4)	0 (6) ↑↑	-----	5
Sujeto 4 (Líder P1)	0 (6) ↑↑	5 (10) ↑↑	6	10
Sujeto 5 (Líder P2)	6 (8) ↑	3 (10)^e ↑↑↑	7	10

^a Calificación proporcionada por el docente de la asignatura sobre el papel desempeñado por el estudiante como líder. ^b El Sujeto 1 ha sido líder en dos ocasiones en la Práctica 1, resultado del sorteo no excluyente realizado. ^c La calificación entre paréntesis corresponde al cuestionario final. ^d El Sujeto 3 no ha resultado líder en ninguna ocasión consecuencia del sorteo no excluyente. ^e Se muestra en negrita la calificación inicial y final del líder de la práctica en cuestión.

Tabla 2. Evaluación del cuestionario inicial-final de las prácticas virtuales

	P3 Eugenol	P4 Licopeno	P5 Índigo	P6 PET	Calificación Docente	Prueba Formulación
Sujeto 1 (líder P3)	5 (9)^{a,b}	7 (8,5)	6,5 (8)	6 (8)	7	<i>Positiva</i>
Sujeto 2 (líder P6)	7,5 (9)	6 (10)	7 (9)	4 (7)	8	<i>Positiva</i>
Sujeto 3	3 (5)	5 (7)	4 (6)	3 (6)	-----	<i>Negativa</i>
Sujeto 4 (líder P4)	5 (8)	6 (8)	6 (9)	2 (7)	6	<i>Positiva</i>
Sujeto 5 (líder P3)	4 (9)	5 (10)	6 (9)	5 (8,5)	7,5	<i>Positiva</i>
Sujeto 6 (líder P5)	5 (8)	2 (8)	5 (6,5)	3 (7,5)	5	<i>Positiva</i>
Sujeto 7 (líder P6)	4 (8)	7 (10)	6 (7)	5 (7,5)	6	<i>Positiva</i>
Sujeto 8 (líder P4)	6 (7)	2 (7)	3 (7)	4 (6)	5	<i>Negativa</i>
Sujeto 9	0 (4)	5 (7)	3 (7)	2 (5)	-----	<i>Negativa</i>
Sujeto 10	3 (8)	4 (8)	6 (9)	6 (8,5)	-----	<i>Positiva</i>

^a La calificación entre paréntesis corresponde al cuestionario final. ^b Se muestra en negrita la calificación inicial y final del líder de la práctica en cuestión.

Atendiendo a los datos recogidos en ambas tablas, es evidente una evolución positiva del aprendizaje del estudiantado siendo líder o no de la práctica en cuestión. Esto puede significar que el sorteo no excluyente motiva al alumno a trabajar todas las sesiones por igual, principal objetivo de este CIMA. Es cierto que hay alumnos que no han sido seleccionados en ninguno de los sorteos, pero su evolución es igualmente positiva. Tres alumnos de diez no han superado la prueba de formulación on-line, casualmente se corresponde con aquellos sujetos que presentan las calificaciones más bajas en los cuestionarios. A modo de ejemplo, en las siguientes figuras se muestran las escaleras de aprendizaje de una práctica presencial (**P1**) (Figura 6) y una práctica virtual (**P6**) (Figura 7).



Figura 6. Escalera de aprendizaje P1 presencial.

En la escalera correspondiente a la Figura 6, se observa que dos alumnos (Sujetos 1 y 2) de los tres que han ejercido de líderes de la P1, han alcanzado el nivel 4, nivel que indica el control de la problemática establecida originalmente, entendiéndose que, alcanzado este peldaño, el alumno podría resolver problemas similares sin dificultad y de forma autónoma e independiente. Aunque el Sujeto 4 no ha alcanzado este peldaño de la escalera, (aun siendo líder), su evolución ha sido considerable, desde el nivel 0 hasta el nivel 2, indicando el nivel 2 que el alumno está en el camino correcto del proceso de aprendizaje, aunque todavía le hace falta profundizar en su evolución. Estos datos son un buen punto de partida para que el alumno empiece a asimilar toda la información que ha manejado en cada una de las sesiones y se refleje con mejores resultados en los exámenes. En la P6 (Figura 7), aunque ningún alumno ha llegado a alcanzar el último peldaño de la escalera equivalente al control total de la problemática, hay una clara evolución de todos los sujetos, estando los dos líderes entre el grupo de alumnos que ha alcanzado un conocimiento avanzado del tema (nivel 3).



Figura 7. Escalera de aprendizaje P6 virtual.

Evaluación del CIMA puesto en práctica

Cuestiones a mantener y cambios a introducir

He de reconocer que pensar en un principio que las clases de una asignatura de carácter fundamentalmente práctico se tendrían que realizar en su mayoría a través de la plataforma virtual mediante clases on-line me resultaba aterrador. El desconocimiento de cómo sería el transcurso de esas clases me generaba cierta inquietud e incertidumbre. Si bien es cierto que no es la situación ideal y que unas clases prácticas han de realizarse fundamentalmente en un laboratorio, lugar en el que el alumno se enfrenta a situaciones reales, la experiencia ha resultado positiva en su conjunto. Hay puntos muy positivos a destacar en este CIMA. Por una parte, el poder contar con los videos explicativos de técnicas básicas en un laboratorio de Química Orgánica realizados por profesores de la Universidad de Sevilla y grabados por profesionales del Servicio de Audiovisuales ha resultado muy enriquecedor, y así me lo han

manifestado en alguna ocasión los estudiantes. El contar con estos videos les ha proporcionado la oportunidad de analizar y asimilar tranquilamente todos los detalles prácticos, tales como el material de laboratorio adecuado para cada actividad: calentamiento a reflujo, recristalización, extracción, purificación, etc..., en definitiva, activar su curiosidad. Y aunque estos videos surgieron para hacer frente a la disminución de horas prácticas de laboratorio de cara a la pandemia, es obvio que en un futuro se van a seguir utilizando como recurso/herramienta clave en el proceso de enseñanza-aprendizaje de asignaturas prácticas. Uno de los inconvenientes que he observado en este CIMA es que al hacer un sorteo no excluyente, hay alumnos que no han tenido la oportunidad de ejercer de líderes, no han experimentado la experiencia. Sin embargo, otros alumnos han resultado capitanes en un par de ocasiones. Por tanto, aunque este modelo me resulta interesante, también presenta sus limitaciones. Estas limitaciones no serían tales si el alumno asumiera la importancia de su papel y del resto de sus compañeros en el desarrollo de las clases, y se pudiera seguir aplicando un líder por práctica, dejando atrás los sorteos. La prueba oral de formulación incluida en este CIMA me parece muy acertada, y seguiré manteniéndola en posteriores CIMAs. Me parece una razón más para aumentar su motivación frente a la asignatura.

He observado este año de manera más acusada que en años anteriores un porcentaje relativamente alto de alumnos que no han cursado la asignatura Química Orgánica del primer cuatrimestre, asignatura estrechamente relacionada con Experimentación en Química II. Esto supone una deficiencia importante, ya que esta asignatura es el primer contacto del alumno con la Química Orgánica. El hecho de no cursarla implica carencias importantes asociadas a contenidos teóricos que hace más difícil el abordaje de la asignatura práctica del segundo cuatrimestre. Por tanto, recomendaría a todos los alumnos cursar Química Orgánica y posteriormente Experimentación en Química II, tal como está en el Plan de Estudios.

Principios didácticos que han guiado la experiencia

Como he venido comentando a lo largo del desarrollo de este capítulo basado en la experiencia aportada por este CIMA, el alumno ha de ligar los conocimientos teóricos con los conocimientos prácticos que proceden de los experimentos/vivencias en el laboratorio. Las experiencias vividas en el mismo (presenciales/virtuales) le van a permitir asimilar los contenidos necesarios para enfrentarse con éxito a la asignatura, siendo lo más importante la generación de un conocimiento duradero y transferible. “Únicamente el que hace aprende” (Friedrich Nietzsche). La figura del alumno y la figura del docente han de estar continuamente interconectadas, la primera como responsable/protagonista de ese proceso a través de su trabajo y motivación diaria, y la segunda como acompañante, reforzando el proceso de formación/evolución del alumnado.

Referencias bibliográficas

- De Alba-Fernández, N. y Porlán-Ariza, R. (2017). La metodología de enseñanza. En R. Porlán (Coord.): *Enseñanza universitaria. Cómo mejorarla*, (pp. 37-54). Madrid: Morata.
- Loudon, G. M. (2002). *Química Orgánica*. Oxford: Editorial Oxford University Press.
- Palleros, D. R. (2000). *Experimental Organic Chemistry*. New York: John Wiley & Sons.
- Rivero, A. y Porlán, R. (2017). La evaluación en la enseñanza universitaria. En R. Porlán (Coord.): *Enseñanza universitaria. Cómo mejorarla*, (pp. 73-92). Madrid: Morata.
- Sánchez Fernández, E. M. (2016). Hacia el conocimiento transferible en la asignatura Experimentación en Química II. *Monográfico III Jornadas de Formación e Innovación Docente del Profesorado*, pp. 652-661.
- 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.

Monográfico V Jornadas de Formación e Innovación Docente del Profesorado, pp. 766-783.

Sánchez Fernández, E. M. (2019). El liderazgo como herramienta útil del alumnado en su proceso de aprendizaje. En E. Navarro y R. Porlán (Coord.): *Ciclos de mejora en el aula. Año 2019. Experiencias de innovación docente de la Universidad de Sevilla*, (pp. 955-977). Sevilla: Editorial de la Universidad de Sevilla.

Wade, L. G. (2012). *Química Orgánica*. Madrid: Editorial Pearson-Prentice Hall.