

Aplicación de un Ciclo de Mejora en el Aula en Informática: Grafos

Application of an Improvement Cycle in Classroom in Computer Science: Graphs

Jose M. Moyano

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5745-6269>

Universidad de Sevilla

Departamento de Ciencias de la Computación e
Inteligencia Artificial

jmoyano1@us.es

DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/9788447231898.032>

Pp.: 459-472



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

Resumen

En este capítulo se presenta el desarrollo y aplicación de un Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA) en la asignatura de Informática, de 1º del Grado en Matemáticas en la Universidad de Sevilla. En concreto, se aplica al aprendizaje del tipo abstracto de datos Grafo. Durante el CIMA, se ha buscado la interacción del alumnado en todo momento, motivando que el aprendizaje emerja desde sus propias ideas, fomentado por el uso de las llamadas actividades de contraste. Además, se formulan problemas retadores y que proponen situaciones del mundo real que pueden modelarse con grafos, como el análisis de datos de una red social, o la resolución de problemas y acertijos lógicos. Se ha demostrado que la aplicación del CIMA ha sido efectiva en el aprendizaje de los/as estudiantes, pese a que quedan propuestas una serie de mejoras para refinar la metodología en futuras iteraciones.

Palabras clave: Informática, matemáticas, grafos, docencia universitaria, desarrollo personal docente.

Abstract

This chapter presents the development and application of an Improvement Cycle in Classroom (ICIC) in the Computer Science course, in the 1st year of the Degree in Mathematics at the *Universidad de Sevilla*. The ICIC focuses specifically on learning the abstract data type *Graph*. Throughout the ICIC, the student engagement has been actively encouraged, motivating the learning to emerge from their own ideas, encouraged by the use of the so-called contrast activities. In addition, challenging problems based on real-world situations that can be modeled using graphs – such as analyzing data from a social network, or the resolution of logic puzzles and problems – are formulated. It has been demonstrated that the application of the ICIC has been effective in enhancing student learning, although several improvements are proposed for refining the methodology in future iterations.

Keywords: Computer Science, mathematics, graphs, university teaching, teacher professional development.



Introducción

En este capítulo se muestra el proceso de mejora de la docencia de la asignatura Informática, de 1º en el Grado en Matemáticas de la Universidad de Sevilla. En esta asignatura se introduce el uso de Python como lenguaje de programación, así como técnicas más avanzadas de programación. En esta última parte se encuadra la unidad que aborda el Tipo Abstracto de Dato (TAD) Grafo, objeto del presente capítulo. La asignatura se divide en dos clases semanales de 2h; una de ellas de *teoría*, con el grupo completo, y otra de *laboratorio*, donde el grupo se desdobra en dos subgrupos simultáneos. Pese a que la matriculación es mayor, la afluencia es de unos 30 estudiantes en el grupo grande.

Se propone el diseño y aplicación de un Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA), basado en Delord, Hamed y otros (2020). El objetivo de este CIMA es que el aprendizaje emerja de una forma natural de los/as estudiantes, mediante el uso de, principalmente, actividades que fomenten sus ideas, y actividades de contraste que les hagan replantearse las mismas. Para ello, se proponen distintas actividades a lo largo de 4 sesiones (8h en total), de forma que sean atractivas para ellos/as, y útiles para comprender la unidad en cuestión.

El resto del capítulo se estructura así: en una primera sección se muestra el diseño previo del CIMA; posteriormente, se muestran los detalles derivados de la aplicación del CIMA, incluyendo las sensaciones recogidas y la evaluación del aprendizaje de los/as estudiantes; por último, una sección de evaluación del CIMA como metodología docente.

Diseño previo del CIMA

Generalmente, en las clases de esta asignatura primero se presenta el contenido de la unidad, el nuevo tipo de dato en este caso; posteriormente se presentarían los distintos tipos de operaciones que se pueden realizar; y, por último, se pasaría a la resolución de problemas usando el TAD estudiado. Por el contrario, el diseño de este CIMA se basa, principalmente, en la presentación de problemas al estudiantado, de forma que tengan que enfrentarse a ellos antes incluso de conocer el tipo de dato o sus operaciones disponibles. De este modo, por un lado, se promueve el pensamiento crítico y por otro, se consigue aumentar su capacidad de resolución de problemas mediante la abstracción de los contenidos ya adquiridos anteriormente en el curso (Bain, 2005).

A continuación, se presentan: el mapa de contenidos y problemas clave involucrados en la unidad objeto del CIMA; el modelo metodológico y secuencia de actividades a seguir en algunas de las sesiones para lograr los



objetivos propuestos; y el cuestionario utilizado para evaluar el conocimiento de los/as estudiantes antes y tras la aplicación del CIMA.

Mapas de contenidos y problemas claves

En la figura 1 se muestra el mapa de contenidos y problemas que resume la unidad del TAD Grafo, incluyendo las relaciones entre ellos (Porlán, 2017). El contenido se engloba en 4 grandes problemas clave (representados en 4 grandes bloques de colores) que ayudarán a obtener, progresivamente, el aprendizaje esperado. Se identifican 3 tipos de contenidos: conceptuales, que los/as estudiantes deben conocer y comprender; procedimientos intelectuales, donde deben ser capaces de realizar esas operaciones por ellos/as mismos/as; y actitudinales, donde se favorecen distintas actitudes y comportamientos del alumnado.

Modelo metodológico y secuencias de actividades

El modelo metodológico de la figura 2 muestra, de una forma general, el peso y temporalidad de cada uno de los tipos de actividades diseñados para el CIMA (Porlán, 2017). La sesión comienza con una introducción (I), y finaliza con unas conclusiones (C), ambas con un peso similar. Tras introducir la clase, se suele presentar un problema (Pr), el cual será posible resolver con los contenidos vistos posteriormente durante la clase. En algunos casos, será necesario incluir también una pequeña parte de exposición de contenidos teóricos (T), ya sea para presentar formalmente el TAD Grafo, o para explicar alguno de los conceptos que los/as estudiantes aún no conocen, y sin los cuales, podrían existir ciertas carencias que dificultarían la consecución de los objetivos. Hay que tener en cuenta que las explicaciones teóricas no significan una clase magistral básica, sino que siempre deben tener una alta componente de interacción con el alumnado, para igualmente conocer sus ideas y dudas al respecto. Por último, y como se observa por su gran peso en el diagrama, la clase se desarrolla con el uso principalmente de actividades que involucren las ideas de los alumnos (IA) y actividades de contraste (AC) que les permita replantearse sus razonamientos y que aprendan por sus propios medios. Las actividades IA y AC están estrechamente relacionadas entre sí, pues cada actividad de IA suele tener su AC asociada, para que el profesor pueda corroborar y/o ayudar a que el aprendizaje sea el correcto.



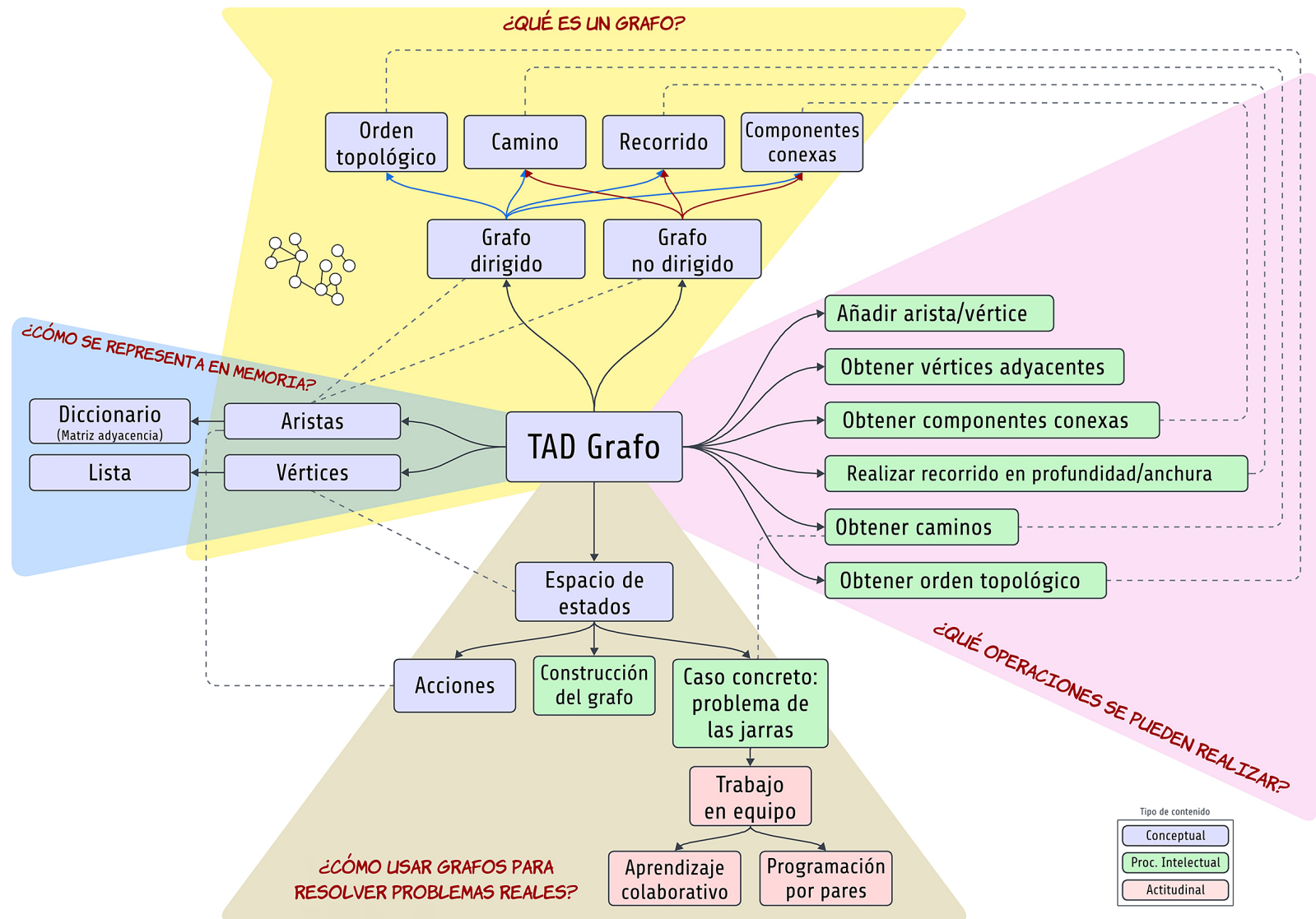


Figura 1. Mapa de contenidos y problemas clave



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

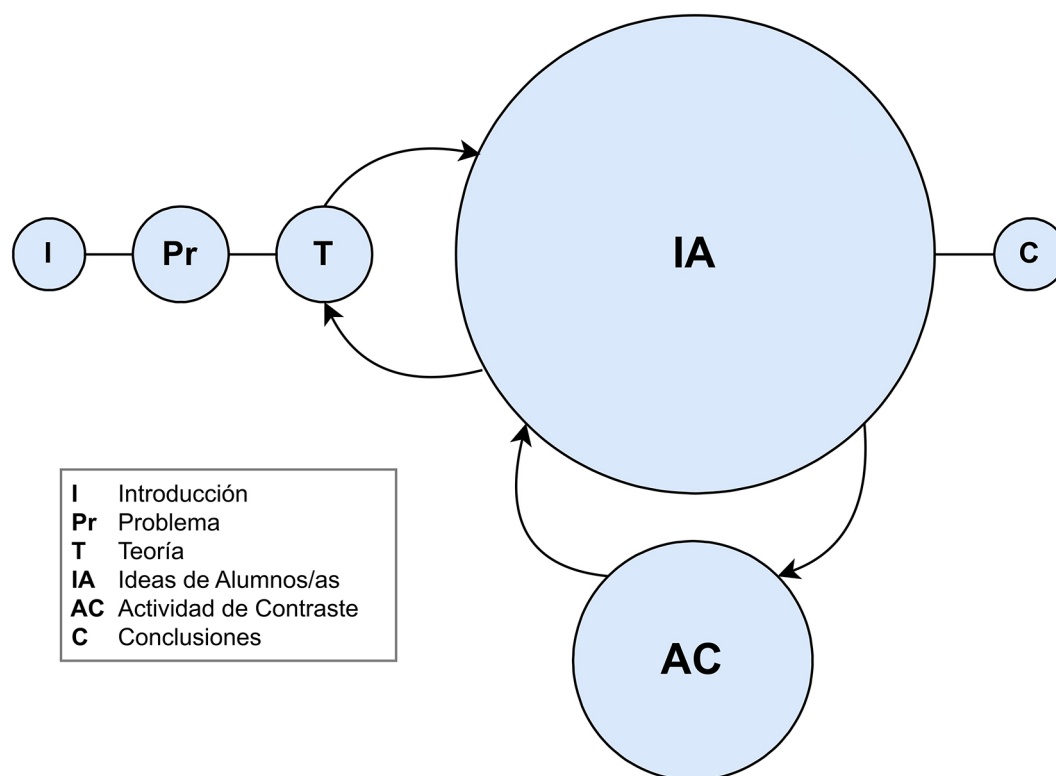


Figura 2. Modelo metodológico

Se incluyen a continuación en la tabla 1 la secuencia de actividades planificadas para la primera sesión del CIMA a modo de ilustración. La sesión tiene una planificación de 110 minutos (recordemos que las clases son de 2h), y en ella se presenta el TAD Grafo. Cabe destacar que, de las 4 sesiones, es la que tiene un mayor peso de partes de *Teoría* planificadas. Por otro lado, la sesión 2 tiene como objetivo analizar el comportamiento del recorrido en un grafo, así como los caminos que genera cada tipo de recorrido, y el análisis de componentes conexas. La sesión 3 pretende trabajar sobre grafos dirigidos, realizando operaciones sobre estos, incluyendo el orden topológico; además, se presentaría la resolución de un problema en espacio de estados, necesario para realizar la sesión 4. Por último, en la sesión 4 y última, se planifica un trabajo en pequeños equipos, donde tienen que resolver el problema del puzzle-8, que abordarán poco a poco mediante la implementación de un grafo que modele el problema. Además, en este caso, se propone una especie de competición donde se tendrá en cuenta en el apartado de evaluación correspondiente a la participación en clase, aquellos equipos que logren resolver cada uno de los subproblemas en el tiempo dado.

Tabla 1. Secuencia de actividades de la Sesión 1 del CIMA – Introducción al TAD Grafo

Actividad Tiempo	Descripción
I 10 min	Introducción al tema. Comenzar la clase presentando el mapa de contenidos. Presentar un ejemplo del puzle-8, mediante un juego <i>online</i> , para ir sembrando el problema que se resolverá en la última sesión.
Pr1 2 min	Problema grafo aula. Pedir que dibujen un grafo que represente la distribución del aula, donde cada uno/a de ellos/as (vértices) podría hablar con los/as compañeros/as con los que tenga contacto directo (aristas).
IA1 10 min	Dibujo del grafo por parte de los/as estudiantes. Permitir que hagan el dibujo en papel. Posteriormente, pedir a uno/a que lo dibuje en la pizarra.
Pr2 2 min	Modificación de Pr1. Preguntar qué modificaciones harían para que una persona no pueda hablar con otra a su espalda, pero sí pueda escucharla.
AC1 5 min	Ideas y contraste de Pr2. Recibir ideas de los/as estudiantes, que el profesor irá modificando en la pizarra y comentando. Habremos introducido los conceptos de grafo no dirigido (Pr1) y dirigido (Pr2).
T1 10 min	Clase Vértice y clase Grafo. Analizar la clase Vértice y Grafo. Idealmente, los/as estudiantes ya habrán leído esa parte del material de clase.
T2 10 min	Análisis métodos clase Grafo. Analizar los métodos básicos de la clase Grafo encargados de añadir y obtener vértices y añadir aristas.
Pr3 2 min	Implementación grafo aula. Pedir a los/as estudiantes implementar en Python el grafo no dirigido que representa la distribución del aula.
IA2 / AC2 12 min	Implementación grafo aula por los estudiantes (IA2). Los/as estudiantes implementan el grafo del Pr3, para familiarizarse con el TAD Grafo. Vigilancia, debate y análisis Pr3/IA2 (AC2). Mientras los/as estudiantes implementan el Pr3, el profesor pasa entre ellos/as para ver cómo trabajan, resolver dudas, o debatir con ellos y proporcionar ideas.
Pr4 4 min	Operaciones sobre el grafo. Pedir que, sobre el grafo implementado, realicen algunas operaciones usando los métodos disponibles en la clase Grafo, como: conocer cuántas personas hay en la clase; conocer el índice del vértice del grafo que los representa a ellos/as mismos/as; conocer si las personas x e y pueden hablar entre ellas, dados sus nombres; o conocer con qué otras personas pueden hablar cada uno/a de ellos/as.
IA3 / AC3 25 min	Implementación de las operaciones sobre el grafo (IA3). Se deja tiempo para que, preferiblemente en pequeños grupos, implementen el Pr4. Vigilancia, debate y análisis Pr4/IA3 (AC3).
Pr5 2 min	Problema recorrido. Supongamos que cada uno de los/as estudiantes le dice algo a todos/as los/as compañeros/as que puede, y estos/as a su vez hacen lo mismo. ¿Cómo podemos obtener el nombre de todas las personas que han escuchado el mensaje?



Actividad Tiempo	Descripción
IA4 / AC4 10 min	Ideas de los alumnos para el Pr5 (IA4). Los/as estudiantes piensan y anotan ideas sobre cómo resolver el problema Pr5. Vigilancia, debate y análisis Pr5/IA4 (AC4).
AC5 3 min	Comentario breve sobre el recorrido. El profesor comenta para todos/as los puntos clave para que, si es necesario, puedan terminar el Pr5 en casa.
C 3 min	Conclusiones. Recalcar lo visto en la sesión: qué es un grafo y como almacenarlo en Python, y realizar distintas operaciones sobre él.
AC6 Entre sesiones	Actividades para casa. Se pide a los/as estudiantes que analicen las implementaciones de los métodos de recorrido en la clase grafo y que rellenen una ficha de lectura. Se les proporcionará un vídeo sobre cómo se realiza el recorrido.

Cuestionario inicial-final

Con el objetivo de medir de la forma más fiel posible el aprendizaje real de los/as estudiantes (y de forma similar, poder evaluar el CIMA como tal), se pasará a los/as estudiantes un cuestionario antes y después de la aplicación del CIMA. Este cuestionario propone un problema real que les pueda parecer atractivo y útil, que a continuación presenta hasta 8 preguntas divididas en 3 bloques, donde las preguntas en cada bloque están encadenadas entre ellas (Finkel, 2008). En la tabla 2 se muestra un fragmento de dicho cuestionario. Todas las preguntas propuestas están relacionadas además con los distintos problemas clave presentados anteriormente en el mapa de contenidos de la figura 1.

Tabla 2. Cuestionario inicial-final

ID	Pregunta
	Eres parte del equipo de análisis de datos de una red social. De cada perfil en la red posees, entre otros, información acerca de su nombre de usuario, y de las personas a las que sigue y que le siguen. Por simplicidad, comenzaremos suponiendo que las relaciones de contacto son mutuas. Se solicita al departamento de análisis de datos obtener cierta información de la estructura y relaciones entre los distintos perfiles de la red social.
P1.1	Dibuja la información de la que dispones sobre la red social gráficamente de algún modo.



ID	Pregunta
P1.2	¿Cómo almacenarías esta información acerca de los perfiles de la red social y sus relaciones de seguimiento, en Python? Es decir, ¿qué estructura(s) de datos utilizarías, y por qué? ¿o qué atributos/variables (si has considerado crear una nueva clase) y de qué tipo utilizarías y por qué?
P2.1	¿Qué operaciones crees que serían útiles para realizar sobre la estructura de datos concreta que estás manejando? Indica simplemente el nombre, y una breve descripción solo en los casos que sea necesario.
P2.3	Si mandas un meme a todos tus contactos en la red social, y ellos a su vez se lo envían a todos sus seguidores, y así sucesivamente. ¿Cómo podríamos saber cuántas personas llegan a ver, al menos una vez, dicho meme? Apóyate para responder en el dibujo y en la estructura de datos (tanto para este caso como para los siguientes).

Aplicación del CIMA

A continuación, se relatan los detalles de la aplicación del CIMA, incluyendo un resumen de las sesiones y las sensaciones en las mismas; así como la evaluación del aprendizaje de los estudiantes, mediante el análisis de las respuestas a los cuestionarios inicial y final a través de las escalas de aprendizaje.

Relato resumido de las sesiones

En líneas generales, las sensaciones recogidas durante la aplicación del CIMA son muy positivas, pero se desglosan a continuación con más detalle por cada una de las sesiones.

En la primera sesión, la asistencia fue más baja de lo habitual (12 alumnos/as en total), lo que, aun pudiendo ser un inconveniente, permitió un trato mucho más cercano y participativo con los/as asistentes. Las sensaciones de la sesión, tras haber hecho una planificación detallada de la misma, fueron muy positivas, ya que en todo momento se tuvo el control de lo que estaba ocurriendo y lo que quedaba por hacer. Además, el hecho de incluir varias actividades a resolver a lo largo de la clase, les ayudaba a comprender los distintos conceptos. La segunda sesión transcurrió de forma similar; en esta se forzaba a los/as estudiantes a trabajar en pequeños grupos, lo que hacía que les pareciese un trabajo más entretenido y motivador.



La sesión 3 fue la que se desvió algo más de la planificación propuesta, principalmente porque dos actividades (una AC para analizar uno de los conceptos que se dejaron como trabajo entre sesiones, y una actividad de Teoría) se demoraron más de lo esperado, por lo que el resto de la clase se vio penalizada. Se tuvo que variar el orden de algunas actividades al final, dejando una de ellas como trabajo para casa, siendo una de las peores sensaciones recogidas. De cara al futuro, se debería trabajar mejor la planificación de esta sesión, ajustada a los problemas que surgieron. Sin embargo, y pese a estos problemas, aun sentí la participación de los estudiantes, que seguían enganchados, resolvían con relativo éxito los distintos problemas y comprendían el temario.

En la cuarta y última sesión, hubo una afluencia de unos 20 estudiantes (más o menos en el promedio), lo cual unido a que era la única clase que tenían esa mañana, demostró el interés que tienen en la asignatura usando esta nueva metodología. Además, el hecho de proponerles un reto donde los equipos que vayan resolviendo los problemas primero obtendrían un extra en la participación de las sesiones, hizo que se involucrasen mucho más en la resolución de ejercicios. La sesión fue en gran medida según lo planificado, y estuve muy satisfecho con esta sesión.

Evaluación del aprendizaje de los estudiantes

Para evaluar el aprendizaje de los/as estudiantes durante la aplicación del CIMA, se usó el cuestionario presentado en la tabla 2, que se pasó antes de iniciar el CIMA, así como al finalizarlo. De este modo, podemos establecer los modelos mentales de cada uno/a de los/as estudiantes en cada una de las preguntas planteadas, y analizar su progreso. Hubo un total de 19 estudiantes que respondieron tanto al cuestionario inicial como final, conformando por tanto la muestra objeto de análisis.

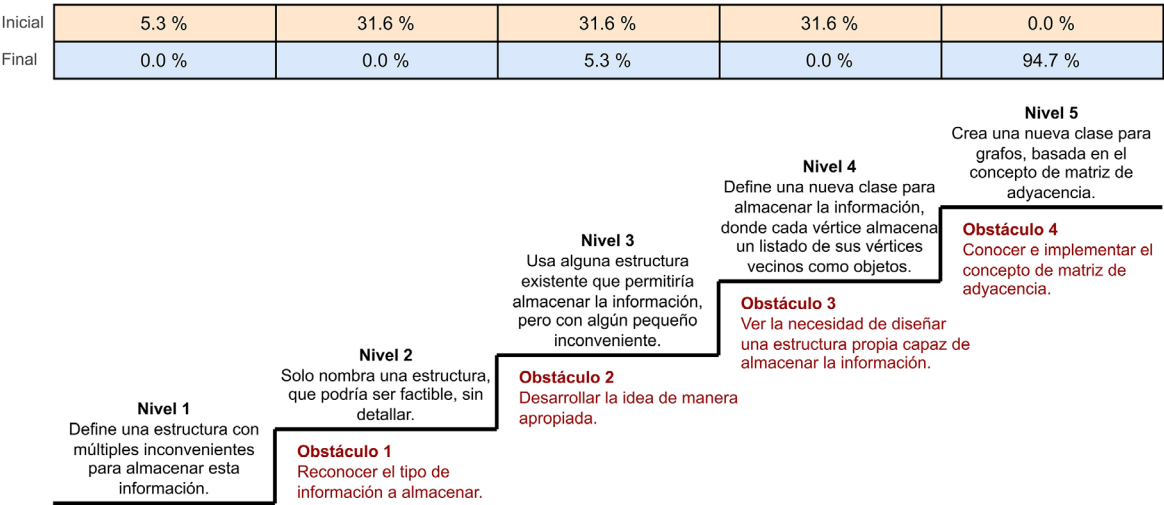
Las figuras 3 y 4 muestran dos de las escaleras de aprendizaje (Porlán, 2017) para las preguntas P1.2 y P2.3, a modo de ejemplo. Dichas escaleras incluyen varios niveles, correspondiendo a los posibles modelos mentales de los/as estudiantes para resolver ese problema, así como los obstáculos a afrontar para poder superar cada uno de los escalones y pasar al siguiente modelo mental. En la parte superior se muestra el porcentaje de estudiantes que estaban en cada uno de los niveles en el cuestionario inicial y final.

Como vemos, para la pregunta P1.2, al inicio los/as estudiantes se encontraban repartidos de forma bastante uniforme entre los niveles 2, 3 y 4, es decir, intentaban dar una solución al problema proponiendo alguna



estructura de datos (con mayor o menor nivel de detalle y/o posibles inconvenientes), pero ninguno de ellos determinó la posibilidad de almacenar un grafo mediante una matriz de adyacencia. Sin embargo, en el cuestionario final, la práctica totalidad de los/as estudiantes se encontraba en ese último nivel de modelo mental, mostrando un gran aprendizaje y mejoría en los modelos mentales de los/as estudiantes.

En la pregunta P2.3, los estudiantes estaban inicialmente repartidos entre los distintos niveles de la escalera, lo cual podría ser esperable, si aún no conocían el concepto de camino de un grafo. Sin embargo, en el cuestionario final, más del 80 % alcanzó el nivel superior, quedando únicamente uno/a de los/as estudiantes en cada uno de los demás niveles.



P1.2. ¿Cómo almacenarías esta información acerca de los perfiles de la red social y sus relaciones de seguimiento, en Python? Es decir, ¿qué estructura(s) de datos utilizarías, y por qué? ¿o qué atributos/variables (si has considerado crear una nueva clase) y de qué tipo utilizarías y por qué?

Figura 3. Escalera de aprendizaje de la pregunta P1.2

A modo de resumen de la evaluación del aprendizaje de cada alumno/a, la figura 5 muestra, para cada estudiante y cada pregunta, el número de escalones que mejora (en verde), o empeora (en rojo). Las celdas en amarillo indica que no hubo mejoría, y en gris, que el/la estudiante no respondió a esa pregunta en el cuestionario inicial y/o final, impidiendo estudiar el progreso. Además, la última columna indica el número de niveles promedio, por pregunta, que mejoró cada estudiante; mientras que la última fila de la parte derecha indica el número de niveles promedio por estudiante que se mejoró en cada pregunta.



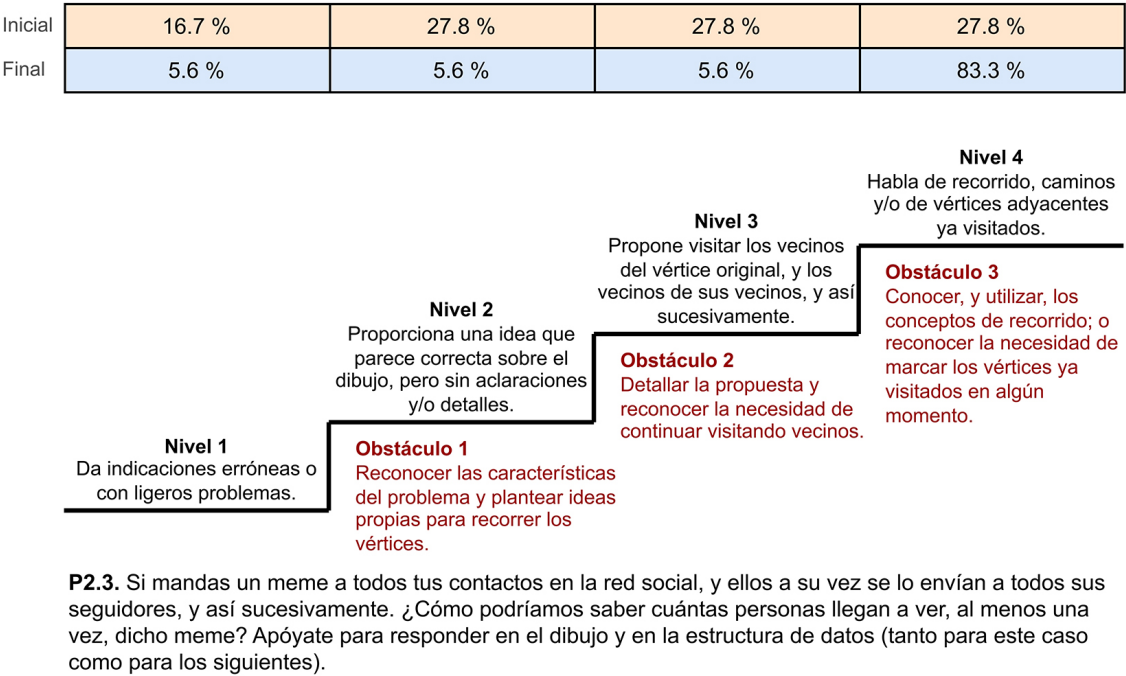


Figura 4. Escalera de aprendizaje de la pregunta P2.3

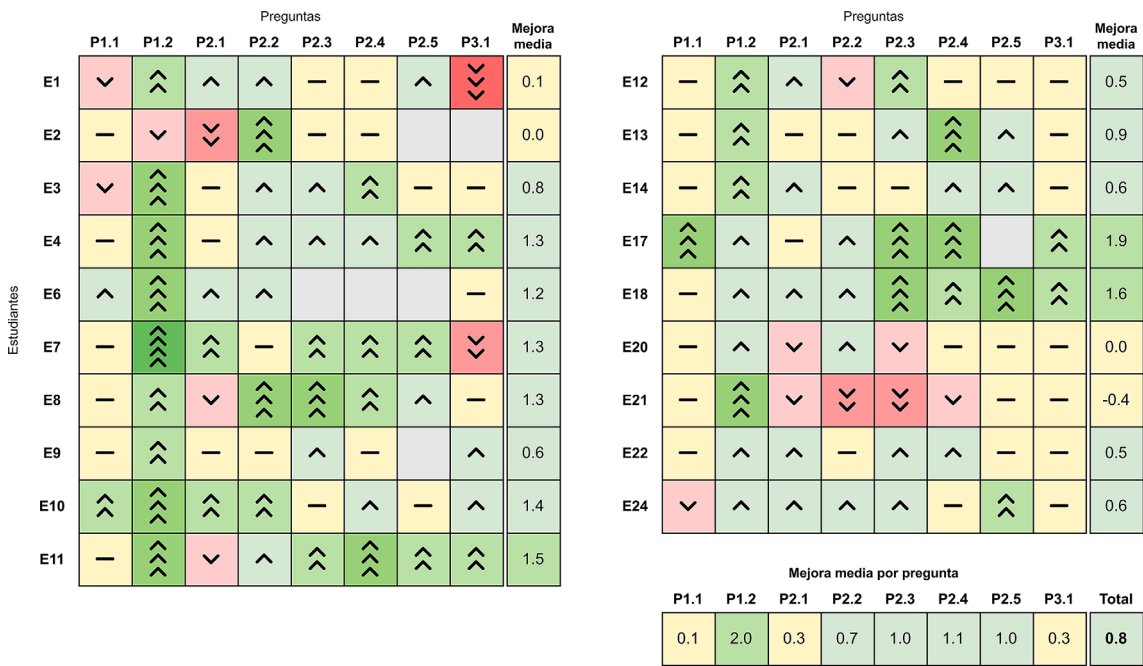


Figura 5. Evolución en los modelos mentales por estudiante y pregunta



En promedio, cada estudiante mejoró 0.8 escalones o niveles en su modelo mental por pregunta. Cabe destacar que había preguntas, como la P1.1, o la P3.1, en la que la mayoría de estudiantes se encontraba ya en el nivel más alto de la escalera en el cuestionario inicial, lo que limita el avance de dichos estudiantes y puede falsear de algún modo la estadística media de mejora. Para ello, mostramos también en la figura 6 un gráfico de cajas, donde se muestra el escalón promedio de cada estudiante en todas las preguntas en el cuestionario inicial y final. Vemos como no solo los/as estudiantes tienen un modelo mental más alto en promedio en el cuestionario final, sino que también la variabilidad en el rango de niveles es mucho menor al terminar el CIMA, lo que indica que se suelen centrar en torno a los niveles más altos de las escaleras.

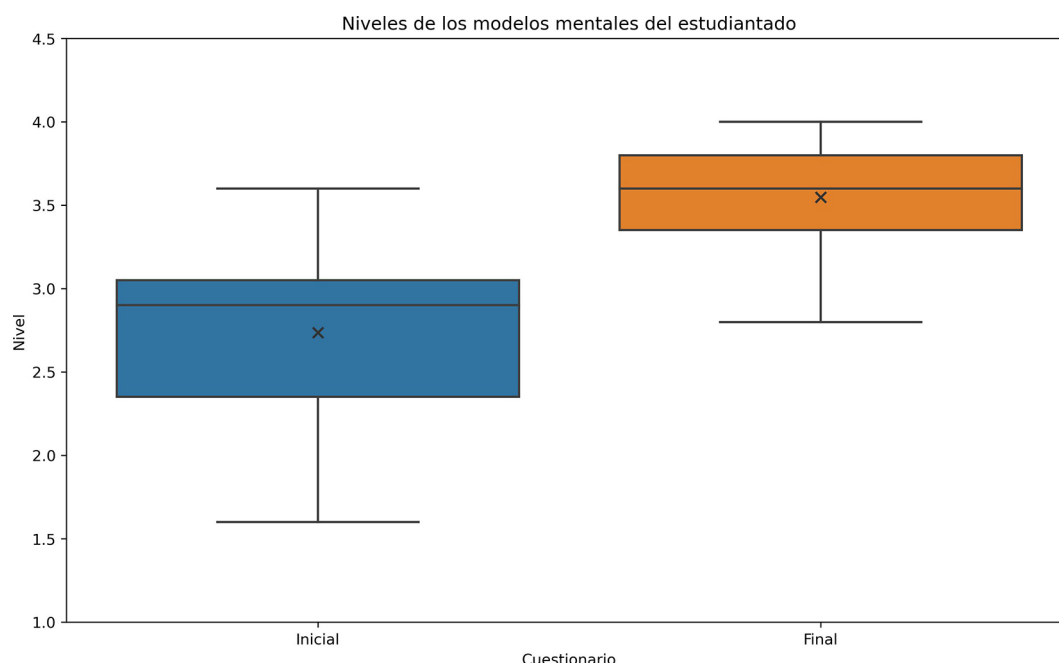


Figura 6. Evolución promedio en los modelos mentales de los estudiantes entre el cuestionario inicial y final

Evaluación del CIMA

Se ha demostrado, por medio de los resultados en la sección anterior, que el CIMA ha sido fructífero y ha mejorado los modelos mentales de los/as estudiantes en los distintos problemas objeto de estudio. Aun así, hay ciertos aspectos que deberían evaluarse y rediseñarse para mejorar futuros CIMAs, tal y como se detalla a continuación.



Aspectos a mantener o cambiar en un futuro CIMA

El principal aspecto a mantener en futuros CIMA es hacer que los/as estudiantes sean partícipes en todo momento. Esto ha hecho que su participación y motivación incrementen considerablemente respecto a las sesiones anteriores al CIMA, conllevando a una mejora en su aprendizaje que, más allá de lo evaluado en la sección anterior, también se nota en su propia actitud. El hecho de incluir diversos problemas tipo reto o puzzle, hace las sesiones mucho más dinámicas y entretenidas.

En cuanto a aspectos a cambiar, uno de los principales sería tratar de hacer una planificación más realista en algunos puntos que, si bien en este experimento estaba relativamente encastrada para dar el tema completo en 8h, en futuras iteraciones podría desaparecer un poco el miedo a tener que dar todo el contenido en únicamente esas 4 sesiones.

Principios Docentes para el futuro

Se destacan los siguientes principios docentes que se consideran útiles para el futuro, dada su buena experiencia durante este CIMA:

- Sesiones centradas alrededor de actividades con ideas de los/as alumnos/as.
- Resolución de problemas que les parezcan interesantes o divertidos.
- Uso de materiales extra, como pequeños vídeos explicativos, para fomentar el aprendizaje autónomo entre sesiones.

Referencias bibliográficas

- Bain, K. (2005). *Lo que hacen los mejores profesores universitarios*. Publicaciones 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). Experiencias que enseñan: crear esquemas para el aprendizaje. En *Dar clase con la boca cerrada*, traducido por Barberá, O. (pp. 153-183). Publicaciones Universidad de Valencia.
- Porlán, R. (2017). *Enseñanza universitaria. Cómo mejorarla*. Morata.

