

Experimentando un nuevo modelo de enseñanza-aprendizaje aplicado a la estereoquímica

Experiencing a new teaching-learning model applied to stereochemistry

Química

VICTORIA VALDIVIA GIMÉNEZ

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3534-7074>

Universidad de Sevilla. Departamento de Química Orgánica y Farmacéutica

vvaldivia@us.es

Resumen. En esta comunicación se expone el proceso de aplicación de un nuevo modelo de enseñanza-aprendizaje cuyo objetivo es incentivar el conocimiento de *estereoquímica* (la química en tres dimensiones) por parte de alumnos de primer curso del grado en Farmacia. Para ello, se diseñó un modelo metodológico y un mapa de contenidos que permitió obtener las preguntas clave o estructurantes del tema. Seguidamente, se diseñaron una serie de actividades para trabajar en grupo con el objetivo de incentivar a los estudiantes a comprender y aprender los puntos principales del tema. La evaluación del nivel de aprendizaje de los alumnos se realizó mediante escaleras de aprendizaje, elaboradas a partir de un cuestionario con las preguntas clave que los alumnos respondieron al inicio y al final de la aplicación del ciclo de mejora en el aula (CIMA) y que mostraron ser una herramienta útil tanto para conocer el nivel inicial de conocimiento de los alumnos y sus obstáculos de aprendizaje, como para conocer su evolución después de realizar las actividades. Dicha evolución fue significativamente positiva en todos los casos. Finalmente, el 83% de los estudiantes valoró positivamente el CIMA en cuanto a su utilidad a la hora de trabajar, estudiar y comprender *estereoquímica*.

Palabras claves: Química orgánica I, farmacia, docencia universitaria, desarrollo profesional docente, estereoquímica.

Abstract. In this communication the application process of a new teaching-learning model is exposed, the objective of this model is to encourage first-year students of the Pharmacy degree to learn *stereochemistry* (chemistry in three dimensions). To do this, a methodological model and a content map allowed us to design the key or structuring questions of the subject. Next, a series of activities to work in groups were designed with the aim of encouraging students to understand and learn the main points of the subject. The evaluation of the students' learning level was carried out through the use of learning stairs, elaborated from a questionnaire with the key questions that the students answered at the beginning and at the end of the application of the improvement cycles in classroom (ICIC) and that showed to be a useful tool both to know the initial level of knowledge of the students and their learning obstacles, as well as to know their evolution after carrying out the activities. This evolution was significantly positive in all cases. Finally, 83% of the students valued positively this ICIC in terms of its usefulness when working, studying and understanding *stereochemistry*.

Keywords: Organic chemistry, pharmacy, university teaching, teaching professional development, stereochemistry.

Introducción

El CIMA recogido en esta comunicación responde al modelo descrito en Delord, Hamed y otros (2020) y se ha realizado en el contexto de la asignatura de *Química Orgánica*

I de primero del Grado en Farmacia. Los alumnos participantes pertenecían al grupo 4, de aproximadamente 60 personas, de las que acudían a clase una media de 40, que fueron las que realizaron la experiencia. La Química Orgánica I es una de las asignaturas que tradicionalmente se ha considerado como más complejas de la titulación de Farmacia y, además, desde hace unos años se imparte en el primer cuatrimestre del primer curso, cuando el alumnado probablemente no posee la madurez necesaria para asimilar los contenidos que se abordan. Todo ello, sumado a la necesidad de generar en los estudiantes capacidad de abstracción y visión tridimensional, fundamentales para la comprensión de la asignatura en general, y de los contenidos de este CIMA en particular, constituyen los principales obstáculos que se han tratado de superar a través de este nuevo modelo de enseñanza-aprendizaje.

Diseño previo del CIMA

Mapa de contenidos

Este CIMA se centra en la *estereoquímica*, la química en tres dimensiones, que además de ser un concepto muy complejo, consta de varios aspectos íntimamente relacionados entre sí y que deben ser explorados en profundidad. La importancia de dominar todo lo referente a la estereoquímica por parte de estudiantes de Farmacia se basa en que la interacción entre los fármacos y el organismo depende de la estructura tridimensional de las moléculas que los constituyen. Se trata, pues, de un contenido actitudinal y conceptual, que se estudia siguiendo una serie de procedimientos como los que se reflejan en el mapa de contenidos (Figura 1).

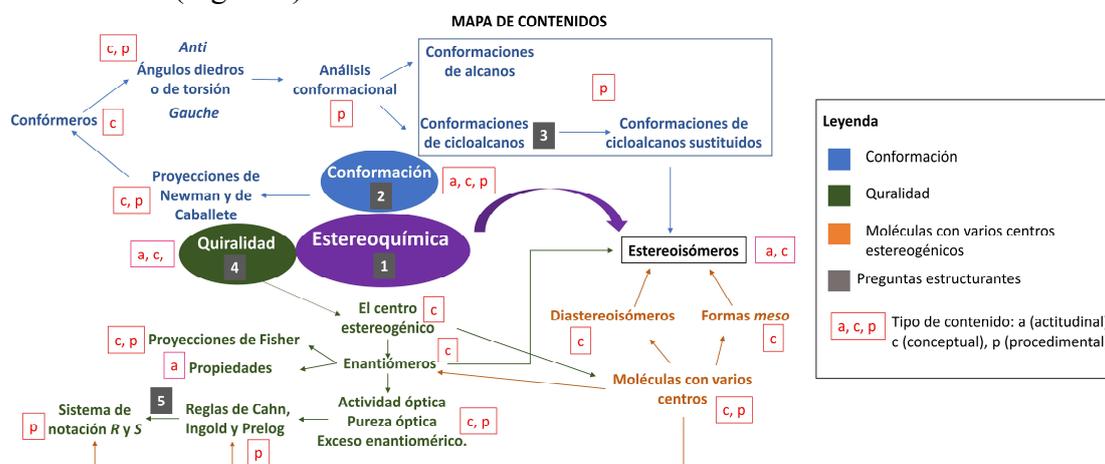


Figura 1. Mapa de contenidos y preguntas estructurantes

El color azul se corresponde con los contenidos relacionados con la *conformación*. El concepto de conformación hace referencia a los ordenamientos espaciales diferentes de una molécula que se generan por rotación en torno a enlaces sencillos. Las diferentes conformaciones de un compuesto se denominan *conformómeros*, por lo que su aprendizaje requiere que los estudiantes adquieran y entrenen su visión tridimensional. Para facilitararlo, los científicos han elaborado una herramienta fundamental: *las proyecciones de Newman y de caballete*, por tanto, uno de los requisitos fundamentales para el aprendizaje de la *estereoquímica* es conocer y saber utilizar dichas proyecciones, que son contenidos conceptuales y procedimentales. Partiendo de estos conocimientos, ya se podrá abordar el análisis conformacional de todas las moléculas, desde las más sencillas hasta las más complejas. Aplicando este procedimiento del análisis conformacional a un tipo concreto

de moléculas, los cicloalcanos disustituídos, los estudiantes se encontrarán con un primer tipo de *estereoisómeros*. Este concepto se refiere a compuestos que tienen la misma fórmula molecular, pero diferente orientación tridimensional de sus átomos en el espacio. Este hecho es fundamental para la interacción entre moléculas, por ejemplo, entre la molécula de un fármaco y su receptor en el organismo, por ello se trata también de un contenido actitudinal.

En color verde, se reflejan los contenidos relacionados con otro aspecto fundamental de la Estereoquímica que es el concepto de *quiralidad*. La quiralidad es la propiedad de un objeto (una molécula) de no ser superponible con su imagen especular, se trata de un contenido conceptual y actitudinal dado que la gran mayoría de las moléculas naturales son quirales. Las dos imágenes especulares se llaman *enantiómeros*, los enantiómeros son otro tipo de estereoisómeros y tienen propiedades diferentes, por ejemplo, puede ocurrir que uno de los enantiómeros de un fármaco sea activo y el otro inactivo o incluso tóxico. La causa más común de la quiralidad en una molécula orgánica es la presencia de un átomo de carbono unido a cuatro sustituyentes diferentes. En la actualidad estos carbonos son conocidos como centros quirales, aunque también se han utilizado otros términos para nombrar este concepto como estereocentro o *centro estereogénico*. Es fundamental que los estudiantes se familiaricen con estos contenidos y sean capaces de identificar tanto moléculas quirales como enantiómeros. Además, los compuestos quirales se caracterizan por ser los únicos con actividad óptica (capacidad de desviar el plano de luz polarizada un cierto ángulo) propiedad que permite diferenciarlos de los demás compuestos cuando se mide utilizando un equipo llamado polarímetro, por lo que se trata de un contenido conceptual y procedimental. La pureza óptica o *exceso enantiomérico*, son conceptos íntimamente relacionados con los anteriores ya que hacen referencia a las mezclas de enantiómeros, así, el exceso enantiomérico de una mezcla que contiene 50% de uno de los enantiómeros y 50% del otro, es 0, un solo enantiómero tiene una pureza óptica del 100%, una mezcla que contiene, por ejemplo, 80% de uno de los enantiómeros y 20% del otro tiene una pureza óptica del 60% y así sucesivamente. Se trata también de un contenido procedimental. Otros contenidos procedimentales relacionados con la quiralidad son las *proyecciones de Fischer*, las *reglas CIP* y el *sistema de notación R/S*. Las proyecciones de Fischer sirven para representar moléculas quirales, como los azúcares o los aminoácidos de las proteínas, las reglas CIP se idearon para establecer la prioridad de los sustituyentes unidos a un átomo de carbono y designar de forma inequívoca la disposición espacial de los átomos en los estereoisómeros. Por último, el sistema de notación *R/S* se utiliza para nombrar de forma diferente a los dos enantiómeros, uno de ellos es el *R* y el otro es el *S*.

En naranja se muestran los contenidos relacionados con moléculas con *varios centros estereogénicos*, estos contenidos surgen de aplicar todos los anteriores a este tipo de moléculas, por lo que son principalmente procedimentales. Lo más importante de esta parte del mapa de contenidos es entender que el número máximo de estereoisómeros de las moléculas con varios estereocentros es 2^n , donde n es el número de estereocentros, y que estos estereoisómeros pueden ser no solo enantiómeros sino también *diastereoisómeros* (estereoisómeros que no son enantiómeros) y las formas *meso* (estereoisómeros aquirales por presentar planos de simetría).

Estos tres grandes bloques de contenidos están íntimamente relacionados entre sí y el aprendizaje de uno de ellos no puede ser independiente del de los demás para conocer los aspectos fundamentales del tema y su relación con el mundo que les rodea.

Todos los contenidos se abordarán mediante preguntas estructurantes que también vienen reflejadas en el mapa con números dentro de un recuadro gris. Las diseñadas para

este tema y que serán respondidas por los estudiantes en un cuestionario inicial y final son las siguientes:

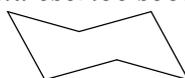
- ¿Qué diferencias puedes encontrar entre los carbonos de estas dos estructuras?



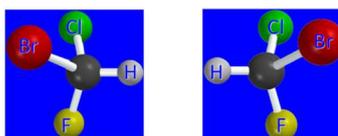
- Comenta las principales diferencias de las dos representaciones del etano que se muestran en este dibujo



- Este modelo representa el ciclohexano en tres dimensiones. ¿Es plano? ¿Por qué? Razona tu respuesta y en base a ella escribe sobre el modelo los enlaces C-H.



- Estás viendo una representación tridimensional del bromoclorofluorometano y su imagen especular. ¿Por qué crees que se podría afirmar que ambos dibujos representan compuestos distintos? ¿Cómo los nombrarías para diferenciarlos?



- Lo que ocurre en la pregunta anterior puede pasar también con las moléculas de los fármacos. ¿Qué consecuencias crees que podría tener la administración de manera indistinta de una u otra imagen especular?

Modelo metodológico y secuencia de actividades

El modelo metodológico que se refleja en la figura 2, se repitió de la sesión 2 a la 16 del CIMA con pequeñas modificaciones referidas a los tiempos de cada actividad.

En la sesión 1, los alumnos contestaron un cuestionario inicial con las preguntas estructurantes del tema y posteriormente se crearon los grupos de trabajo usando la herramienta *grupos* de la Enseñanza Virtual (EV), que permite que los miembros de un mismo grupo puedan crear *foros de discusión* y conectarse a una sala de Bb Collaborate para trabajar juntos *on line*.

Una vez finalizada la primera sesión, se fue publicando en la EV una serie de actividades, así como documentos a modo de guía y la bibliografía recomendada. Cada contenido fundamental se presentó en un vídeo al que tenían también acceso a través de la EV. Con este material y todo lo que tenían a su disposición (internet, libros, apuntes de años anteriores, etc) debían trabajar las actividades con el fin de resolver los problemas estructurantes antes de las sesiones y durante las mismas, como se refleja en el modelo metodológico. El papel de la docente en el CIMA ha consistido en elaborar el material de apoyo y los vídeos que, a modo de píldoras informativas, mostraban los principales procedimientos con ejemplos. Durante las sesiones, la docente moderó los debates que surgían, realizó aclaraciones y estuvo atenta al tiempo dedicado a cada actividad para que si era necesario se pudiera adaptar a las necesidades del alumnado.

MODELO METODOLÓGICO

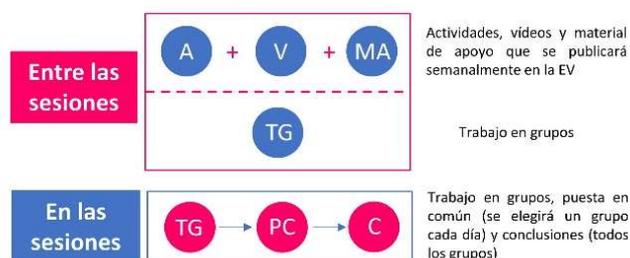


Figura 2. Modelo metodológico utilizado

Las actividades se publicaron en la enseñanza virtual a través de la herramienta *actividades*. Las sesiones de la 2 a la 7, trataron fundamentalmente el tema de las conformaciones, y mediante la realización de las actividades se pretendía dar respuesta a las preguntas 1, 2 y 3 del cuestionario. Así mismo, las sesiones de la 8 a la 12 trataron principalmente de la quiralidad molecular y se pretendía dar respuesta a las preguntas 1, 4 y 5 del cuestionario. Por último, las sesiones de la 13 a la 15 estaban dirigidas a trabajar sobre la quiralidad de compuestos con varios centros estereogénicos y en ellas se pretendía dar respuesta a las preguntas 1 y 5.

Para finalizar, en la sesión 16 los alumnos volvieron a responder el cuestionario con las preguntas estructurantes y por último se realizó una evaluación final del CIMA.

El resumen de esta secuencia de actividades que da sentido al modelo metodológico se muestra en la figura 3. Para el trabajo en grupo se indicó la función que debía cumplir cada miembro del grupo (a cada persona del grupo se le asignaba un número y a cada número una función que iba rotando en cada actividad), uno de ellos debía escribir las conclusiones consensuadas en un documento que se tenía que entregar a través de la EV (se especificaron los días de entrega), otra persona debía escribir en el documento la explicación a dichas respuestas, y otra actuar de portavoz del grupo durante la puesta en común, aunque a veces, si la actividad tenía varios apartados, cada apartado lo exponía un portavoz distinto. Todas estas funciones fueron rotando de modo que cada miembro del grupo, al final del CIMA, había pasado por todos los roles.

SECUENCIA DE ACTIVIDADES		
Etapa	Actividad	Tiempo
1	A través de la plataforma virtual se plantean las actividades	Antes de las sesiones del CIMA
2	Trabajar por grupos las actividades	Tiempo comprendido entre que se suben las actividades a la EV y cada sesión
3	Los grupos ultiman en clase las actividades que previamente han trabajado	10' aprox.
4	Se eligen los grupos para exponer las actividades, los demás grupos aportan consideraciones en un debate	40' aprox.
5	Se comentan y enumeran las conclusiones de cada actividad junto a la profesora	10' aprox.

Figura 3. Secuencia de actividades del CIMA

Aplicación del CIMA

Relato resumido de las sesiones

Este relato está dividido en cuatro semanas, ya que las dieciséis sesiones del CIMA se distribuían en cuatro horas cada semana, sin embargo, también se han destacado algunas actividades por su interés o dificultad, y cómo las han abordado los estudiantes. Cabe destacar que durante todo el CIMA, las puestas en común consistían en que entre todos los grupos se elegía uno para la exposición de cada actividad y los demás grupos intervenían cuando la profesora lo indicaba, expresando dudas, opinando y/o aportando ideas, datos o conceptos que no hubiera mostrado el grupo que hacía la exposición. En la fase de las conclusiones, a veces, la docente intervenía haciendo un resumen de lo que consideraba esencial sobre el tema que se había trabajado, con el fin de aclarar cuáles eran las ideas, conceptos y procedimientos más importantes que se habían abordado en cada sesión. Dentro de cada contenido, las actividades propuestas iban poco a poco aumentando en dificultad, de tal modo que generalmente los primeros días, los grupos solían trabajar de manera más autónoma, y a medida que iban avanzando los días y con ello la dificultad, iban necesitando cierto asesoramiento de la profesora tanto en tutorías como en los diez primeros minutos de cada clase dedicados a ultimar el trabajo previo. Con todo ello, observando a los grupos trabajar y prestando atención a las exposiciones, en la primera semana de implementación del nuevo sistema de enseñanza-aprendizaje, resultó gratamente sorprendente que, en comparación con experiencias anteriores, la implicación e interés de los grupos era muy alta y en cada uno de ellos cada persona aportaba algo, tanto al trabajo como a la exposición. Una de las cosas más sorprendentes fue observar una gran facilidad para exponer el trabajo al resto de la clase. Además, fue muy interesante escuchar las discusiones dentro de cada grupo y como entre ellos exponían sus hipótesis y escuchaban a sus compañeros antes de preguntar directamente a la profesora. Una de las últimas actividades de la semana se propuso con el fin de que los estudiantes pudieran aplicar todos los contenidos aprendidos hasta el momento, se trataba, pues, de una especie de resumen del tema. El grupo que hizo la exposición de esta actividad se la repartió de forma autónoma y cada miembro del grupo explicó al resto de la clase uno de los procedimientos aplicados, así como el orden en el que debía realizarse. En esta exposición aparecieron algunos errores, lo cual fue una oportunidad para que todos juntos, identificándolos, afianzaran los contenidos aprendidos.

En la segunda y tercera semana, lo más destacable fue observar que los grupos se sentían cada vez más motivados, expresaban su interés de realizar correctamente las actividades y por ello estaban en contacto continuo con la profesora a través de tutorías presenciales u *on line* fuera de clase y en los primeros diez minutos de cada clase. El martes de la segunda semana era festivo y, sin embargo, a pesar de que en otros grupos de la asignatura la asistencia del lunes bajó de forma muy considerable, en nuestro grupo, este descenso prácticamente no se notó. A partir de la tercera semana, se les preguntó a varios estudiantes al azar qué les parecía esta nueva forma de enfocar las clases y en todos los casos sus respuestas fueron muy positivas, sobre todo les gustó mucho tener acceso a los vídeos como apoyo para trabajar las actividades.

De la cuarta semana, es de destacar la autonomía, la asunción de responsabilidades y el interés de la mayoría de los estudiantes. Sin embargo, una de las actividades, dada su elevada complejidad, tuvo una duración mayor de lo previsto, ya que el grupo que debía hacer la exposición aún no tenía claro cómo abordarla. Esto hizo que los demás grupos expresaran más sus dudas y aportaran más ideas e hipótesis para realizar la actividad. A pesar de ello, encontrar este tipo de dificultades en medio del trabajo, puede resultar algo

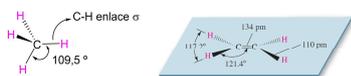
confuso al principio, al salirse un poco del esquema establecido, pero después permite que los estudiantes afiancen con mayor seguridad lo aprendido. En la última sesión, con el propósito de finalizar el CIMA con algo más lúdico, además de hacer el cuestionario de nuevo y una evaluación anónima de la nueva forma de impartir las clases, se realizó un concurso que no estaba previsto en la secuencia de actividades. Dicho concurso consistió en responder por grupos a una serie de preguntas de verdadero o falso sobre los contenidos más importantes de la materia, los grupos que daban la respuesta correcta seguían en el concurso y seguían respondiendo preguntas hasta que quedaba sólo un grupo, finalmente, los miembros de este grupo continuaban de forma individual respondiendo preguntas hasta quedar una sola persona ganadora. El premio consistió en un juego de modelos moleculares de bolas y varillas de plástico para la representación tridimensional de estructuras y un diploma. Durante el desarrollo del concurso, el ambiente distendido y relajado hizo que pasaran un buen rato a la vez que intentaban responder a las preguntas.

Evaluación del aprendizaje de los estudiantes

Como ya se indicó en apartados anteriores, con el propósito de evaluar el aprendizaje de los estudiantes durante el CIMA, se utilizaron *escaleras iniciales y finales de aprendizaje*. Las escaleras se elaboraron pasando el cuestionario a los alumnos con las preguntas o problemas estructurantes del tema, antes de empezar el ciclo de mejora y al finalizarlo. Las respuestas de los alumnos se clasificaron de menor a mayor adecuación a la respuesta ideal, cada respuesta se hizo corresponder con un nivel de aprendizaje y la distancia entre los niveles dependió de la complejidad del obstáculo que había que superar para pasar a un nivel superior. Una vez elaborada la escalera, se calculó el porcentaje de estudiantes que había en cada nivel. De esta forma, se tuvo una idea general del conocimiento sobre el tema que tenía el grupo, así como cada alumno de forma individual, antes de iniciar el ciclo de mejora y al finalizarlo. La escalera inicial, permitió además conocer los obstáculos que tenían los estudiantes para pasar a niveles más elevados de conocimiento. Por último, la evolución del resultado de la escalera final con respecto a la inicial fue utilizada como uno de los procedimientos de evaluación de los alumnos del curso, así como para las conclusiones de las actividades que los grupos debían entregar.

En las figuras 4 y 5, se muestran las escaleras de aprendizaje para todas las preguntas, los patrones de respuestas que constituyeron los distintos niveles, los posibles obstáculos para ascender de nivel y los porcentajes de alumnos que se situaron en cada nivel tanto al inicio del ciclo como al final.

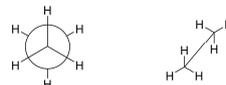
Pregunta 1: ¿Qué diferencias puedes encontrar entre los carbonos de estas dos estructuras?



● Inicial
● Final

Nivel	Descripción	Inicial (%)	Final (%)
1	Falta de concentración	13%	0%
2	Necesita ampliar conocimientos	47%	0%
3	Necesita relacionar conceptos	33%	8%
4	Explica las principales diferencias entre los dos carbonos relacionándolas: hibridación y geometría	7%	92%

Pregunta 2: Comenta las principales diferencias de las dos representaciones del etano que se muestran en este dibujo



Nivel	Descripción	Inicial (%)	Final (%)
1	Necesita motivación	33%	0%
2	Necesita ampliar conocimientos	60%	0%
3	Necesita ampliar conocimientos	0%	15%
4	Conoce los dos tipos de proyecciones y sus diferencias	7%	85%

Figura 4. Escaleras de aprendizaje a partir de las preguntas 1 y 2

Comparando los porcentajes de las escaleras iniciales y finales de aprendizaje, se puede decir que en general los alumnos con los que se aplicó esta metodología fueron capaces de superar la mayoría de los obstáculos que les impedían adquirir niveles elevados de conocimiento relacionados con los temas de estudio.

La escalera de aprendizaje elaborada con la primera pregunta del cuestionario mostró que, en el cuestionario inicial, el 13% de los estudiantes no respondió sobre la diferencia entre los carbonos de ambas representaciones sino sobre las estructuras completas (nivel 1), lo que denotaba que el principal obstáculo para el aprendizaje de estos alumnos era probablemente la falta de concentración y tal vez de motivación y curiosidad. Por su parte, el 47% de ellos, es decir, la mayoría, respondió sólo haciendo referencia a los tipos y ángulos de enlace, lo que indicaba que necesitaban ampliar conocimientos. Ascendiendo a un nivel superior, nos encontramos con que el 33% de la clase dio una respuesta cercana a la ideal pero incompleta, ya que hablaba sobre la hibridación de los carbonos, pero no sobre la geometría o al revés, el obstáculo en este caso es la necesidad de este grupo de alumnos de relacionar conceptos. Por último, solo el 7% de los estudiantes dio una respuesta completa sobre las principales diferencias entre los carbonos de las dos representaciones mostradas. En la escalera final, lo más significativo que se observó fue que ya no había alumnos en los niveles 1 y 2, el 8% se encontraba en el nivel 3 y el 92% en el nivel 4, de lo que se dedujo que la mayoría de los estudiantes había superado la mayoría de los obstáculos de aprendizaje.

La escalera de aprendizaje elaborada con la pregunta 2 del cuestionario mostró que, en el cuestionario inicial, el 33% de los estudiantes no respondió a la pregunta o respondió algo que no estaba relacionado con el tema, lo que demostró que el principal obstáculo que debían superar estos estudiantes era su falta de motivación. En el siguiente nivel de aprendizaje (nivel 2) se encontró el 60% de la clase, se trataba de estudiantes que no conocían ninguno de los dos tipos de proyecciones pero que respondieron a la pregunta con algún argumento relacionado, por lo que estos estudiantes necesitaban ampliar conocimientos para superar este nivel. Ningún estudiante se situó en el nivel 3 y sólo el 7% de ellos conocía los dos tipos de proyecciones y sus diferencias. En la escalera final, se observó que esta vez no se encontró ningún estudiante en los niveles 1 y 2, sólo el 15% se encontró ahora en el nivel 3, y el 85%, había superado todos los obstáculos de aprendizaje anteriormente comentados, encontrándose en el nivel más elevado.

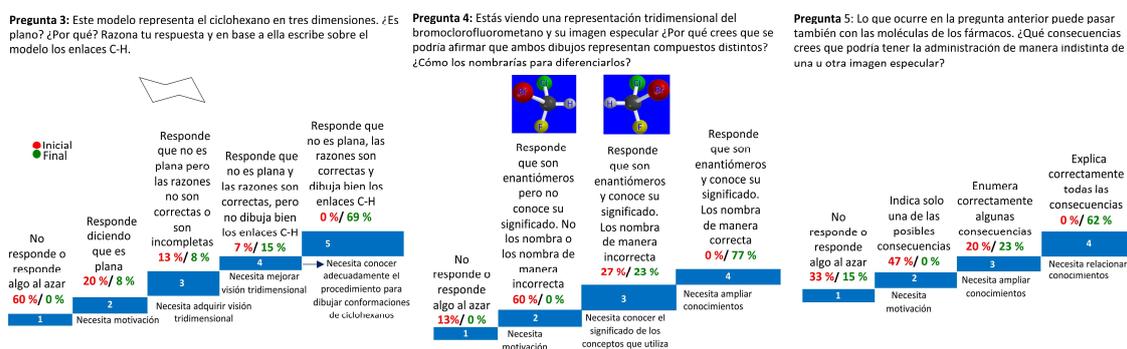


Figura 5. Escaleras de aprendizaje a partir de las preguntas 3, 4 y 5

La escalera de aprendizaje elaborada con la pregunta 3 del cuestionario, relacionada con las conformaciones de silla del ciclohexano, mostró que la mayoría de la clase se situó en el primer nivel de conocimiento, ya que, o bien no respondió a la pregunta o

comentó algo al azar, estos alumnos mostraron que el principal obstáculo que debían superar era de nuevo su falta de motivación. Por otro lado, el 20% de la clase respondió que la estructura mostrada en el enunciado de la pregunta era plana, por lo que estos estudiantes debían adquirir visión tridimensional para superar este nivel de conocimiento. Sólo el 7% de los estudiantes respondió que la estructura no era plana dando razones adecuadas a esta respuesta, pero sin ser capaces de escribir sobre el modelo los enlaces C-H, lo que mostraba que debían mejorar su visión tridimensional. Por último, ningún estudiante se posicionó en el nivel más elevado en la escalera inicial. En el caso de la escalera final, destacó el hecho de que ya no había estudiantes en el nivel 1, sólo un 8% se encontraba en los niveles 2 y 3, el 15% en el nivel 4 y el 69% de ellos, es decir, la gran mayoría, estaba ahora en el nivel superior, superando gracias a la aplicación del CIMA todos los obstáculos para el aprendizaje.

La escalera de aprendizaje elaborada con la pregunta 4 mostró que, en el cuestionario inicial, el 13% de los estudiantes no respondió a la pregunta o respondió algo al azar, demostrando de nuevo una falta de motivación hacia el tema de estudio. Sin embargo, la mayoría de los estudiantes, es decir, el 60% respondió que las estructuras representadas en la pregunta eran enantiómeros, pero sin conocer el significado de este concepto y sin nombrar las estructuras, lo que mostró que estos estudiantes debían comprender el significado de los conceptos que utilizaban para pasar a un nivel superior. El 27% de la clase respondió dando a entender que conocía el significado del concepto de enantiómeros, pero no fue capaz de nombrar las estructuras, por lo que estos estudiantes presentaban como principal obstáculo su necesidad de ampliar conocimientos. Por último, ningún estudiante se situó en el nivel más elevado de aprendizaje. Tras la aplicación del CIMA, destacó que ningún estudiante se encontraba ya en los niveles 1 y 2, el 23% estaba en el nivel 3 y de nuevo, la mayoría de los estudiantes, el 77%, se encontraba en el nivel más elevado, habiendo superado todos los obstáculos de aprendizaje.

La escalera de aprendizaje elaborada con la pregunta 5 del cuestionario, mostró que el 33% de la clase se situó en el primer nivel de conocimiento, ya que o bien no respondió a la pregunta o comentó algo al azar, por lo tanto, el principal obstáculo que debían superar estos alumnos era una vez más su falta de motivación. Por otro lado, el 47% de la clase respondió indicando solo una de las posibles consecuencias de las que se hablaba en la pregunta, estos estudiantes que eran la mayoría de la clase, necesitaban ampliar conocimientos para subir de nivel. El 23% de los estudiantes respondió enumerando sólo algunas de las consecuencias, por lo que debían mejorar su capacidad de relacionar conocimientos. Por último, ningún estudiante se posicionó en el nivel más elevado en la escalera inicial. En el caso de la escalera final, destacó el hecho de que, aunque seguía habiendo alumnos en el nivel 1 (un 15%), ya no se situó ninguno en el nivel 2, el 23% estaba en el nivel 3 y nuevamente la mayoría (el 62%) superó todos los obstáculos de aprendizaje situándose en el nivel 4.

Por último, cada uno de los informes entregados por los estudiantes después de cada actividad, se corrigió en base a una [rúbrica](#) sencilla que permitió cuantificar con una nota la realización y entrega de las actividades, esta nota, se sumará a la calificación final de la asignatura y tendrá un valor máximo de 0,5 puntos.

Evaluación del CIMA puesto en práctica

Principios didácticos

El principal principio didáctico que se ha tenido en cuenta a la hora de implementar este CIMA se ha basado en la experiencia que Finkel narra en el capítulo 6 de su libro

Dar clase con la boca cerrada (Finkel, 2000), donde insiste en que el hecho de formular problemas centrados y directos e invitar a los alumnos a trabajar en ellos en grupos pequeños, puede ser una alternativa a la tradicional clase magistral.

Para poder formular los problemas y/o preguntas que estructuren el contenido de un tema, es necesario que el profesorado realice un trabajo previo de elaboración de un mapa de contenidos que refleje las relaciones más potentes entre los llamados contenidos estructurantes, y le permita clasificarlos en función de si se trata de contenidos actitudinales, procedimentales o conceptuales. El mapa de contenidos ayuda al profesorado a pensar y diseñar preguntas para cada contenido estructurante. Después de plantear las preguntas, se deben diseñar actividades que sirvan de ayuda para organizar y facilitar el razonamiento de los estudiantes. Estas actividades se consideran una guía para resolver cada pregunta, pero sin proporcionar una respuesta. Para Finkel, a través de este proceso se facilita la comprensión de la materia de estudio y de este modo se alcanza el conocimiento. Las actividades diseñadas, no deben narrar directamente ni anunciar los resultados, sino que tienen que animar a los grupos a hacer descubrimientos y a pensar por ellos mismos, para encontrar sus resultados y posteriormente contrastarlos con los de los demás grupos y con las aportaciones del profesorado y de esta forma generar un aprendizaje duradero. Según Finkel, elaborar las actividades es un arte y para hacerlo bien, se debe conocer muy bien tanto al alumnado como a la materia que se está impartiendo, ya que cada persona tendrá experiencias de aprendizaje diferentes con la misma secuencia de actividades. Escuchar las discusiones de los grupos es crucial para saber el nivel de aprendizaje en el que se encuentran. Todas estas propuestas de Finkel han sido tomadas como principios y desarrolladas en este CIMA.

En cuanto a la evaluación del aprendizaje del alumnado, ésta debe fundamentarse en obtener una idea general del conocimiento sobre el contenido del tema que tiene el grupo antes de iniciar el CIMA para, así, conocer los obstáculos que deben superar los grupos hasta alcanzar un aprendizaje duradero y de calidad. Para ello, como hemos visto en anteriores apartados, se utilizaron escaleras de aprendizaje (Porlán, 2017).

Como ya ocurrió en CIMAs anteriores (Valdivia, 2017, 2019, 2021), y se ha visto a lo largo de esta comunicación, la base sobre la que se cimienta este CIMA es el trabajo en equipo como motor de autoconfianza e iniciador de la motivación necesaria para el aprendizaje.

Evaluación cuantitativa y cualitativa del CIMA

En general, el resultado de este CIMA puede considerarse satisfactorio. Sin embargo, cabe destacar que, aunque el mapa de contenidos se ha podido trabajar en su totalidad y la secuencia de actividades y el modelo metodológico diseñados al inicio del CIMA prácticamente se han cumplido, sería conveniente revisar algunos aspectos como por ejemplo incluir la realización de juegos en más sesiones.

Por otro lado, las escaleras de aprendizaje han resultado de gran utilidad para evaluar el diseño ya que mostraron la evolución del grupo y de cada alumno durante el desarrollo del CIMA, de modo que, al finalizar, se pudo conocer el grado en que se habían alcanzado los objetivos de aprendizaje. Así, aunque no se alcanzaron al cien por cien los objetivos, en el sentido de que no todos los estudiantes se localizaran en el nivel más elevado de cada escalera, en general se produjo una evolución positiva prácticamente de todos ellos.

Por último, los estudiantes que participaron en esta experiencia de enseñanza-aprendizaje tuvieron la oportunidad de evaluarla anónimamente calificándola con un valor numérico que iba de 0 a 5 en relación con el modo en que el nuevo modelo docente les había

sido útil para trabajar, estudiar y comprender mejor la materia objeto de estudio. Así, los valores numéricos se pueden corresponder con las siguientes afirmaciones:

- 0: No me ha sido útil
- 1: Me ha sido útil sólo para trabajar, pero no para estudiar ni comprender mejor los contenidos
- 2: Me ha sido útil para trabajar y estudiar, pero no para comprender mejor los contenidos
- 3: Me ha sido útil para trabajar, estudiar y comprender algo los contenidos
- 4: Me ha sido útil para trabajar, estudiar y comprender mejor los contenidos
- 5: Me ha sido útil para trabajar, estudiar y comprender mucho mejor los contenidos.

Los resultados de esta valoración cuantitativa se muestran en la figura 6.

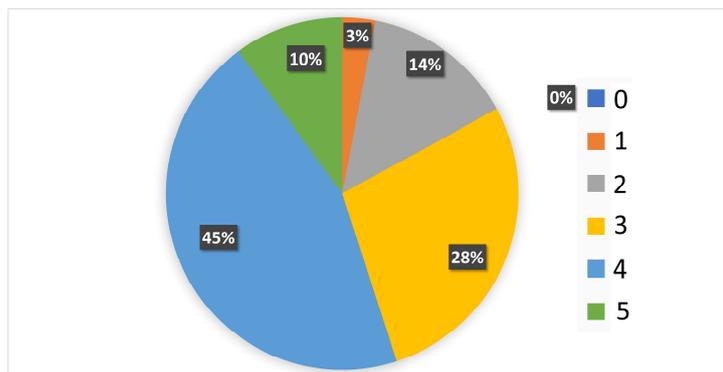


Figura 6. Evaluación cuantitativa del CIMA por los estudiantes

Como se puede observar en la figura 6, el 83% de los estudiantes valoró positivamente el CIMA en cuanto a su utilidad a la hora de trabajar, estudiar y comprender el tema, de ese 83%, el 28% consideró que es una metodología útil para trabajar, estudiar y comprender algo el tema (valoración = 3), el 45% consideró que es útil para trabajar, estudiar y comprenderlo mejor (valoración = 4) y el 10% consideró que es útil para trabajar, estudiar y comprenderlo mucho mejor (valoración = 5). El resto de estudiantes consideró que el método le había servido poco, aun así, ninguno le dio una valoración de 0 y sólo un 3% optó por valorar la experiencia con un 1.

Además de esta evaluación cuantitativa, los estudiantes pudieron responder de forma anónima en un cuestionario a las siguientes preguntas a modo de evaluación personal y cualitativa que permitirá introducir mejoras en posteriores aplicaciones del CIMA:

- 1. *¿Qué eliminarías de esta forma de trabajar?*
- 2. *¿Qué incorporarías?*
- 3. *¿Qué mejorarías? ¿Cómo?*

Así, la mayoría de los estudiantes consideraron que no eliminarían nada, sin embargo, incorporarían alguna explicación por parte de la profesora antes de abordar la realización de las actividades o un resumen de la teoría después de cada tema y en cuanto a las posibles mejoras, la mayoría incorporaría la realización de más juegos y tener más tiempo para asimilar los contenidos. A modo de ejemplo un estudiante escribió esto: *“Creo que el método de trabajo ha sido bueno, pero antes de hacer las actividades, la profesora debería explicar algo, aunque con la ayuda de los videos ha sido más fácil, por lo que creo que ha sido bastante bueno. El concurso ha sido lo mejor, se puede aprender y pasarlo bien a la vez”*

Referencias bibliográficas

- Bain, K. (2004). *Lo que hacen los mejores profesores universitarios*. Publicaciones de la Universidad de Valencia.
- Delord, G.; Hamed, S.; Porlán, R. y De Alba, N. (2020). Los Ciclos de Mejora en el Aula. En N. De Alba y R. Porlán (Coords.), *Docentes universitarios. Una formación centrada en la práctica* (pp. 128-162). Morata.
- Finkel, D. (2008). *Dar clases con la boca cerrada*. Publicaciones de la Universidad de Valencia.
- Porlán, R. (Coord.) (2017). *Enseñanza universitaria. Cómo Mejorarla*. Morata.
- De Alba, N. y Porlán, R. (Coord.) (2020). *Docentes universitarios. Una formación centrada en la práctica*. Morata.
- Valdivia, V. (2017). Un modelo docente innovador para la interpretación de la tabla periódica. En R. Porlán y E. Navarro (Coords), *IV Jornadas de Formación e Innovación Docente de la Universidad de Sevilla*. ICE de la Universidad de Sevilla.
- Valdivia, V. (2020). Ciclo de mejora en el aula para el estudio del átomo en primero del grado en educación primaria. En E. Navarro y R. Porlán (Coords.), *Ciclos de mejora en el aula. Año 2019. Experiencias de innovación docente de la Universidad de Sevilla*, (pp. 1678-1704). Editorial de la Universidad de Sevilla.
- Valdivia, V. (2021). Diseño y desarrollo de un ciclo de mejora en el aula para la enseñanza-aprendizaje de la asignatura de Química Orgánica I en el grado en Farmacia. En R. Porlán, E. Navarro y A.F. Villarejo (Coords.), *Ciclos de mejora en el aula. Año 2020. Experiencias de innovación docente de la Universidad de Sevilla*, (en prensa). Editorial de la Universidad de Sevilla.