

¿Cómo enseñar Química Orgánica?

How to teach Organic Chemistry?

Juan Vázquez Cabello

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1812-7347>

Universidad de Sevilla

Departamento de Química Orgánica

cabello@us.es

DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/9788447225408.089>

Pp.: 1349-1366



Resumen

La asignatura de Química Orgánica del grado de Bioquímica es de nuevo la asignatura elegida para el ciclo de mejora al igual que en el curso 2021/22. En este Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA), he continuado en la línea de lo trabajado en el curso anterior, en los dos primeros temas. Estos temas se trabajaron en base al aprendizaje cooperativo y la gestión de grupo como ejes fundamentales del aprendizaje dados los buenos resultados obtenidos en el curso anterior.

En el tema 3 es donde se realizó el primer cambio importante respecto al curso anterior, llevándose a cabo una mezcla de aula invertida con la ayuda de vídeos de la plataforma JoVE Science Education, de clase magistral con intervención del alumnado en la pizarra resolviendo ejercicios y resolución de problemas de forma autónoma por parte del alumnado al final del tema. Adicionalmente a lo comentado, tanto en el tema 3 como en el 4 (que se incorpora este año), se solicitó al alumnado un vídeo de no más de 2 o 3 minutos, que pudieron preparar de forma individual o grupal de cualquier parte del tema, pero que fue individual en su entrega.

Palabras clave: Química orgánica, grado en bioquímica, docencia universitaria, desarrollo profesional docente, clase invertida.

Abstract

The Organic Chemistry subject of the Biochemistry degree is again the subject chosen for the improvement cycle as in the academic year 2021/22. In this *Improvement Cycle in Classroom-ICIC*, I will continue along the lines of what was worked on in the previous year, in the first two issues. These topics were based on cooperative learning and group management as the fundamental axes of learning, given the good results obtained in the previous course.

The first major change was made in theme 3, with a mixture of a flipped classroom with the help of videos from the JoVE Science Education platform, a master class with student intervention on the blackboard solving exercises and independent problem solving by the students at the end of the topic. In addition, both in topic 3 and 4 (which is being incorporated this year), students were asked to make a video of no more than 2 or 3 minutes, which they could prepare individually or in groups of any part of the topic, but which was delivered individually.

Keywords: Organic chemistry, degree in biochemistry, university teaching y teacher professional development, flipped class.



Introducción

El programa Formación e Innovación Docente del Profesorado (FIDOP) se encuentra en su 10ª edición y su enorme éxito se demuestra con el número de participantes que se ha unido al mismo, así como el número de libros que se han generado (Porlán, 2017; De Alba y Porlán, 2020; Porlán y Villarejo-Ramos, 2022) además de los monográficos FIDOP. Esta metodología basada en los CIMAs tiene importantes ventajas en el proceso formativo y de evolución de la docencia del profesorado participante (Delord, Hamed y otros, 2020).

La asignatura en la que se ha aplicado el CIMA es, de nuevo, la Química Orgánica, tal como fue elegida en el curso 2021/22, perteneciente al Grado de Bioquímica. Esta asignatura pertenece al 1º cuatrimestre del 1º curso y es obligatoria (6 créditos ECTS), siendo de carácter teórico-práctico. Tiene varias dificultades que la hacen especialmente difícil a la hora de aplicar el CIMA, por una parte, incluye conceptos muy complejos para ser abordados en el primer cuatrimestre del primer año y, por otra parte, el grado de madurez de este alumnado no es el apropiado. En este CIMA, voy a seguir en la línea de lo trabajado en el curso anterior con respecto a los dos primeros temas. Estos temas se han seguido trabajando mediante la metodología de aprendizaje cooperativo y la gestión de grupo como ejes fundamentales del aprendizaje dados los buenos resultados obtenidos y la gran cantidad de contenidos actitudinales que adquieren de esta forma. El primer tema, en la mayor parte de los casos ha sido estudiado en el Bachillerato y por ello, su estudio por aprendizaje cooperativo no les resulta problemático. No obstante, el rechazo al aprendizaje cooperativo empieza en el tema dos dado que es un tema nuevo y no confían en sus compañeros para llevar a cabo el proceso de enseñanza. En todo caso, es un tema sencillo y por ello, las ventajas del aprendizaje cooperativo consiguen soslayar las reticencias iniciales del alumnado.

El primer cambio importante se llevó a cabo en el tema 3, que no se ha realizado por aprendizaje cooperativo dada la dificultad de este y las quejas de los estudiantes en las encuestas del curso anterior. En el tema 3 se ha llevado a cabo una mezcla de aula invertida con la ayuda de vídeos de la plataforma JoVE Science Education, de clase magistral con intervención del alumnado en la pizarra resolviendo ejercicios y resolución de problemas de forma autónoma por parte del alumnado al final del tema. Unos serán en base a series de problemas y otros extraídos de exámenes no resueltos. Adicionalmente a lo comentado, tanto en el tema 3 como en el 4 (que se incorpora este año), se le ha solicitado al alumnado un vídeo de



no más de 2 o 3 minutos, que han podido preparar de forma individual o grupal de cualquier parte del tema, pero que ha sido individual en su entrega. En el tema 3 y 4, los vídeos han abarcado todo el tema. La parte del tema que incluye el vídeo fue indicada por el profesor.

Diseño previo del CIMA

Este CIMA se ha realizado abarcando los 4 primeros temas de la asignatura y se corresponde a 37 horas abarcando 2 tipos de CIMAs. El primer CIMA incluye los temas 1 y 2 siendo la metodología igual para ambos (aprendizaje cooperativo y liderazgo de grupos) e igual para los dos últimos (aula invertida y vídeos). Los dos primeros temas, estructura de las moléculas orgánicas y estereoquímica, abarcan 7 horas cada uno. El tema 3 de reacciones y mecanismos en química orgánica abarca 20 horas y el tema 4, introducción a los métodos espectroscópicos de elucidación estructural, abarca 3 horas.

Mapas de contenidos y cuestionario inicial y final

En este CIMA se han trabajado 4 temas cuyos mapas de contenidos aparecen en las siguientes figuras. El tema 1 que trata sobre la formulación orgánica como lenguaje químico (figura 1), aborda la diversidad estructural y como nombrar y como formular los compuestos.

La numeración se corresponde con las preguntas clave y también con el cuestionario inicial/final.

1. *¿Sabrías representar una molécula?*
2. *ROH, RCHO, RCO₂H ¿Qué tienen en común?*
3. *¿Es importante nombrar y formular los compuestos orgánicos?*
4. *Enumera los grupos funcionales que conoces.*

En el caso del tema 2, se abordan los distintos modos de representación, así como la estereoquímica de los compuestos orgánicos y sus notaciones configuracionales (figura 2).



La formulación orgánica como lenguaje químico. Diversidad estructural

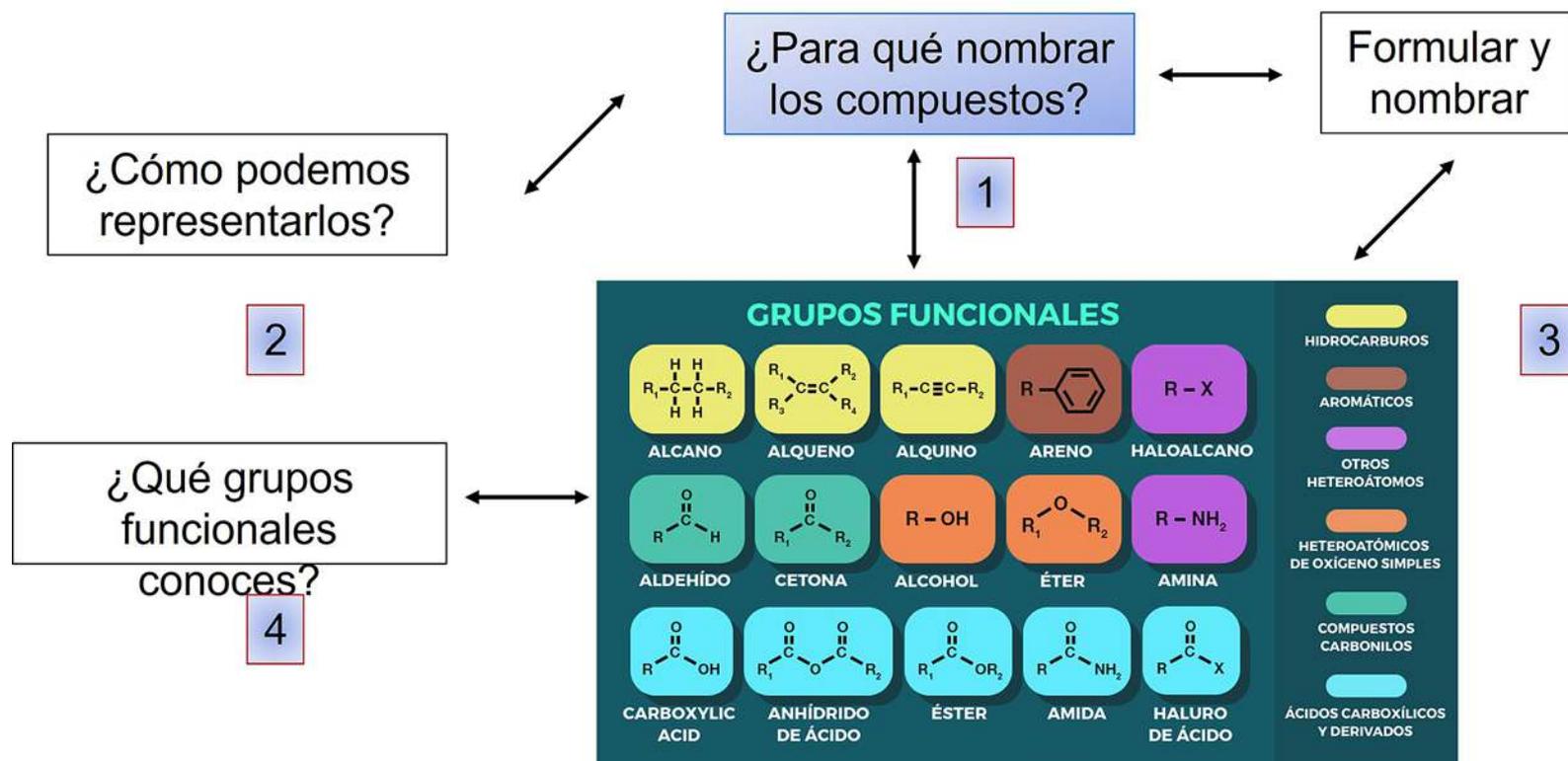


Figura 1. Mapa de contenidos del Tema 1. El gráfico representa las cuatro preguntas clave. Contenidos conceptuales: negro. Flechas: relaciones entre contenidos.



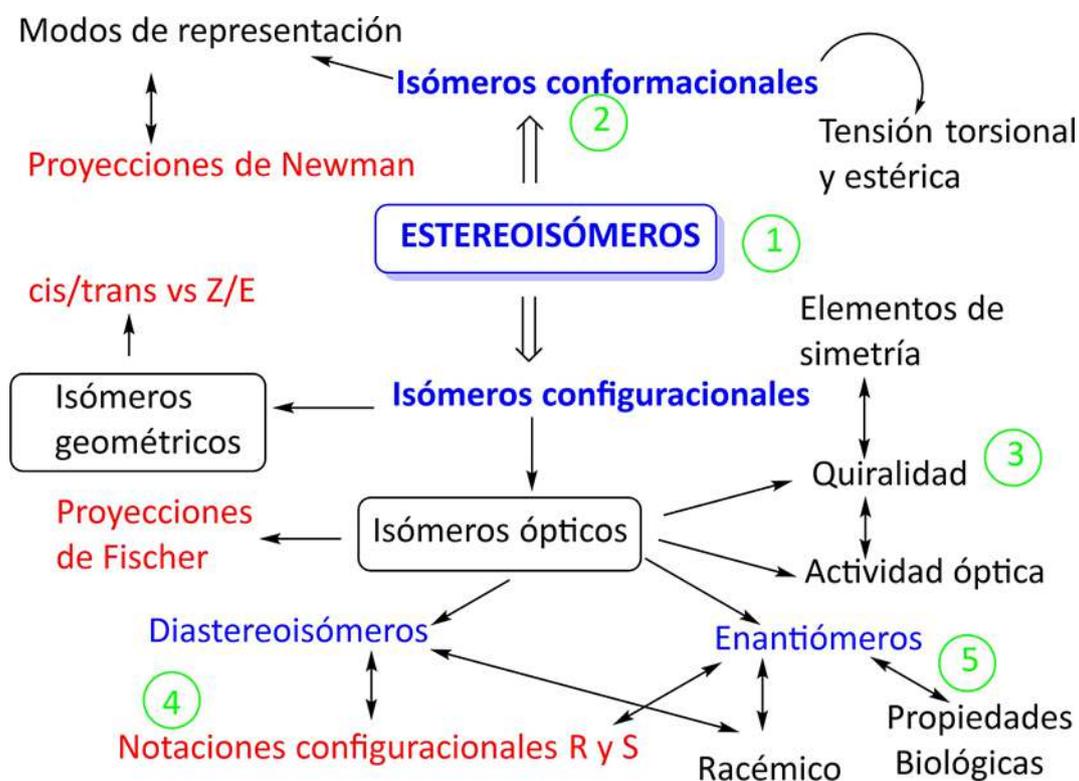


Figura 2. Mapa de contenidos del Tema 2.

La numeración se corresponde con las preguntas clave y también con el cuestionario inicial/final.

1. ¿El 2-bromobutano tiene estereoisómeros?
2. ¿Cuántos tipos de isómeros conoces?
3. ¿Has oído hablar de la quiralidad?
4. ¿Qué son las notaciones configuracionales R y S?
5. ¿La D y la L-Alanina son enantiómeros?

En el caso del tema 3 (figura 3), se estudia que determina que los compuestos orgánicos reaccionen de determinada manera y los mecanismos a través de los que transcurren.



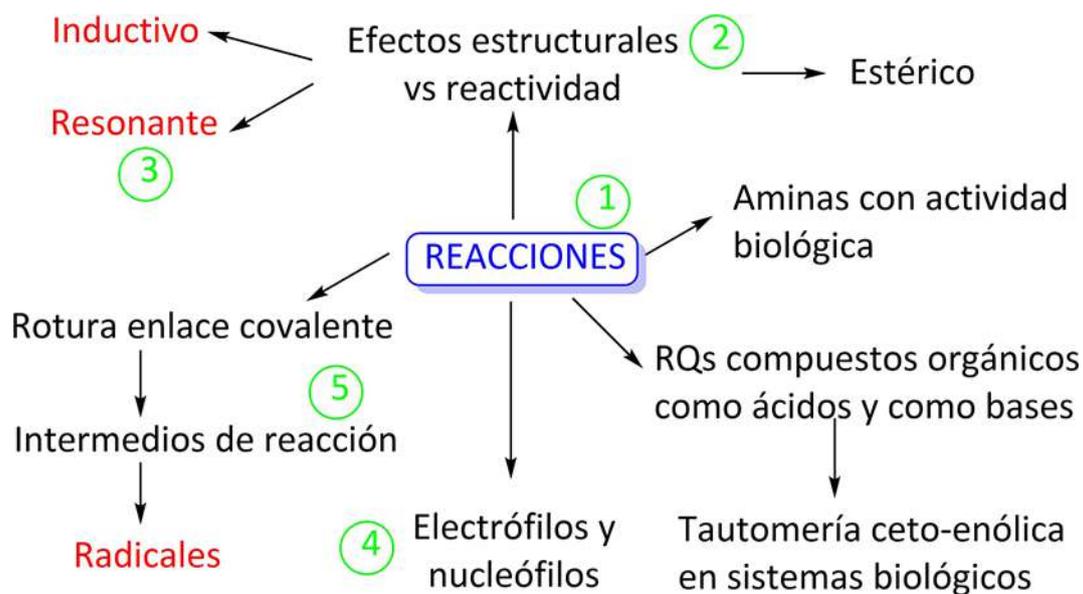
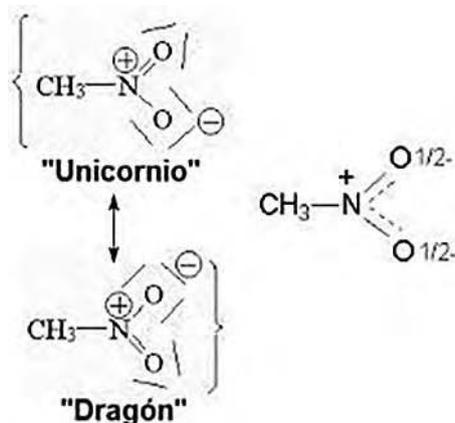


Figura 3. Mapa de contenidos del Tema 3-Reacciones.

La numeración se corresponde con las preguntas clave y también con el cuestionario inicial/final.

1. ¿Qué son para ti las reacciones orgánicas?
2. ¿Qué son los efectos electrónicos y estéricos?
3. ¿Qué te indica esta representación?



4. Define electrófilos (E^+) y nucleófilos (Nu^-)
5. ¿Qué relación existe entre un carbocatión y un carbanión?

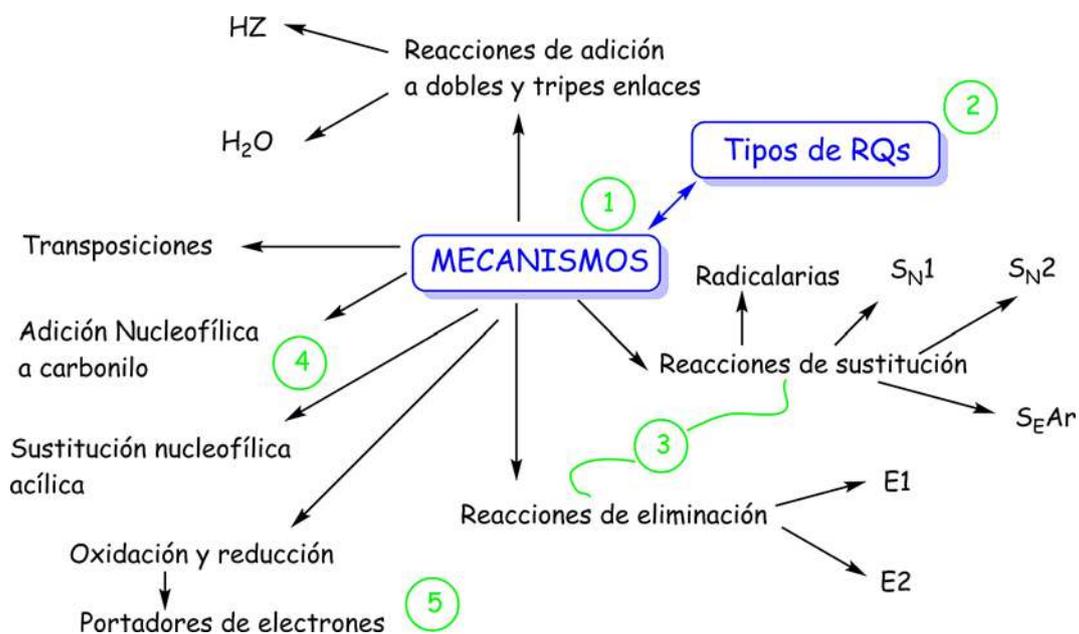
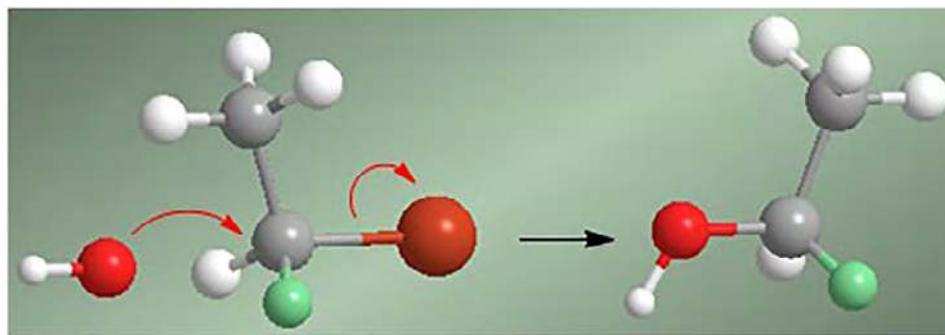
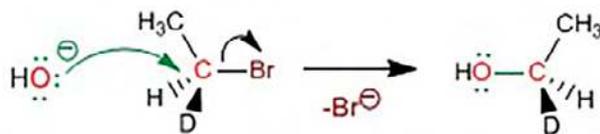


Figura 4. Mapa de contenidos del Tema 3 – Mecanismos.

La numeración se corresponde con las preguntas clave y también con el cuestionario inicial/final.

1. ¿Cómo describirías este esquema?



- ¿Qué tipo de reacciones conoces?
- ¿En qué se diferencian las reacciones de sustitución y de eliminación?
- ¿Qué diferencias tiene la reacción de un aldehído o una cetona con un nucleófilo con la de un ácido o derivado de ácido?
- ¿Son importantes las reacciones de oxidación-reducción en el organismo?



Finalmente, el tema 4 que solo abarca 3 horas, se caracteriza por ser muy novedoso dado que aborda la introducción a los métodos espectroscópicos de elucidación estructural (figura 4) y partiendo de una pregunta, ¿podemos ver las moléculas?, nos planteamos todo el tema.

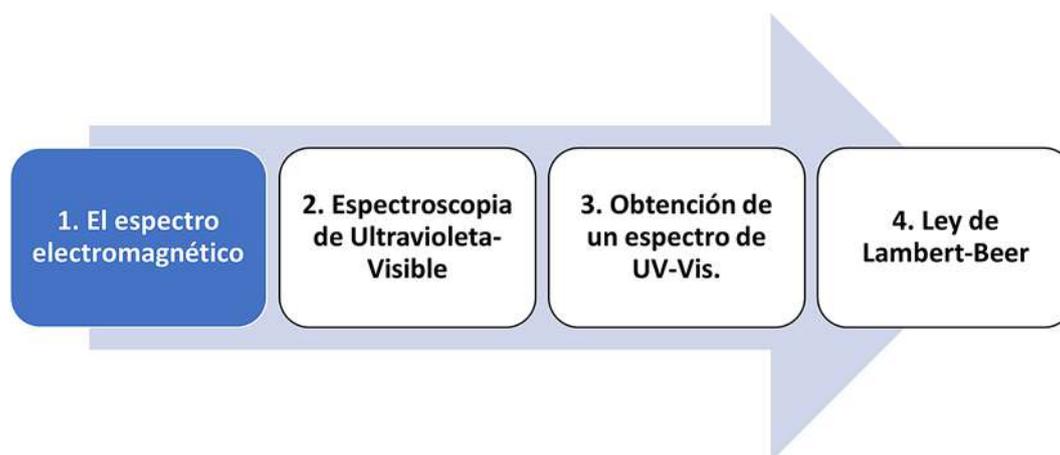


Figura 5. Mapa de contenidos del Tema 4.

Teniendo en cuenta la dificultad de las preguntas en los temas de química orgánica, si estas son fáciles al principio, cuando se hacen al final, no dan un resultado representativo de la evolución. Sin embargo, si se hacen difíciles al principio, serán razonables al final y tampoco será posible medir su evolución en las escaleras de forma eficiente. Por ello, voy a realizar un ensayo con cuestiones distintas al inicio y al final.

Cuestiones Iniciales:

1. *¿Qué es el espectro electromagnético?*
2. *La radiación infrarroja, ¿qué afecta en los átomos?*
3. *¿Cómo se podría averiguar la estructura de una molécula?*

Cuestiones Finales:

1. *¿En qué se basan los métodos espectroscópicos?*
2. *¿Qué tipo de espectroscopía se da si los tránsitos son electrónicos?*
3. *¿Conoces la ley de Lambert-Beer y su importancia?*

La respuesta a las preguntas claves o cuestiones iniciales-finales, han sido la referencia para averiguar los aprendizajes deseables en los 4 temas que componen este CIMA.



Modelo metodológico y dificultades encontradas

A lo largo de los últimos años, he ido aplicando el aprendizaje cooperativo. El último año la he aplicado a una asignatura de teoría abarcando 34 horas. Aunque el aprendizaje cooperativo es una metodología ampliamente desarrollada (Johnson, Johnson y otros, 1999), no funcionó bien con el tema 3 de reacciones y mecanismos. Según las encuestas a los estudiantes, la razón más probable de este fracaso es el grado de complejidad tan alto de este tema y su falta de confianza en poder explicarle bien a sus compañeros la parte que le correspondía. No obstante, la experiencia adquirida y la menor dificultad de los temas iniciales, sí que me ha permitido desarrollar esta metodología en los temas 1 y 2 (Vázquez, 2021; figura 6).

Estos dos primeros temas abarcan 7 horas cada uno y se distribuyeron en 5 horas dedicadas al trabajo cooperativo y 2 horas dedicadas a resolver problemas del tema trabajado por parte de cada uno de los componentes del grupo. Este año, han salido a la pizarra la mitad de los miembros del grupo en cada tema y como novedad respecto al año anterior, no estaba permitido consultar con los compañeros del resto del grupo. La organización respecto a lo que el modelo respecta, es muy sencilla dado que se dividen los 60 alumnos entre 4 y así salen 15 grupos. Estos grupos se han formado al azar a diferencia del año pasado que los formaron entre ellos. Aunque es cierto que no se conocen mucho, también es cierto que antes de empezar el grado, ya han formado un grupo de *Whatsapp* y he preferido que los grupos se formaran con personas que no tuvieran una relación previa entre ellos para así aplicar la gestión de grupos con todas las competencias que ello conlleva. Los grupos de expertos siguen siendo uno de los grandes problemas a gestionar, cada grupo se compone de 15 miembros y son difíciles de ubicar de forma razonable en el aula para que puedan trabajar de forma colaborativa. Este curso, a este problema se ha sumado el de la poca estabilidad de los grupos. Por un problema informático, quedaron muchas plazas vacantes y a pesar de ser el grado en bioquímica un grado donde las plazas se cubren desde el principio, este año el alumnado ha ido moviéndose a biotecnología o medicina, provocando continuos huecos en los grupos. La incorporación de nuevo alumnado en grupos que ya estaban trabajando ha sido bastante perjudicial para el trabajo de estos grupos.

En los temas 3 y 4, el modelo metodológico que se aplicó ha sido completamente distinto (figura 7). El modelo de los temas 1 y 2, ya comentado, está asentado y se trata de seguir mejorándolo. El de los temas 3 y el 4 es totalmente novedoso y se basa en el modelo de aula invertida (Prieto Martín, 2018) con la ayuda de vídeos de la plataforma JoVE Science Education.



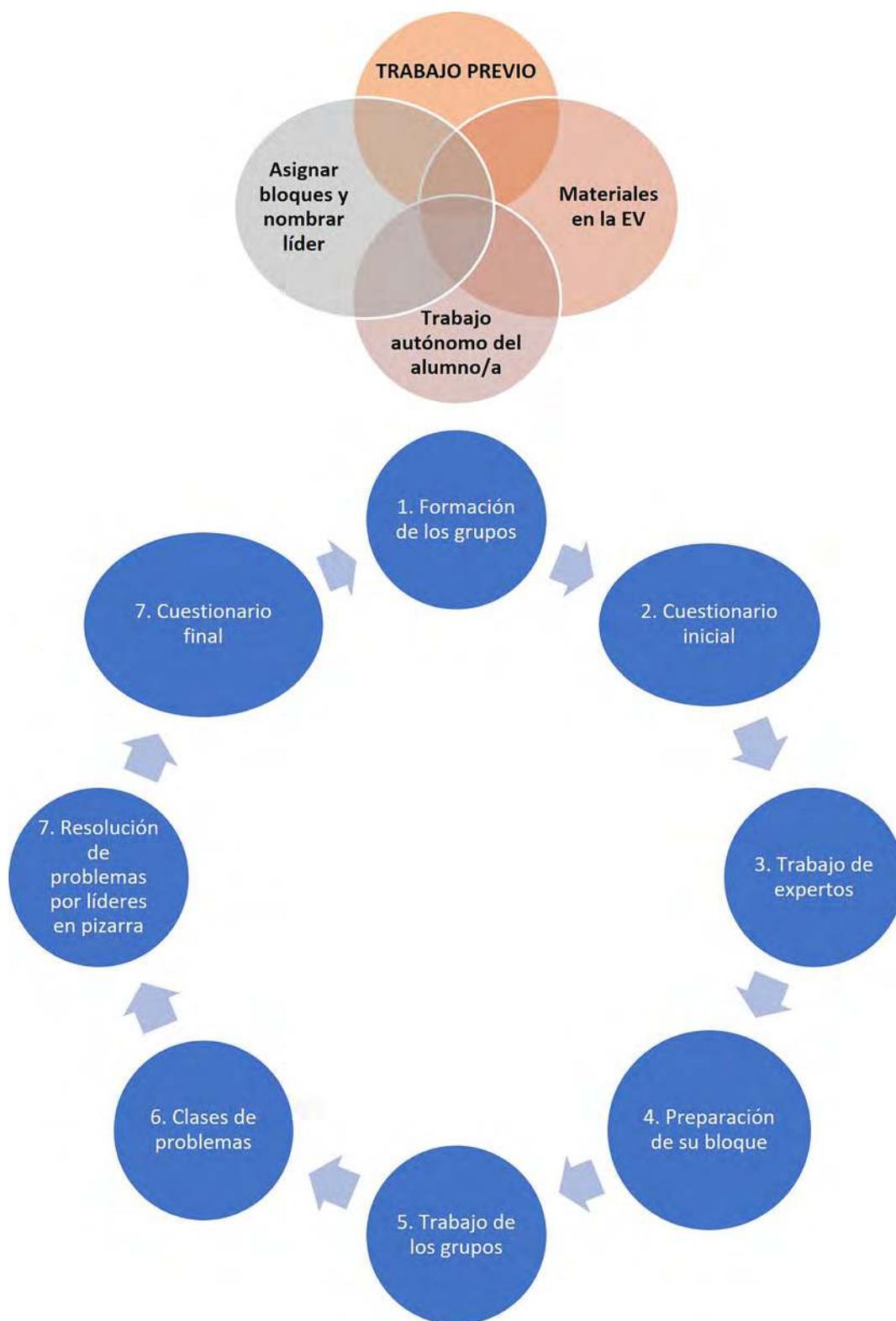


Figura 6. Modelo metodológico Temas 1 y 2.



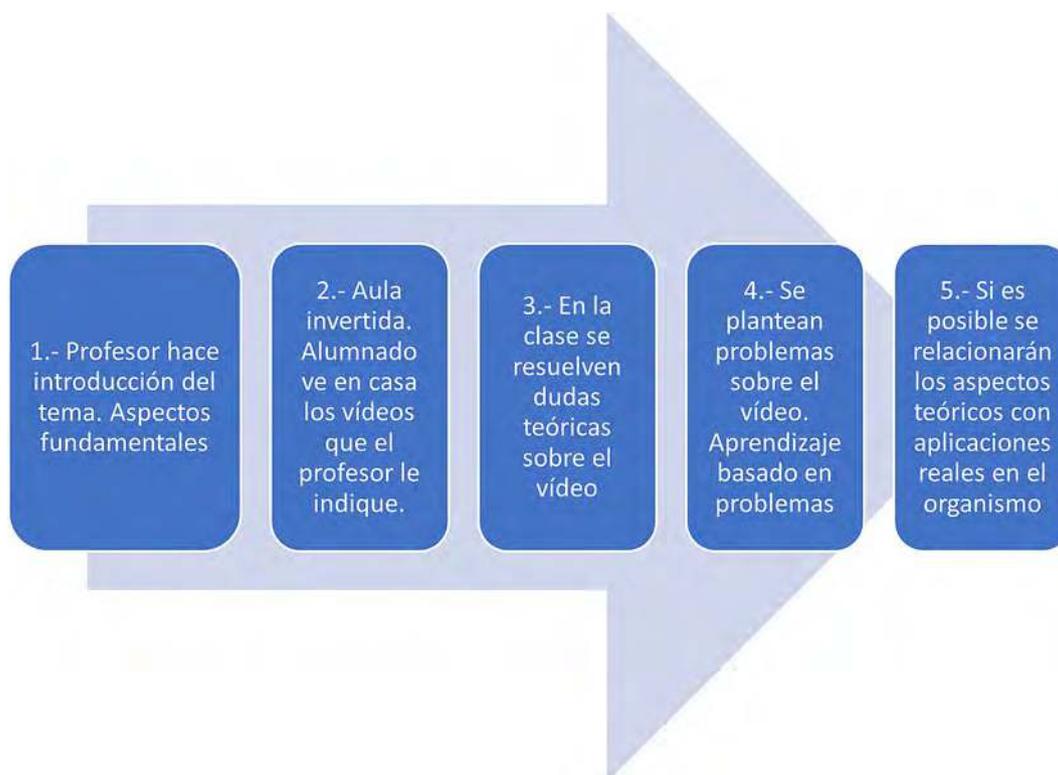


Figura 7. Modelo metodológico temas 3 y 4.

Secuencia de actividades

En la tabla 1 se detalla la secuencia de actividades utilizada para los dos CIMAs.

Tabla 1. Secuencia de actividades del CIMA en Química Orgánica

Actividad Tiempo	Descripción
PRIMER CIMA. TEMA 1, 1ª Sesión de 55 minutos	– Presentación de la asignatura con su nuevo modelo metodológico, así como hacer una pequeña presentación entre el alumnado para que se conozcan. Es importante, que la relación profesor/alumnado sea fluida y que se sientan cómodos desde el principio. Este primer día se les notificó los grupos aleatorios generados por la EV y eligieron el bloque A, B, C o D. Igualmente eligieron al líder.
2ª Sesión de 55 minutos	– Cuestionario inicial: 15 minutos. – El alumnado ya ha empezado a trabajar en casa y sigue en esta clase con la preparación de su bloque junto con el resto de los expertos de ese bloque: 40 minutos.



Actividad Tiempo	Descripción
3ª Sesión de 55 minutos	<ul style="list-style-type: none"> – La mitad de la clase debe utilizarse para terminar de formarse en el bloque correspondiente y en la resolución de dudas finales con el profesor. En este momento deben ser verdaderos expertos de su parte y así poder reunirse con sus compañeros de grupo para iniciar la formación del resto en el tema completo: 25 minutos. – El resto de la clase ya se emplea en la explicación dentro del grupo: 30 minutos.
4ª, 5ª y 6ª Sesión de 55 minutos cada una	<ul style="list-style-type: none"> – Las tres sesiones de clase teóricas finales se dedicaron a terminar el tema. Dada la novedad de la metodología van algo más despacio de lo que se va con una clase magistral, pero los beneficios en el proceso de aprendizaje son mucho mayores con el trabajo colaborativo.
7ª y 8ª Sesión de 55 minutos cada una	<ul style="list-style-type: none"> – Cuestionario Inicial del tema 2: 15 minutos. – El resto de estas dos últimas sesiones se dedicaron a la resolución de una hoja de problemas, previamente colgada en la plataforma y que el líder junto con otro compañero resolvió en la pizarra.
Tema 2: Estereoquímica (7 horas)	<ul style="list-style-type: none"> – Este TEMA es totalmente equivalente al anterior, con la salvedad de que la primera sesión no es ya necesaria pues el alumnado conoce perfectamente la dinámica de la clase y los grupos están ya formados. – En este caso, las 5 horas de preparación se dividieron en una clase y media para la formación de los expertos y tres clases y media para la explicación dentro de los grupos. Las dos horas finales para el examen de ejercicios en la pizarra por otros miembros del grupo distintos a los dos del tema primero.
SEGUNDO CIMA, Tema 3: Reacciones y Mecanismos (16 horas)	<ul style="list-style-type: none"> – Este CIMA es totalmente diferente a los anteriores. Este curso se cambió la dinámica de trabajo colaborativo a una dinámica donde el profesor hizo una pequeña introducción de lo que se vaya a abordar en la clase. Los aspectos fundamentales. – Es fundamental que el alumnado vea en casa los vídeos que el profesor le indique (Aula invertida), resolviéndose en clase las dudas sobre el vídeo. En caso de ser posible, se plantearán problemas sobre el vídeo (aprendizaje basado en problemas). – Se llevaron a cabo 2 sesiones de 55 minutos, a la mitad y al final del tema, para resolver problemas al estilo del anterior CIMA. Se sacaron a los alumnos de forma aleatoria y esta calificación sirvió de parte de evaluación para el tema. – Finalmente, el alumnado entregó un vídeo de forma individual de dos o tres minutos de cualquier parte del tema 3, aunque su preparación puede ser grupal. – Una mayor concreción de este tema es tremendamente complicada, tal como se pudo comprobar el curso pasado y en años anteriores con otras metodologías docentes. La dificultad que para el alumnado supone el tema, hace que sea necesario ir amoldándose al menos en parte a sus conocimientos previos y a como vaya evolucionando la asignatura.



Actividad Tiempo	Descripción
Tema 4: Introducción a los métodos espectroscópicos (3 horas)	<ul style="list-style-type: none"> – Este tema es muy simple y con pocas horas, así que la idea es llevar al extremo la nueva metodología de uso de vídeos por parte del alumnado. El profesor hizo una pequeña introducción del tema de no más de 30 minutos y luego con los materiales de la plataforma (vídeos JoVE, presentación ppt, bibliografía...), el alumnado entregó un vídeo de 2 o 3 minutos. De los 4 epígrafes del tema, se recibieron al menos varios vídeos que completan dicho epígrafe. Por tanto, el alumnado tendrá que ponerse de acuerdo en las partes a cubrir. La preparación de los vídeos puede realizarse involucrando a tantos compañeros como se estime oportuno. – Finalmente, se eligieron los mejores vídeos de cada apartado del tema y se proyectaron para que todos lo vean. Para terminar, se hizo un análisis de los aspectos teóricos y experimentales que se explicaron con el nivel adecuado. Los que tengan errores sistemáticos se comentaron para así evitarlos en el futuro.

Aplicación del CIMA

Relato resumido de las sesiones

El tema 1 sobre formulación y nomenclatura, ha sido estudiado en Bachillerato. Aunque no en todos los casos la profundidad es la misma, es suficiente como para que se sientan cómodos con el modelo de aprendizaje cooperativo. La preparación de este tema por los grupos de expertos se desarrolló de manera muy fluida y respecto al año anterior con un menor número de dudas. Solo la labor del líder en cada grupo es algo que claramente hay que mejorar pues no tienen claras sus funciones. Quizás es normal pues acaban de ingresar en el grado y no quieren sentirse distintos a sus compañeros y, por tanto, no quieren ejercer labores de líderes. La resolución de los problemas en la pizarra no solo ha sido fluida, sino que en porcentajes mayores del 95% ha sido acertada.

El tema 2 sobre estereoquímica, supone un cambio radical. La parte de los conceptos que aborda este tema, no son conocidos y en ese momento surgen las mismas dudas que el año anterior. Sienten que no son capaces de aprender bien su parte, es decir, hacerse expertos y sobre todo, no confían en los expertos de los otros bloques. En todo caso, y aunque estas son las impresiones de algunos alumnos en las encuestas, mi impresión es distinta. Es verdad que el porcentaje de problemas que aciertan en la pizarra baja al aproximadamente 85%, pero en los exámenes y tareas posteriores, es posible constatar que los conceptos del tema 2 han quedado bien asentados.



Desgraciadamente, en el tema 3 y 4, la mezcla de aula invertida con la ayuda de vídeos de la plataforma JoVE Science Education junto con la clase magistral, se terminó convirtiendo exclusivamente en esta última. La extensión del tema 3, la presión del alumnado con respecto al volumen y complejidad del temario y probablemente, mi falta de organización a la hora de establecer los plazos para ver los vídeos ha resultado en la imposibilidad de llevar a cabo esta metodología. No obstante, la entrega de vídeos de 2-3 minutos de los temas 3 y 4 si ha sido un rotundo éxito. Han apurado los plazos, pero todos han entregado su vídeo y han elegido el mejor vídeo de su grupo. Dentro de estos 15 mejores vídeos, elegí los tres mejores y aunque no creo que ese fuera el principal aliciente, sí que se nota que es un mundo en el que se manejan bien y la mayoría de los vídeos aportan matices interesantes.

Evaluación del aprendizaje de los estudiantes

El análisis del aprendizaje se realiza mediante el uso de escaleras de aprendizaje, con respuestas de desarrollo, pero acotadas (De Alba y Porlán, 2017). Se establecen unos niveles de evolución en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes con el objetivo de evaluar el grado de aprendizaje después del desarrollo de cada uno de los temas. Estas escaleras de aprendizaje se realizan para los temas 1 al 4, quedando esta evaluación reflejada en las figuras 8 al 11.

El análisis de la escalera del tema 1 (figura 8), resulta llamativo respecto a la escalera del curso anterior (Vázquez, 2021) dado que el resultado del test inicial y final es mucho más favorable. En mi opinión, esto se debe a las preguntas de formulación de química orgánica de la PeVAU, que ha llevado una mayor formación de este tema en el Bachillerato.

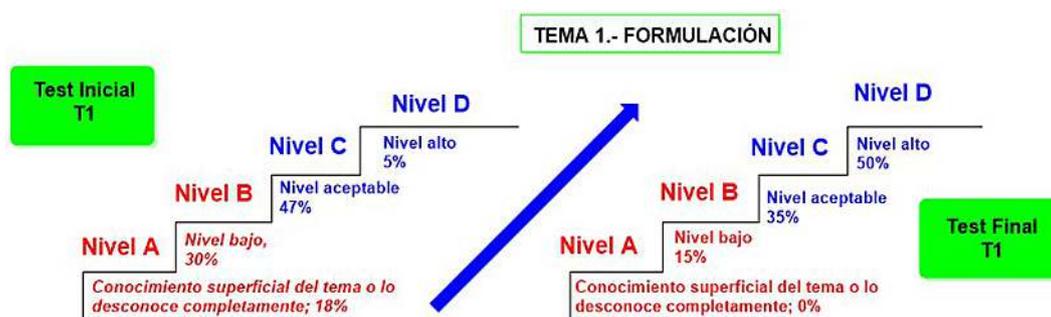


Figura 8. Escalera de aprendizaje Tema 1.



En el caso del tema 2, desconocido totalmente para ellos, se observa que al principio el 80% del alumnado está en el nivel A lo que corroboró lo que se podría pensar. No obstante, en el test final el 65% alcanzó niveles aceptables o altos. Por tanto, se demuestra una clara evolución de todos los estudiantes.



Figura 9. Escalera de aprendizaje Tema 2.

En el caso del tema 3, la figura 10 muestra la extrema dificultad y el gran desconocimiento que tienen del mismo. Es obvio según la escalera que han progresado bastante pero también está claro que las clases magistrales y la resolución de problemas no son herramientas suficientes para alcanzar niveles razonables de aprendizaje. La clase invertida con los vídeos de JoVE estoy convencido hubiera solventado parte de estos problemas de aprendizaje, pero no he conseguido que el modelo se aplicara.



Figura 10. Escalera de aprendizaje Tema 3.

En el caso del tema 4, la figura 11 muestra que el desconocimiento inicialmente no era tan grande como en el tema 3, pero, sobre todo, el test final demuestra que la impartición con clases magistrales y vídeos permite conseguir un buen aprendizaje, llegándose al 70% del alumnado entre los niveles aceptables y alto.





Figura 11. Escalera de aprendizaje del Tema 4.

Evaluación del CIMA

Aspectos a mantener o cambiar en un futuro CIMA

La evaluación del CIMA fue muy positiva respecto a los temas 1, 2 y 4. La metodología de aprendizaje cooperativo sigue siendo tremendamente efectiva para los temas de una complejidad razonable y el tema 4 al ser tan corto (3 horas), y con el uso de los vídeos, ha permitido un aprendizaje muy positivo. Los estudiantes han seguido la asignatura día a día, pues, en sus propias palabras, esta metodología de trabajo implica estar totalmente al día con el temario y realizar un seguimiento diario de la asignatura. La responsabilidad de tener que explicar a sus compañeros el bloque que les correspondía, ha supuesto responsabilizarse de la materia y acudir a tutorías, aunque en un número menor que el año anterior. La dinámica de elección de grupos al azar se ha mostrado positiva y la elección de los bloques sigue siendo uno de los principales problemas, dado que algunos necesitaban conceptos del anterior. Una de las cuestiones mejor valoradas por los estudiantes es el trabajo en grupo y las relaciones personales que se establecen. Sin embargo, en el caso del tema 3, el aula invertida ha sido un fracaso y será necesario en un futuro reducir el volumen del tema, así como programar mucho mejor la visualización de los vídeos y su discusión posterior en clase.

Finalmente, respecto a los vídeos, han sido un gran acierto para el aprendizaje del tema 4 y para comenzar a ejercitarse en su formación expositiva.

Principios Docentes para el futuro

Como se puso de manifiesto en el CIMA del curso anterior y en este, el alumno tiene que hacerse responsable de su propio aprendizaje, hacerse líder del grupo y docente frente a sus compañeros. El rol docente, no solo

