

Autoaprendizaje colaborativo como metodología alternativa para ingeniería química

Collaborative self-learning as an alternative methodology for chemical engineering

QUÍMICA

Víctor Manuel Pérez Puyana

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5309-9647>

Universidad de Sevilla, Facultad de Química, Departamento de Ingeniería Química.
vperez11@us.es

Resumen. Se ha realizado un Ciclo de Mejora en el Aula en un grupo de 10 alumnos en la asignatura *Ingeniería Química*, asignatura de tercer curso que se imparte en el Grado en Química. La metodología llevada a cabo consiste en el trabajo colaborativo entre los alumnos para el análisis y resolución de una serie de preguntas planteadas al comienzo del ciclo de mejora que se utilizan como cuestiones clave para el desarrollo de las distintas actividades. De acuerdo a los resultados obtenidos, la metodología seguida permite a los alumnos una mejor adquisición y trabajo de los contenidos planteados, gracias, sobre todo al trabajo colaborativo con sus compañeros. Por otra parte, la metodología seguida ha sido muy bien recibida por los alumnos, de acuerdo a las respuestas reflejadas en las encuestas de valoración de los alumnos.

Abstract. A Cycle of improvement has been carried out in a group of 10 students in the Chemical Engineering subject, a third-year subject taught in the *Degree in Chemistry*. The methodology carried out consists of collaborative work between the students for the analysis and resolution of a series of questions posed at the beginning of the improvement cycle that are used as key questions for the development of the different activities. According to the results obtained, the methodology followed allows the students to better acquire and work on the proposed contents, thanks, above all, to collaborative work with their peers. On the other hand, the methodology followed has been very well received by the students, according to the responses reflected in the student assessment surveys.

Palabras clave. Ingeniería Química, Grado en Química, docencia universitaria, experimentación docente universitaria.

Keywords. Chemical Engineering, Degree in Chemistry, university teaching, university teaching experience.

Breve descripción del contexto de la intervención

El Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA) (Delord y otros, 2020) se aplica en la asignatura de *Ingeniería Química*, asignatura obligatoria de tercer curso que se imparte en la facultad de química para el Grado en Química y el Doble Grado en Química e Ingeniería de Materiales.

Este ciclo de mejora se desarrolla concretamente en el tema de industria química dentro del segundo bloque que trata sobre distintas aplicaciones de la Ingeniería Química. Las sesiones

que lo engloban fueron las clases prácticas que tuvieron una duración de una semana con sesiones diarias. En resumen, el ciclo tiene una duración de 5 sesiones de 4 horas (20 horas en total) en un grupo de 10 alumnos del Grado en Química.

Los grandes objetivos de la asignatura son: *adquisición de los conocimientos teóricos necesarios para plantear y resolver balances químicos; saber clasificar los procesos de separación en función de los principios fisicoquímicos, termodinámicos y de fenómenos de transporte; y reconocimiento de la importancia de la planificación, del desarrollo y del control de los procesos químicos.*

Diseño previo del CIMA

Mapa de contenidos y problemas

Es importante realizar un mapa de los contenidos pues se trata de un instrumento que pone de manifiesto las conexiones que establecemos entre las ideas. Además, permite al docente establecer de manera global los contenidos que se van a trabajar, de forma que se pueda organizar la docencia que va a impartir.

El mapa confeccionado para este ciclo de mejora consta de 4 partes (Figura 1). En la parte central se encuentra el concepto general sobre el que se va a trabajar y del cual aparecen otras 3 partes, cada una de ellas relacionadas con un tipo de contenidos que se piensan trabajar durante el ciclo de mejora. Una primera parte que hace referencia a los contenidos conceptuales (señaladas con color azul). Una segunda para marcar los contenidos procedimentales (señaladas con color verde) y finalmente otra para los contenidos actitudinales (señaladas con color naranja). Finalmente, en color rojo se muestra una pregunta que ayuda a dirigir la docencia de aquellos contenidos de mayor relevancia en el tema.

Además, en el mapa de contenidos se han añadido una numeración de 1 a 3, que relaciona las cuestiones clave (indicadas en el apartado siguiente) con los distintos contenidos conceptuales planteados para las sesiones que conforman el CIMA. Por otra parte, los contenidos actitudinales y procedimentales se trabajan con el conjunto de las cuestiones clave planteadas.

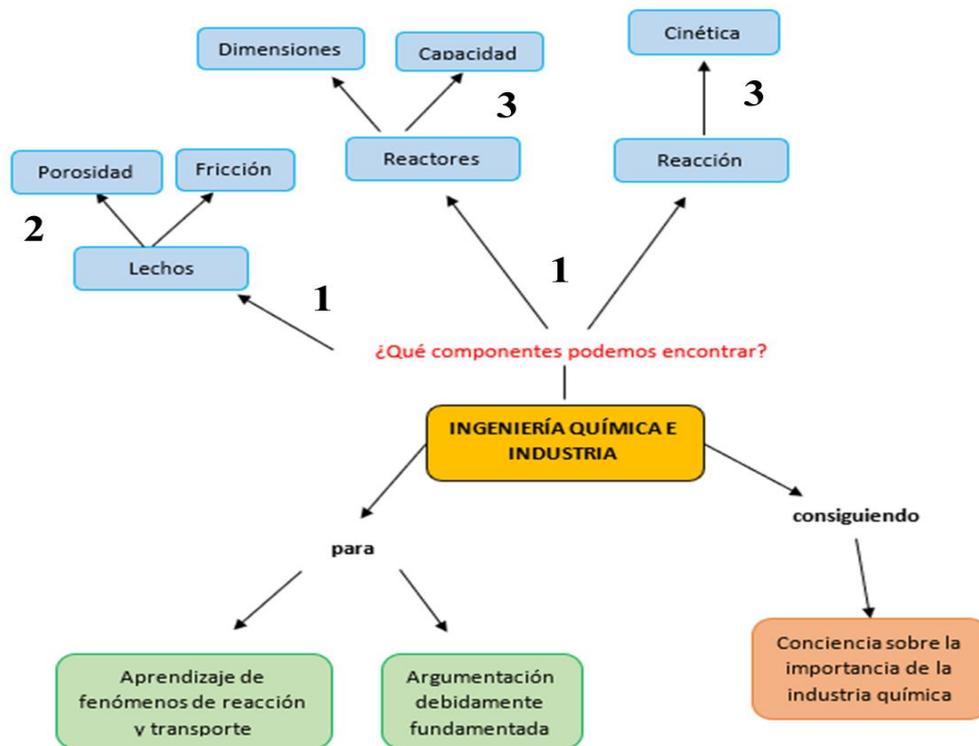


Figura 1. Mapa de contenidos de las sesiones de prácticas sobre *Ingeniería Química e industrial*

Cuestiones clave

Los objetivos planteados para las clases prácticas en las que se desarrolla el CIMA son los siguientes: a) *Determinar la influencia de los caudales de paso del fluido por el lecho poroso sobre el coeficiente de fricción*; b) *Comparar los valores obtenidos experimentalmente con los deducidos a partir de correlaciones teóricas (bibliografía)* y c) *Determinar la ecuación cinética de una reacción de saponificación empleando para ello el método integral de análisis de datos cinéticos*.

Por ello, para el estudio y planteamiento de los diferentes contenidos previstos en el ciclo de mejora, se han planteado las siguientes cuestiones clave: a) *¿Qué componentes podemos encontrar en la Industria Química?*; b) *¿Qué variables afectan el flujo en lechos? ¿Cómo afectan dichas variables?* y c) *¿Cómo calcularías la capacidad de los distintos reactores? ¿Cómo influye la reacción?*

Modelo metodológico

El ciclo de mejora planteado tiene como idea principal que los alumnos interactúen unos con otros. De esta forma, el docente actúa como un *actor secundario* que comprueba y controla que todo el proceso de enseñanza-aprendizaje se está realizando de manera correcta, atendiendo a los contenidos previstos para las sesiones abarcadas.

Debido a la situación especial que estamos viviendo por la pandemia, las prácticas se han realizado de forma individual (respetando la distancia de seguridad). Además, en este ciclo de mejora se combinan tanto sesiones presenciales como virtuales. Pese a ello, se han formado “parejas virtuales” para que los alumnos puedan colaborar, elaborar hipótesis y conclusiones y, en definitiva, aprender juntos. De esta forma:

1. Las sesiones presenciales se han realizado de forma individual.
2. Las sesiones virtuales se han realizado en parejas.

Por tanto, el modelo metodológico que se plantea consiste en la exposición de unas cuestiones claves que se trabajan con diferentes actividades de contraste de ideas para finalizar con unas conclusiones. Es decir, dicho modelo metodológico tiene como base el expuesto en el capítulo 2 del libro *Enseñanza Universitaria: Cómo mejorarla* (Porlán, 2017). Esquemáticamente:

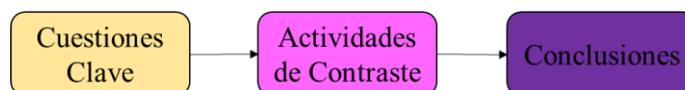


Figura 2. Etapas que conforman el modelo metodológico seguido en el Ciclo de Mejora

Al igual que en el ciclo de mejora llevado a cabo durante el curso pasado, la primera fase va encaminada al *planteamiento del problema* (cuestiones clave), buscando la curiosidad en los alumnos, de forma que les motive para conseguir una adecuada actitud. Este problema planteado hace que los alumnos tomen conciencia de aquello que van a trabajar en las sesiones siguientes, por lo que es posible captar su atención para que el transcurso de las sesiones se lleve a cabo de la manera más efectiva posible. Tras esto, se procede a la realización de *actividades de contraste* en las que los protagonistas son los propios alumnos. Finalmente, se procede a la elaboración de *conclusiones* por parte de los alumnos sobre lo que han trabajado. De esta forma, se cierra el ciclo volviendo al planteamiento de partida y relacionándolo con los conocimientos que han ido adquiriendo durante la secuencia de las distintas actividades.

Secuencia de actividades

El modelo metodológico seguido plantea un proceso de enseñanza-aprendizaje completo durante las 5 sesiones de las clases prácticas. Dicha secuencia se expone a continuación:

Sesión 1: Realización de prácticas de laboratorio (4 horas)

Al comienzo de la primera sesión, los estudiantes realizan el *questionario inicial* de ideas previas (15 minutos) que va a permitir conocer el punto de partida de la clase. A continuación, se procede a la realización de la práctica correspondiente [*Determinación de la fricción en lechos porosos*] (3 horas y 45 min).

Recursos: Copias del cuestionario y material de laboratorio.

Sesión 2: Realización de prácticas de laboratorio (4 horas)

En esta segunda sesión, al igual que en la primera, los alumnos proceden a la realización de la práctica correspondiente [*Saponificación del acetato de etilo*].

Recursos: Material de laboratorio.

Sesión 3: Sesión virtual por Blackboard Collaborate (4 horas)

En esta tercera sesión se agrupan los alumnos en parejas y, desde un punto de vista profesional se pretende dar respuesta/solución a las diferentes cuestiones planteadas, sobre todo haciendo uso de los resultados que han ido obteniendo durante la realización de las prácticas. De esta forma, el trabajo grupal permite a los alumnos justificar y consensuar las conclusiones que han alcanzado.

Recursos: Sesión virtual de Blackboard Collaborate

Sesión 4: Sesión virtual por Blackboard Collaborate (4 horas)

Esta sesión es una continuación de la anterior y de nuevo conlleva una interacción activa entre los alumnos. Esta actividad se plantea desde la perspectiva profesional, es decir, los propios alumnos son los que van a intentar buscar una solución para los distintos problemas que se plantean en la práctica. Por ello, serán los alumnos los que tomen las decisiones sobre cómo avanzar con la resolución de la práctica bajo la supervisión del docente.

El aspecto clave de esta sesión (y por ende de la anterior) es que gran parte de la sesión se

realiza de forma autónoma de los grupos, fomentando el debate y el trabajo en equipo para la adquisición de conocimiento.

Recursos: Sesión virtual de Blackboard Collaborate

Sesión 5: Desarrollo teórico-práctico de las prácticas

En esta última sesión, se lleva a cabo una exposición teórico-práctica de lo realizado en las prácticas (3 horas y 30 minutos). Sin embargo, se fomenta la interacción entre los alumnos y el docente mediante un debate grupal en el que se trata de dar respuesta a las cuestiones clave indicadas al comienzo. Esto permite explorar los resultados y conclusiones a los que han llegado los estudiantes (sobre todo durante las sesiones virtuales que les han permitido debatir y aprender a partir del trabajo conjunto).

Además, en esta sesión se vuelve a realizar el cuestionario de ideas que realizaron inicialmente (15 minutos), para poder comparar los resultados y comprobar la evolución de la clase tras el ciclo de mejora. Finalmente, los estudiantes realizan un cuestionario para conocer el grado de implicación/motivación conseguido con el ciclo de mejora llevado a cabo.

Recursos: Pizarra y copias de los cuestionarios.

Cuestionario inicial-final

La evolución experimentada por la clase tras la realización del ciclo de mejora se va a analizar mediante un cuestionario. Tal y como se puede comprobar en la Tabla 1, dicho cuestionario presenta 4 preguntas. De acuerdo con lo recomendado por otros autores (Casas Jericó et al., 2018), las preguntas planteadas son de carácter abierto, evitando posibles respuestas dicotómicas (preguntas de rápida contestación que, aunque pueden evaluarse de forma objetiva no permiten a los estudiantes poder escribir con libertad).

Tabla 1. Cuestionario de ideas utilizado

<i>Cuestionario de ideas</i>	
1ª Pregunta	<i>Menciona brevemente los objetivos de la práctica</i>
2ª Pregunta	<i>¿Qué variables afectan al flujo en lechos?</i>
3ª Pregunta	<i>¿Cómo calcularías la capacidad máxima (volumen) de un reactor?</i>
4ª Pregunta	<i>¿Cómo influye la reacción en el volumen de un reactor?</i>

La primera pregunta trata de resumir en qué consiste la práctica a través de los objetivos que los estudiantes creen que se persiguen. Además, las tres siguientes preguntas tratan sobre aspectos específicos de la práctica, aquellos de mayor relevancia. Por ello, la realización de este cuestionario antes y después de las prácticas va a permitir al docente evaluar el dominio alcanzado con los conocimientos puestos en juego.

Aplicación del CIMA

Relato resumido de las sesiones

A pesar de la situación pandémica que estamos viviendo, el modelo metodológico seguido es similar independientemente de si las sesiones se hubiesen llevado a cabo de manera presencial en su totalidad. La única diferencia es que, durante las sesiones virtuales, los alumnos aprovechan para intentar responder a las cuestiones clave mediante una búsqueda bibliográfica, colaborando entre ellos. Esto permite el trabajo colaborativo entre los alumnos, fomentando una argumentación fundamentada y la búsqueda de información. Sin embargo, como pequeño inconveniente, uno de los alumnos no se presentó, por lo que para que todos pudieran trabajar en grupos, formé un grupo de 3 (mientras que el resto trabajó en parejas en las sesiones virtuales).

La primera sesión comenzó con la realización del cuestionario de ideas previas. Cabe mencionar que los alumnos no recibieron con confianza dicho cuestionario (por si iba a repercutir en su calificación). Sin embargo, tras hacer hincapié en su carácter anónimo lo realizaron sin problemas. A continuación, se comentaron las cuestiones clave que los alumnos han de ir averiguando con el transcurso de las prácticas (durante la primera y segunda sesión). La primera práctica realizada consistió en una reacción entre el acetato de etilo y el hidróxido sódico a diferentes tiempos, controlando de esta forma el avance de la reacción. Por su parte, la segunda práctica consistió en el estudio de la fricción en tubos rellenos, observando la influencia de diferentes tipos de relleno. Prácticamente la totalidad del tiempo destinado a las sesiones 1 y 2 se lo llevó la realización de las prácticas presenciales.

Por otra parte, las sesiones 3 y 4 (virtuales) sirvieron a los alumnos para poner en común los resultados obtenidos en sus respectivos grupos (las prácticas presenciales fueron individuales), intentando conectar las cuestiones clave con sus resultados. Al dividir la clase en varios grupos no he podido estar interactuando con ellos todo el tiempo que me hubiera gustado. Sin embargo, el tiempo empleado ha redundado positivamente en la sesión para guiar los debates.

Finalmente, durante la parte final de la última sesión se procedió a la realización de los cuestionarios de ideas (final) y de satisfacción, sin nada que mencionar salvo los buenos resultados obtenidos.

Evaluación del aprendizaje de los estudiantes

La evaluación del aprendizaje de los estudiantes se ha llevado a cabo mediante la comparación de sus respuestas en los cuestionarios que realizaron inicialmente y al finalizar el ciclo de mejora. Dicha evaluación ha permitido establecer la evolución del aprendizaje de la clase. Para ello, se han seguido los mismos niveles ya utilizados en ciclos de mejora previos. Los distintos niveles establecidos son:

Nivel 1. Ausencia de conocimientos sobre el tema.

Nivel 2. Presenta pocos conocimientos.

Nivel 3. Maneja conceptos del tema.

Nivel 4. Domina los contenidos y relaciona los conceptos implicados con los que ya disponían con anterioridad (respuestas de mayor complejidad).

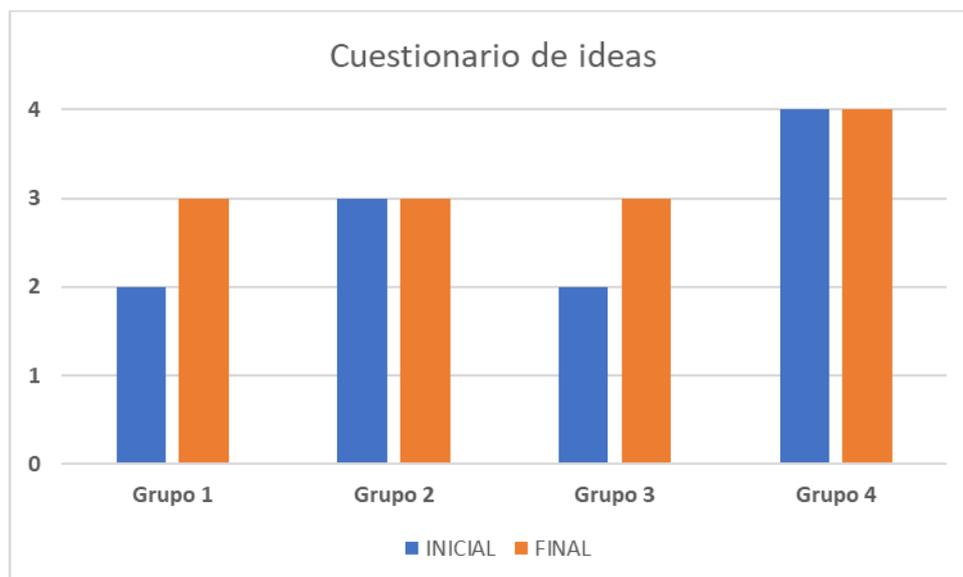


Figura 3. Niveles de conocimiento iniciales y finales de los diferentes grupos formados

El análisis de los resultados puede hacerse a partir de los resultados obtenidos para la clase en general o para cada uno de los grupos que se han formado. Teniendo en cuenta la clase global, todos los grupos alcanzaron los niveles superiores (3 y 4). Por otra parte, teniendo en cuenta los resultados obtenidos por cada grupo, no todos han alcanzado el mismo nivel (ni han mejorado el que tenían inicialmente). Esto puede deberse a dos posibles razones: (I) que no se encontraban en la misma situación inicial o (II) que el ciclo de mejora no ha sido igual de efectivo para todos. Ambas razones tienen un denominador común, y es que los alumnos han tenido que solventar ciertos “obstáculos” íntimamente relacionados con la escalera de aprendizaje. De esta forma, y siguiendo con lo trabajado en ciclos de mejora previos, los obstáculos encontrados son:

- *Poco interés por la asignatura* (paso del nivel 1 al 2) – Es el principal escollo que hay que solventar, por lo que hay que redirigir la docencia mejorándose la motivación.
- *Falta de aplicabilidad* o dificultad que presentan los alumnos para aplicar los conocimientos que han aprendido (paso del nivel 2 al 3) - Implica una falta de interiorización.
- *Falta de visión global* de la asignatura (paso del nivel 3 al 4) - Los alumnos presentan conocimientos, pero no son capaces de relacionarlos entre sí.

Tabla 2. Niveles de conocimiento iniciales y finales de la clase en general

<i>Niveles</i>	<i>INICIAL</i>	<i>FINAL</i>
Nivel 1	0%	0%
Nivel 2	55%	0%
Nivel 3	22.5%	77.5%
Nivel 4	22.5%	22.5%

Por otra parte, también se pueden comparar los resultados obtenidos por la clase en general (Tabla 2) y qué porcentaje de alumnos se encuentran en cada nivel al comienzo (inicial) y tras finalizar las sesiones (final). Según los resultados mostrados en la Tabla 2, la clase podía dividirse a partes iguales entre aquellos estudiantes que se encontraban en niveles inferiores (55% de los alumnos en el Nivel 2) y aquellos que se encontraban en los niveles superiores (22.5% en los Niveles 3 y 4). Sin embargo, una vez finalizadas las sesiones, la totalidad de la clase se encontraba en los niveles superiores (77.5% y 22.5% de los alumnos en los Niveles 3 y 4, respectivamente). Es decir, si bien es cierto que no todos los alumnos han alcanzado el mismo nivel al finalizar las sesiones, se puede concluir que, en general, la mayoría de ellos han experimentado una evolución durante el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Evaluación del grado de satisfacción de los estudiantes

Además de la realización de un cuestionario de ideas para evaluar la evolución de los estudiantes, se ha decidido realizar un cuestionario de satisfacción para comprobar cómo se han sentido los alumnos con la realización del ciclo de mejora.

Tabla 3. Cuestionario de satisfacción de los estudiantes

<i>Cuestionario de satisfacción</i>	
1ª Pregunta	<i>Esta práctica me ha resultado interesante y motivadora</i>
2ª Pregunta	<i>Esta práctica me ha ayudado a afianzar los conocimientos puestos en juego</i>
3ª Pregunta	<i>Esta organización podría sustituir a las prácticas 100% presenciales</i>
4ª Pregunta	<i>En general, estoy satisfecho con la idea y el transcurso de las sesiones</i>

Cabe mencionar que dicho cuestionario (que se muestra en la Tabla 3) se ha realizado al final en la última sesión (de carácter anónimo).

Cada una de las preguntas del cuestionario se respondían indicando numéricamente cómo de acuerdo o desacuerdo estaban con las diferentes afirmaciones (1: En total desacuerdo; 5: Muy de acuerdo).

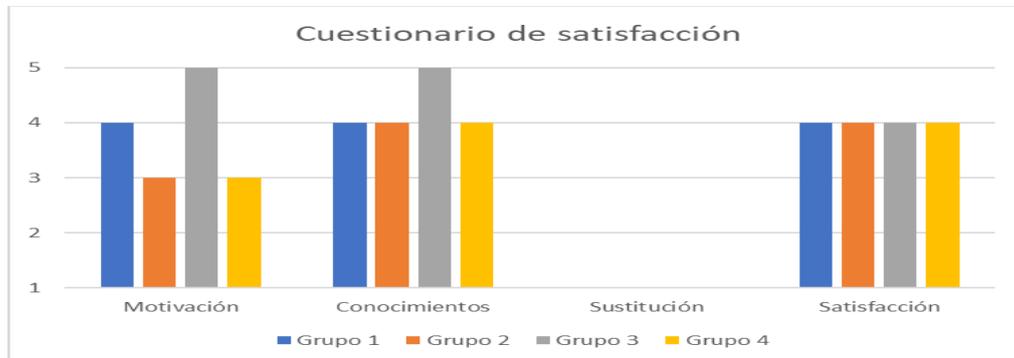


Figura 4. Niveles de conocimiento iniciales y finales de los diferentes grupos formados

Los resultados de la Figura 4 muestran cómo algunos grupos se han sentido más motivados que otros con este tipo de metodología (aunque en general ha sido buena). Además, a todos los grupos les ha ayudado a afianzar los conocimientos. Sin embargo, todos los grupos han encontrado una gran satisfacción con la realización de este tipo de metodología, pero que, sin embargo, no creen posible que pueda sustituir a las prácticas 100% presenciales.

Evaluación del CIMA

Cuestiones a mantener y cambios a introducir

En general estoy satisfecho con los resultados obtenidos ya que la clase se encuentra en los niveles superiores al finalizar la práctica, lo que es sinónimo de lo beneficiosa que ha resultado este tipo de metodología para los alumnos. Sin embargo, como en ciclos de mejora anteriores, mi principal inconveniente es el tiempo y dedicación necesaria para llevar a cabo esta secuencia de actividades de la mejor manera posible.

Por otra parte, el uso de cuestionarios anónimos ha permitido a los distintos grupos responder con mayor libertad. Sin embargo, para futuros ciclos de mejora me gustaría que el cuestionario inicial/final lo pudieran realizar los alumnos de manera individual (sin tener constancia de quien es el responsable de cada cuestionario), para poder llevar a cabo un mejor seguimiento del aprendizaje de los diferentes integrantes de los grupos.

Sin embargo, todavía creo que me encuentro lejos de poder aplicar esta metodología para una asignatura completa pues, en mi opinión, es necesaria un mejor control de los tiempos de actuación de las diferentes actividades y sesiones que engloban el ciclo de mejora. Además, para futuros ciclos de mejora me gustaría hacer uso de herramientas digitales (por ejemplo, *Kahoot!* o *Mentimeter*), para poder mejorar las sesiones virtuales.

Aspectos a incorporar a la práctica docente

Como aspecto principal, me gustaría incorporar la realización de tareas grupales que permitan a los alumnos trabajar entre ellos, ya que según muchos autores (Revelo-Sánchez et al., 2017) el proceso de enseñanza-aprendizaje se produce de una manera más efectiva con el aprendizaje entre iguales. Además, he podido comprobar la utilidad de la realización de encuestas de

satisfacción para ver si realmente los alumnos se encuentran motivados con la práctica docente llevada a cabo.

Principios Didácticos argumentados

Los avances ocurridos en la práctica docente, relacionados con la innovación docente han permitido que la docencia pase del ¿qué enseñar? al ¿cómo enseñar? haciendo hincapié de la importancia de hacer partícipe a los estudiantes del proceso de enseñanza-aprendizaje (Félix et al., 2018). En mi caso personal, he de mencionar que, durante los años en los que podido incorporar un ciclo de mejora a mi docencia, he seguido aquellos Principios Didácticos que considero fundamentales, que son:

- *Aprendizaje colaborativo*. A pesar de que la realización de las prácticas fue individual (sesiones 1 y 2), el resto de sesiones planteadas se realizaron en grupo. Esto ha permitido a los estudiantes interactuar entre ellos permitiendo así que puedan aprender unos de otros (Marí Ytarte et al., 2016).

Búsqueda de la motivación y de la participación activa del alumnado. Las nuevas metodologías buscan la motivación del alumnado mediante una participación más activa, esto es, teniendo un papel activo/protagonista durante el proceso de enseñanza-aprendizaje (Roth et al., 2007).

Referencias bibliográficas

- Casas Jericó, M., Ermeta Altarriba, L. y Puig Baguer, J. (2018). La encuesta como herramienta para conocer las ideas previas sobre paisaje del alumnado de ESO: una experiencia piloto en Navarra. *Didáctica Geográfica*, 19, 47-76.
- 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, *Docentes universitarios. Una formación centrada en la práctica*, (pp. 127-162). Madrid: Morata.
- Félix Ángel, M., Perez-Puyana, V. y Romero, A. (2018). Metodología participativa mediante foros de discusión: de la prensa al aula. *Etic@-net*, 18, 118-133.
- Marí Ytarte, R. M., Moreno, R. e Hipólito, N. (2016). Educación y ciudadanía. Propuestas educativas desde la controversia. *Foro de Educación*, 14(20), 49-69.
- Revelo-Sánchez, O., Collazos-Ordóñez, C. A. y Jiménez-Toledo, J. A. (2018). El trabajo colaborativo como estrategia didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la programación: una revisión sistemática de literatura. *TecnoLógicas*, 21, 115-134.
- Roth, G., Assor, A., Kanat-Maymon, Y. y Kaplan, H. (2007). Autonomous Motivation for Teaching: How Self-Determined Teaching May Lead to Self-Determined Learning. *Journal of Educational Psychology*, 99, 761-774.