

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

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/10.12795/9788447225408.092>

Pp.: 1397-1410



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

Resumen

El ciclo de mejora aplicado en la asignatura Experimentación en Química II del Grado en Ingeniería Química Industrial corresponde a una continuación del modelo de actuación en el aula de ciclos de mejora previos realizados en esta misma asignatura. Todos ellos están basados 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. Dadas las peculiaridades de este curso académico consecuencia de la pandemia, la mayor parte de las clases prácticas presenciales se han tenido que abordar mediante clases *online*, 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. El objetivo fundamental en ambos escenarios, presencial y virtual, 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.

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

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 of previous improvement cycles carried out in this same subject. All of them are based on a methodological model that revolves around the student, in their involvement and motivation when facing a fundamentally practical subject. Given the peculiarities of this academic year because of the pandemic, 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. The fundamental objective in both scenarios, face-to-face classes and virtual, has been to provoke in the student an attitude of continuous effort, work, implication, and leadership that provides lasting knowledge over time.

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



Introducción

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. 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 (Loudon, 2002) para el perfecto entendimiento del experimento desarrollado. 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 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 prácticas *online*. Para ello se ha hecho uso de la plataforma virtual BlackBoard Collaborate Ultra. Este CIMA se ha aplicado en un grupo formado por 5 alumnos en clases prácticas presenciales de laboratorio y 10 alumnos en las clases virtuales.

Diseño previo del CIMA

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

- 8 horas para la realización presencial de 2 prácticas: separación por extracción (6 horas) y síntesis de difenilmetanol (2 horas).
- 20 horas para las clases prácticas *online* que se dividen en: 12 horas dedicadas a la realización de 4 prácticas, 4 horas dedicadas a Clase Práctica en Aula (CPA) y 4 horas dedicadas a la realización de una prueba oral de formulación.

Mapas de contenidos y problemas claves

En la figura 1 se presenta el mapa de contenidos donde quedan reflejadas todas las prácticas de la asignatura. Las preguntas clave (P) que permiten trabajar el mapa de contenidos son las siguientes:

- P1. *¿Por qué se utiliza la técnica calentamiento a reflujo en varias experiencias de la asignatura?*



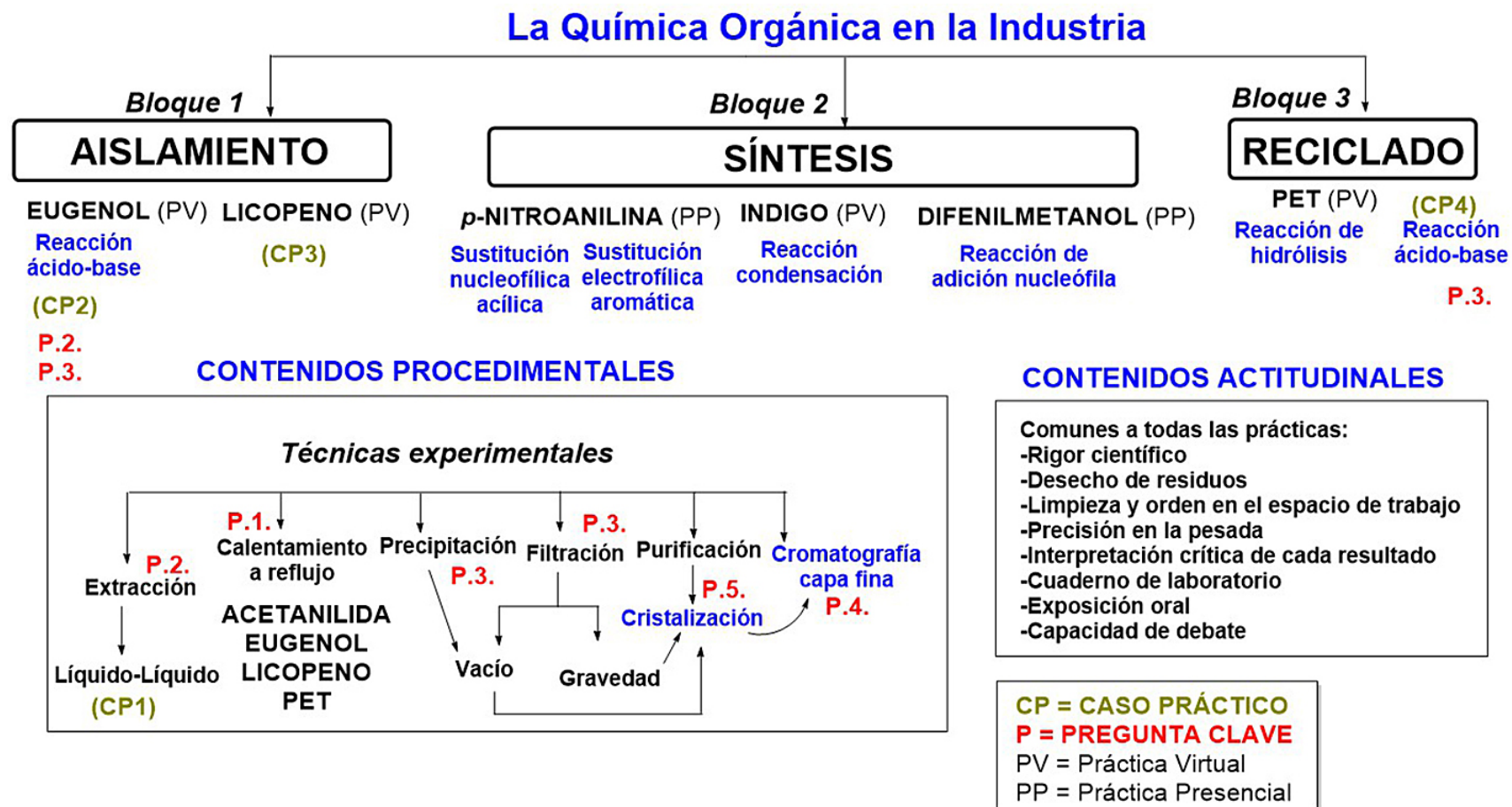


Figura 1. Mapa de contenidos.



- 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?
- 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 en la purificación de un compuesto mediante la técnica de recristalización?

Modelo metodológico y secuencias de actividades

El modelo metodológico empleado para las clases presenciales se muestra en la figura 2:

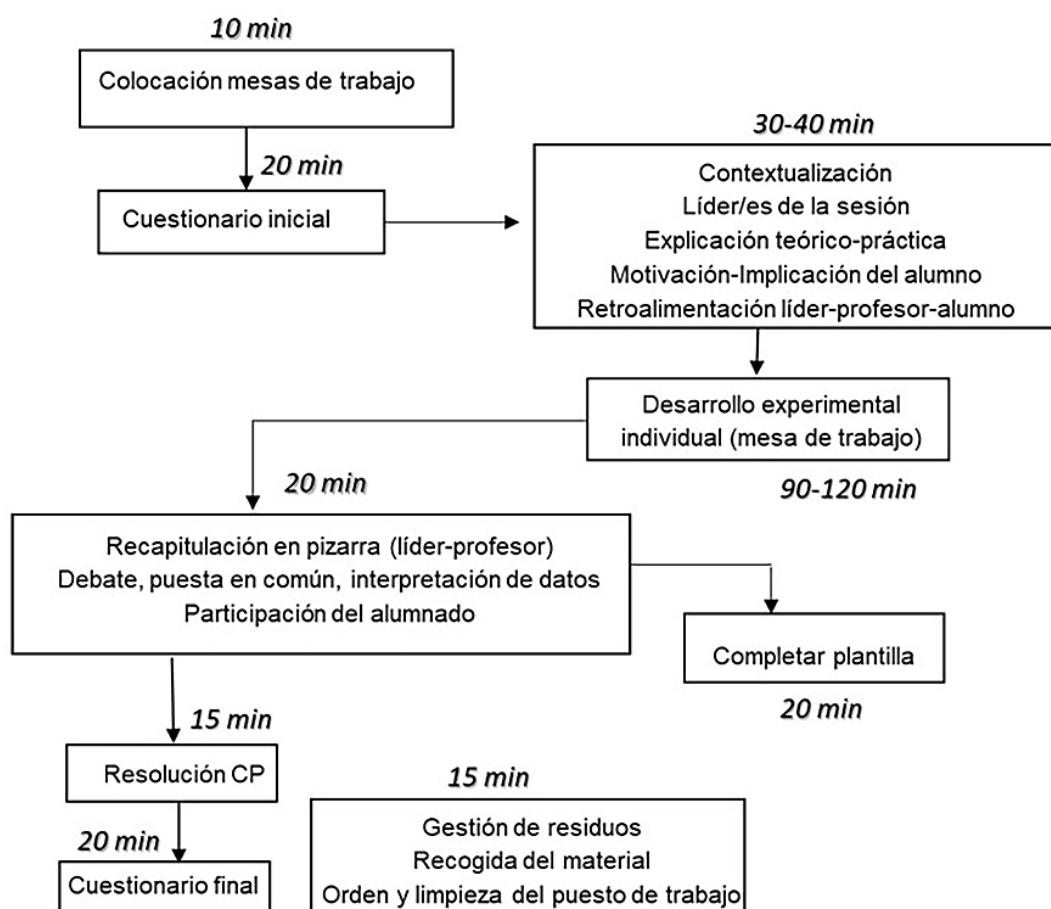


Figura 2. Modelo metodológico clases presenciales.

El modelo metodológico empleado para las clases *online* se muestra en la figura 3:



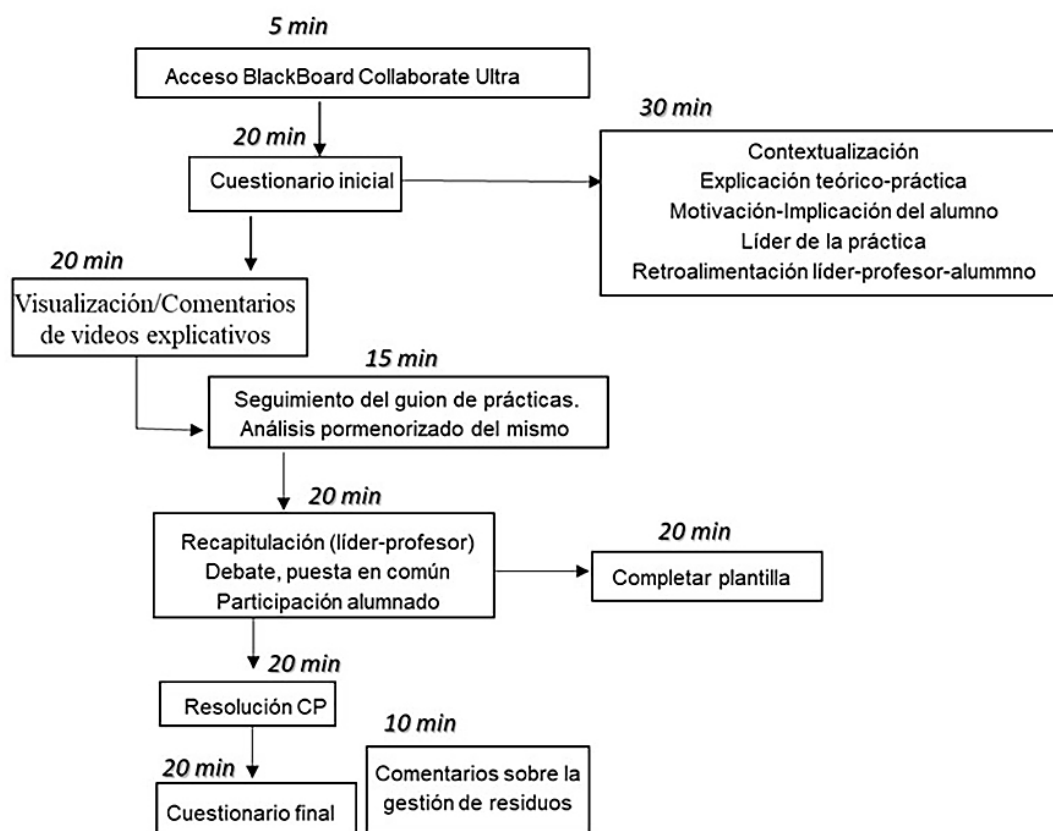


Figura 3. Modelo metodológico clases online.

Se muestra detalladamente la secuencia de actividades programada para la práctica presencial Separación por extracción (6 horas), secuencia fundamental para afianzar la dinámica de trabajo (De Alba-Fernández y Porlán-Ariza, 2017).

1ª Sesión: 4 horas. Los tiempos son estimados.

- Los alumnos se colocan en sus mesas de trabajo con los equipos de protección individual (EPIs): 10 min.
- Cuestionario inicial: 20 min.
- Sorteo para seleccionar a los dos líderes de la práctica: 5 min.
- Los dos líderes se encargarán de contextualizar la práctica haciendo hincapié en las reacciones ácido-base implicadas, en el material utilizado y en las técnicas experimentales (Palleros, 2000). Se preguntará al alumnado y se valorará su participación: 40 min.
- Realización del experimento en el puesto de trabajo (individualmente): 120 min. Las dudas de los alumnos irán dirigidas en primer lugar al líder. Se valorará su grado de implicación.
- Residuos, limpieza del material y del puesto de trabajo: 15 min.

2ª Sesión: las dos primeras horas de esta sesión se dedicarán a terminar la práctica.

- Los alumnos se colocan en sus mesas de trabajo: 10 min.
- Sorteo para seleccionar a los dos líderes: 5 min.
- Recapitulación (por parte del líder/profesor) en la pizarra: 10 min.
- Separados los compuestos de la mezcla se procederá a su tratamiento mediante diferentes técnicas para su entrega: 20 min.
- Explicación por parte de un líder la finalidad del rotavapor: 10 min.
- Explicación por parte del segundo líder de la técnica cromatografía en capa fina (ccf): 10 min.
- Realización de la ccf y visualización (lámpara UV): 10 min.
- Interpretación de resultados, puesta en común de todos los datos obtenidos (retroalimentación alumno-profesor): 10 min.
- Completar plantilla: 20 min.
- Completar un ejercicio final de caso práctico (CP) que servirá de recapitulación y que formará parte de la evaluación continua: 15 min.
- Este ejercicio será corregido por otro compañero: 5 min.
- Cuestionario final: 20 min.

Las plantillas (informe breve) que fueron incluidas por primera vez en el CIMA realizado en 2018 (Sánchez-Fernández, 2018), 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 CPs que se realizan en algunas prácticas a modo de resumen/recapitulación.

A continuación, se muestra a modo de ejemplo la secuencia de actividades programadas para la práctica *online* Aislamiento del eugenol.

- Acceso a la plataforma virtual BlackBoard Collaborate Ultra: 5 min.
- Cuestionario inicial: 20 min.
- Sorteo para seleccionar a los dos líderes de la práctica: 5 min.
- Visualización del video/s relacionados con la práctica: 10 min.
- Comentarios/curiosidades sobre el video/s: 10 min.
- El líder contextualizará la práctica: finalidad industrial: 10 min.
- El líder explicará la técnica experimental empleada: 15 min.
- El segundo líder abordará la explicación de la separación del eugenol del resto de los componentes de la mezcla. Se usarán diagramas de separación a través de la pizarra de la plataforma: 20 min.
- Se analizarán todos los pasos que indica el guion: 15 min.
- Completar plantilla: 20 min.
- Completar el CP a modo de resumen: 20 min.
- Cuestionario final: 20 min.
- Gestión de residuos: 10 min. Este tema se seguirá tratando ya que resulta esencial para la formación del alumnado.



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

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, Convocatoria de Apoyo a la Coordinación e Innovación Docente, del cual fui la coordinadora. Dado el éxito de esta actividad en el CIMA anterior (Sánchez-Fernández, 2020), proponía mantenerla en el desarrollo de este CIMA. El resto de profesores de los diferentes grupos también la han incorporado en sus clases. La única peculiaridad con respecto a CIMAS anteriores es que esta CPA se ha realizado *online*. Es sumamente importante el trabajo previo del alumno para que la CPA sea productiva, y así se lo traslado reiteradamente al alumnado.

4 horas para la realización de una prueba oral de formulación *online*. 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 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 *online* está pensada para que tomen conciencia de la necesidad de adquirir esta competencia. 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.

Cuestionario inicial-final

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 presencial P1: Separación por extracción.
 1. ¿Cuál es el objetivo final de esta práctica?
 2. ¿En función de qué se separan los componentes de la muestra?



3. Indique la estructura de los compuestos presentes en la mezcla.
 4. ¿Qué técnica utilizaría para comprobar si un compuesto está puro?
- Práctica presencial P2: Síntesis de difenilmetanol.
 1. ¿A qué familia de compuestos orgánicos pertenece el compuesto de interés? ¿Y su precursor? ¿Conoce sus estructuras químicas?
 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 virtual P3: Aislamiento del eugenol del clavo.
 1. ¿Qué tipo de compuesto orgánico es el eugenol?
 2. ¿Qué interés industrial presenta su aislamiento?
 3. ¿El eugenol presenta carácter ácido, básico o neutro?
 4. ¿Qué tipo de disolución acuosa emplearía para separar eugenol del resto de componentes presentes en el clavo?
 5. ¿Qué similitud presentan los compuestos 1-naftol y eugenol?
 - Práctica virtual P4: Aislamiento y purificación de 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?
 4. ¿Qué técnica se emplea para su purificación?
 - Práctica virtual P5: Preparación y uso de índigo.
 1. ¿Qué es el índigo y qué aplicación industrial presenta?
 2. ¿Había escuchado antes algo sobre este compuesto o derivados?
 3. ¿Qué reactivos se necesitan para preparar índigo en el laboratorio?
 - Práctica virtual P6: Reciclado químico del poli (etilén tereftalato).
 1. ¿Por qué se emplea en esta práctica una botella de plástico?
 2. ¿Por qué se utiliza el calentamiento a reflujo?
 3. ¿Por qué se habla de reciclado químico?
 4. ¿A qué familia de compuestos pertenece el compuesto preparado?

Aplicación del CIMA

La importancia de la participación/motivación del alumnado en el día a día de la asignatura es crucial. En el CIMA realizado durante el curso académico 2018/19 (Sánchez-Fernández, 2020) insistía en la idea de trabajo



previo por parte del alumnado y de su implicación. Para ello proponía que cada alumno fuera líder de una de las prácticas. El líder de una práctica se debía preparar previamente la misma, asimilando la información para después poder ser capaz de conducir/dirigir a sus compañeros en su desarrollo experimental. Decía Albert Einstein *No entiendes realmente algo a menos que seas capaz de explicárselo a tu abuela*. El líder llevaba el ritmo de la clase, siempre con la ayuda del profesor. Cada alumno fue líder de una práctica que el profesor les había asignado previamente. Los resultados fueron muy positivos. El aspecto negativo es que el alumno solo se implicaba en la práctica en la que iba a ser líder. Cuando no era líder no se preparaba el tema, siendo esta 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, pero sin asignar las prácticas. Así, en la misma sesión, a través de un sorteo no excluyente se sabría quién lideraría el grupo. De esta forma todos los alumnos han debido prepararse todas las prácticas. Este año y como novedad, los alumnos cuentan con una serie de videos fruto de un proyecto concedido dentro de la Convocatoria Dotación y Mejora de Recursos para la Docencia (III Plan Propio de Docencia, 2020), del cual he sido coordinadora. El objetivo de este proyecto ha consistido en la producción de videos didácticos de prácticas. Todos ellos están disponibles en la siguiente dirección: <http://sav.us.es/index.php/novedades/151-nueva-serie-de-videos-didacticos-tecnicas-basicas-en-un-laboratorio-de-quimica-organica>.

Relato resumido de las sesiones

Tanto las sesiones prácticas presenciales como las sesiones *online* 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 muy largas, sobre todo para las sesiones virtuales, en las que mantener la concentración y la atención del alumnado es la principal premisa. De ahí la figura de líder que se viene aplicando, 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. Las clases *online*, 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. Los videos explicativos han resultado una herramienta esencial.



Evaluación del aprendizaje de los estudiantes

La evolución de los estudiantes se ha analizado en base a los cuestionarios iniciales-finales y a su actuación frente al liderazgo. Los resultados se han plasmado en dos tablas. La tabla 1 corresponde a las clases prácticas presenciales (5 alumnos) y la tabla 2 a las clases *online* (10 alumnos).

Tabla 1. Evaluación de las prácticas presenciales P1 y P2

	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 del papel desempeñado por el líder. ^b El sujeto 1 ha sido líder en dos ocasiones. ^c La calificación entre paréntesis corresponde al cuestionario final. ^d El sujeto 3 no ha resultado líder.

^e La calificación del líder se muestra en negrita.

Tabla 2. Evaluación de las prácticas virtuales (P3-P6)

	P3 Eugenol	P4 Licopeno	P5 Índigo	P6 PET	Calificación Docente	Prueba Formulación
Sujeto 1 (Líder P3)	5 (9)	7 (8,5)	6,5 (8)	6 (8)	7	Positiva
Sujeto 2 (Líder P6)	7,5 (9)	6 (10)	7 (9)	4 (7)	8	Positiva
Sujeto 3	3 (5)	5 (7)	4 (6)	3 (6)	–	Negativa
Sujeto 4 (Líder P4)	5 (8)	6 (8)	6 (9)	2 (7)	6	Positiva
Sujeto 5 (Líder P3)	4 (9)	5 (10)	6 (9)	5 (8,5)	7,5	Positiva
Sujeto 6 (Líder P5)	5 (8)	2 (8)	5 (6,5)	3 (7,5)	5	Positiva
Sujeto 7 (Líder P6)	4 (8)	7 (10)	6 (7)	5 (7,5)	6	Positiva
Sujeto 8 (Líder P4)	6 (7)	2 (7)	3 (7)	4 (6)	5	Negativa
Sujeto 9	0 (4)	5 (7)	3 (7)	2 (5)	–	Negativa
Sujeto 10	3 (8)	4 (8)	6 (9)	6 (8,5)	–	Positiva



Es evidente una evolución positiva del aprendizaje del estudiantado, siendo líder o no. El sorteo no excluyente motiva al alumno a trabajar todas las sesiones, principal objetivo de este CIMA. Hay alumnos que no han sido seleccionados en ninguno de los sorteos, pero su evolución es igualmente positiva. En las siguientes figuras se muestran las escaleras de aprendizaje de una práctica presencial (figura 4) y una práctica virtual (figura 5). En la figura 4 se observa que dos alumnos, los sujetos 1 y 2, han alcanzado el nivel 4. Aunque el sujeto 4 no ha alcanzado este peldaño aun siendo líder, su evolución ha sido considerable. En la figura 5 se observa que aunque ningún alumno ha llegado a alcanzar el último peldaño, hay una evolución de todos, estando los dos líderes entre el grupo de alumnos que ha alcanzado un conocimiento avanzado del tema.



Figura 4. Escalera de aprendizaje P1 presencial.



Figura 5. Escalera de aprendizaje P6 virtual.



Evaluación del CIMA

Pensar que las clases de una asignatura de carácter práctico se tendrían que realizar a través de la plataforma virtual resultaba aterrador. El desconocimiento de cómo sería el transcurso de esas clases generaba cierta inquietud e incertidumbre. Si bien es cierto que no es la situación ideal y que unas clases prácticas han de realizarse en un laboratorio, lugar en el que el alumno se enfrenta a situaciones reales, la experiencia ha resultado positiva en su conjunto.

Aspectos a mantener o cambiar en un futuro CIMA

Aunque los videos explicativos surgieron para hacer frente a la disminución de horas de prácticas de cara a la pandemia, es obvio que se van a seguir utilizando en asignaturas de carácter práctico. 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.

Principios Docentes para el futuro

El alumno ha de ligar los conocimientos teóricos con los conocimientos prácticos que proceden de las vivencias en el laboratorio. Las experiencias vividas en el mismo 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. La figura del alumno y la figura del docente han de estar continuamente interconectadas, la primera como 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. 37-53). Morata.
- Loudon, G. M. (2002). *Química Orgánica*. Editorial Oxford University Press.
- Palleros, D. R. (2000). *Experimental Organic Chemistry*. John Wiley & Sons.
- Rivero, A. y Porlán, R. (2017). La evaluación en la enseñanza universitaria. En R. Porlán (Coord.), *Enseñanza universitaria. Cómo mejorarla* (pp. 73-91). Morata.
- 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). Editorial de la Universidad de Sevilla. <http://dx.doi.org/10.12795/JDU.2018.i01.43>

Sánchez-Fernández, E. M. (2020). El liderazgo como herramienta útil del alumnado en su proceso de aprendizaje. En R. Porlán, E. Navarro y A-F. Villarejo (Coords.), *Ciclos de mejora en el aula. Año 2019. Experiencias de innovación docente de la Universidad de Sevilla* (pp. 955-977). Editorial de la Universidad de Sevilla. <http://dx.doi.org/10.12795/9788447221912.042>

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



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