

Innovación en la enseñanza de los modelos poblacionales

Innovation in the teaching of population models

Alejandro Bandera Moreno

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5633-2333>

Universidad de Sevilla

*Departamento de Ecuaciones Diferenciales
y Análisis Numérico*

abandera@us.es

DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/9788447227631.061>

Pp.: 873-886



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

Resumen

En el presente trabajo se resumen los resultados obtenidos tras la implementación de un Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA) en la asignatura de Informática Aplicada a la Biología impartida en el primer cuatrimestre del primer año del Grado en Biología durante el curso 2023/24. En particular, el CIMA se centró en el tercer módulo de la parte de prácticas de la asignatura, que trata sobre los modelos poblacionales, tanto discretos como continuos. El principal objetivo del CIMA es mejorar la capacidad de análisis de los estudiantes para poder realizar una toma de decisiones más acertada.

Palabras clave: Informática aplicada a la biología, grado en biología, docencia universitaria, desarrollo profesional docente, modelos poblacionales.

Abstract

This paper summarizes the results obtained after the implementation of an *Improvement Cycle in Classroom* (ICIC) in the subject of Computer Science Applied to Biology taught in the first quarter of the first year of the Degree in Biology during the academic year 2023/24. In particular, the ICIC is focused on the third module of the practical part of the subject, which deals with population models, both discrete and continuous. The main objective of this ICIC is to improve the analysis capacity of students to be able to make more accurate decisions.

Keywords: Informatics applied to biology, degree in biology, university teaching, teacher professional development, poblational models.



Introducción

La asignatura en la que se ha realizado este Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA) es Informática Aplicada a la Biología del primer cuatrimestre del primer curso del Grado en Biología. La asignatura se divide en una parte teórica (2,6 créditos ECTS) y una parte de prácticas con ordenador (3,4 créditos ECTS), esta última se divide a su vez en tres módulos: hojas de cálculo, introducción a la programación e introducción a los modelos poblacionales. El CIMA se ha aplicado en la última parte de la parte de prácticas (4 sesiones) con una duración de 10 horas. El grupo de prácticas consta de 35 alumnos, de los cuales entre 20 y 25 han venido a todas las sesiones del CIMA. El concepto de CIMA fue introducido en Porlán (2017) e implantado en trabajos posteriores como de Alba y Porlán (2020) y Porlán y Villarejo-Ramos (2022). Para ejemplos de aplicaciones de los CIMA en diferentes áreas, referimos al lector a los Monográficos del Programa FIDOP de la Universidad de Sevilla.

Diseño previo del CIMA

La parte de prácticas con ordenador de la asignatura está dividida en tres módulos: hojas de cálculo, introducción a la programación e introducción a los modelos poblacionales. El CIMA se ha desarrollado en el tercer módulo. En este bloque se relacionan los conceptos aprendidos en los módulos anteriores, sobre todo los del segundo módulo, y en otras asignaturas, como Matemática Aplicada a la Biología, con conceptos biológicos sobre modelos poblacionales.

El fin último de estas sesiones, además de enseñar las herramientas para simular con el ordenador la evolución de las poblaciones, es capacitar al alumnado para interpretar los resultados de las simulaciones. La duración del CIMA ha sido de 4 sesiones de dos horas y media, con un total de 10 horas, todas ellas presenciales.

Mapas de contenidos y problemas claves

El mapa de contenido diseñado (ver figura 1) responde a los elementos relacionados con el último módulo de la parte de prácticas de informática. En él se responden a cuatro cuestiones: ¿Qué son? (en verde), ¿Cómo se estudian? (en azul), ¿Para qué se utilizan? (en morado), y ¿Cómo se toman decisiones? (en naranja). En particular, el CIMA está planteado para centrarse en las tres últimas cuestiones.

Se destacan las relaciones con otras asignaturas y con las demás partes de teoría y de prácticas de la asignatura. El problema clave a tratar en



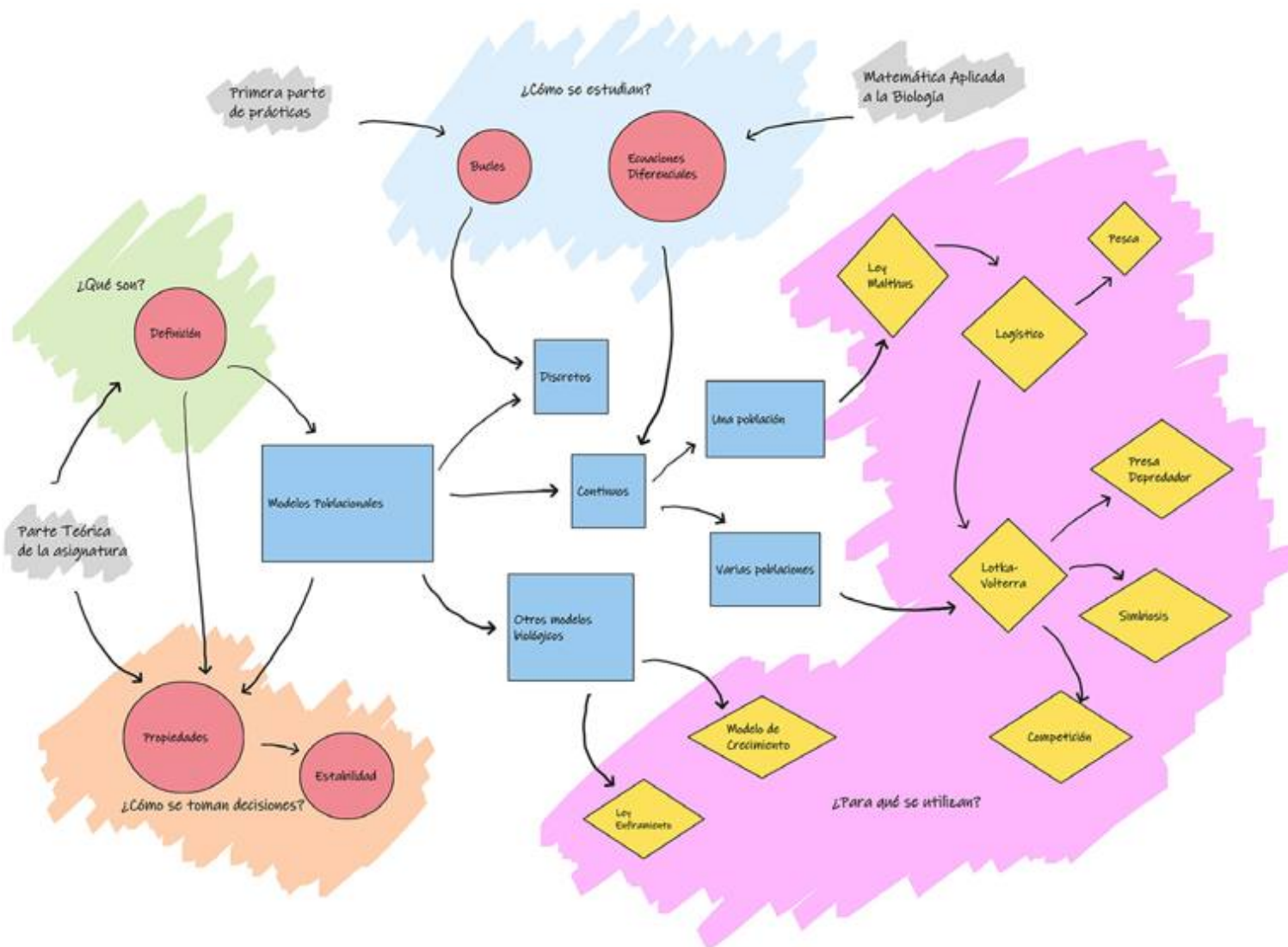


Figura 1. Mapa de contenidos.



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

ese CIMA sería mejorar la interpretación de resultados para la toma de decisiones en cada uno de los modelos por parte del alumnado.

Modelo metodológico y secuencias de actividades

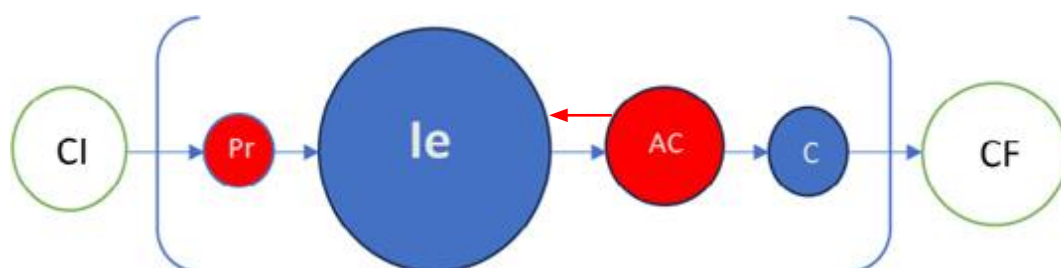


Figura 2. Modelo metodológico.

En la figura 2 podemos observar cómo empezamos y terminamos el modelo metodológico con unos cuestionarios (CI y CF), estos se pasarán al principio de la primera sesión y al final de la cuarta sesión.

Por otro lado, se muestran entre corchetes una secuencia de actividades que se repetirán varias veces a lo largo de las sesiones.

- Empezamos con la presentación de un problema (Pr).
- Seguimos con una breve discusión (le) sobre cómo solucionar parcial o totalmente el problema planteado.
- Cuando hemos avanzado en la posible resolución del problema, se les plantea a los alumnos una actividad de contraste (AC) que deberán realizar por su cuenta (individualmente o en grupo) con los conocimientos que han adquirido durante la fase de discusión (le).
- De aquí surgen dos posibilidades:
 - El problema se ha resuelto satisfactoriamente. En este caso, los alumnos elaboran de forma guiada unas conclusiones (C) sobre cómo deben resolverse los problemas similares en el futuro. Se propone un nuevo problema (repetición del corchete).
 - El problema no se ha resuelto satisfactoriamente. En este caso, tras una pequeña indicación se les guía hacia una posible mejor resolución del problema, seguimos la flecha roja y volvemos al punto (le).

El lector interesado puede encontrar en Porlán (2017), una presentación pormenorizada de los modelos metodológicos y sus elementos.



Tabla 1. Secuencia de actividades

| Actividad Tiempo | Descripción |
|--|---|
| Sesión 1: Cuestionario e introducción a modelos poblacionales discretos | |
| CI 30 min | Cuestionario Inicial. |
| le.1.1 20 min | Breve repaso de algunos conceptos vistos en sesiones anteriores que nos harán falta durante el desarrollo de esta sesión: función anónima, bucles. |
| le.1.2 50 min | Explicación de representación gráfica. |
| Pr.1.1-le.1.3 10 min | Discusión previa sobre el concepto de modelo discreto y su posible uso para el estudio de fenómenos biológicos. |
| AC.1.1 30 min | Dinámica de población de roedores. <i>«Se sabe que la dinámica de población de cierto tipo de roedores en decenas en cierto día n, depende de la población del día anterior de acuerdo con el siguiente modelo discreto $f(x)=x \cdot \exp(2x-3)$. Calcula cuantos roedores habrá pasados 10 días si en el día 1 hay 12 individuos. Calcula también si en el día 1 hay 15 y 18 individuos. Representa todos los resultados en la misma gráfica».</i> |
| C.1 10 min | Conclusiones de la sesión. |
| Sesión 2: Estabilidad de modelos discretos e introducción a modelos continuos | |
| le 2.1 15 min | Repaso de la sesión anterior. |
| Pr.2.1-le.2.2 25 min | Se introduce el concepto de puntos de equilibrio y estabilidad y los comandos necesarios para determinarla: paquete del cálculo simbólico. Se hacen algunos cálculos con este. |
| AC.2.1 15 min | Calcular los puntos de equilibrio y la estabilidad del modelo anterior. Comparativa con los resultados gráficos. |
| AC.2.2 25 min | Se pide repetir el estudio para el modelo logístico completo. |
| C.2.1 10 min | Conclusiones de modelos discretos. |
| Pr.2.2-le.2.3 15 min | Discusión previa sobre el concepto de ecuación diferencial y su posible uso para el estudio de fenómenos físicos y biológicos. |



| Actividad Tiempo | Descripción |
|---|---|
| AC.2.3 35 min | Se introducen los nuevos comandos necesarios para la resolución de ecuaciones diferenciales: ode15, ode23, ode45. Y se propone la primera actividad de contraste: Modelo de Malthus. <i>«La población mundial en el año 1985 era de aproximadamente 4830 millones de personas y, la constante de crecimiento es $k=0,0170$. Suponiendo que el crecimiento de la población se rigiera por el modelo exponencial, calcular el valor estimado de la población mundial en el año 2010, en 2022 y 2050. Interpretación de los resultados».</i> |
| C.2.2 10 min | Conclusiones de la sesión. |
| Sesión 3: Modelos continuos unidimensionales | |
| Pr.3.1-Ie.3.1 20 min | Repaso de la sesión anterior. Breve discusión de los resultados obtenidos en el problema de la sesión anterior y sobre cómo poder incluir un posible límite en la producción de alimentos. |
| AC.3.1 20 min | Modelo logístico. <i>«En una granja de 40.000 aves hay un pollo contagiado con la gripe aviar. Si suponemos que la rapidez de contagio es directamente proporcional al número de aves contagiadas multiplicado por el número de no contagiadas, siendo la constante de proporcionalidad $k=4e-5$ (midiendo el tiempo en días), determinar en cuánto tiempo un 75% de los pollos de la granja quedarían infectados. Interpretación de los resultados».</i> |
| Ie.3.2 5 min | Breve discusión de los resultados obtenidos y sobre cómo poder introducir el hecho de que la población se extinga si baja de un umbral determinado. |
| AC.3.2 20 min | Modelo de efecto Allee. <i>«Constante de crecimiento $\lambda=0.01$, capacidad=500, umbral inferior=100».</i> |
| Ie.3.3 5 min | Breve discusión de los resultados obtenidos. Se comenta que existen otros modelos de ecuaciones diferenciales que también modelan dinámica de poblaciones u otros fenómenos biológicos. |
| AC.3.3 20 min | Modelo de pesca sostenible. <i>«Piscifactoría con capacidad para 10000 peces y con una constante de reproducción de $1e-3$, se pescan peces a razón de 100 por día. Suponiendo que al inicio hay 2000 peces, obtener su evolución. Interpretar los resultados».</i> |
| Ie.3.4 10 min | Puntos de equilibrio y estabilidad para modelos continuos. |
| AC.3.4 40 min | Cálculo de los puntos de equilibrio y estudio de su estabilidad para todos los modelos anteriores. |
| C.3 10 min | Conclusiones de la sesión. |



| Actividad Tiempo | Descripción |
|---|---|
| Sesión 4: Modelos continuos bidimensionales y cuestionario final | |
| Pr.4.1-Ie.4.1 10 min | Discusión previa sobre el modelado de dinámica de dos poblaciones que interactúan entre ellas. |
| Ie.4.2 20 min | Posteriormente, se comenta cómo se resuelve dentro de Matlab. Después, se comenta cómo se llevaría a cabo el estudio de los puntos de equilibrio y su estabilidad, que difiere ligeramente de lo calculado en discreto y 1D. |
| AC.4.1 75 min | <p>Modelo de Lotka-Volterra. <i>«Resolución, junto al cálculo de puntos de equilibrio y estabilidad, para presa-depredador, simbiosis y competición.»</i></p> <p>Presa-Depredador [25 min]: Parámetros medidos en días: $r=0.04$, $s=-0.04$; $C=K=100$; $a=-0.004$, $b=0.004$. Se quiere hacer el estudio durante un año, el uno de enero hay 10 presas y 30 depredadores. ¿En qué mes se alcanza por primera vez el mayor número de presas?</p> <p>Competición [25 min]: Parámetros medidos en días: $r=0.03$, $s=0.04$; $C=K=100$; $a=-0.004$, $b=-0.002$. Se modela durante un año, calcula la estabilidad de todos los puntos de equilibrio y comprueba gráficamente el punto que sea estable. ¿Cuándo se extingue una de las poblaciones si inicialmente hay 30 y 10 individuos respectivamente?</p> <p>Simbiosis [25 min]: Parámetros medidos en semanas: $r=-0.6$, $s=-0.2$; $C=150$, $K=200$; $a=0.02$, $b=0.015$. Se modela durante 30 semanas. Si inicialmente hay 10 individuos de la especie 1 y 30 de la especie 2, comenta lo que ocurre. ¿Qué ocurre si nos hemos equivocado al etiquetar las especies?»</p> |
| C.4 15 min | Dedicamos 15 minutos a hacer recopilación de lo aprendido en esta sesión y en las tres anteriores. |
| CF 30 min | Cuestionario Final. |

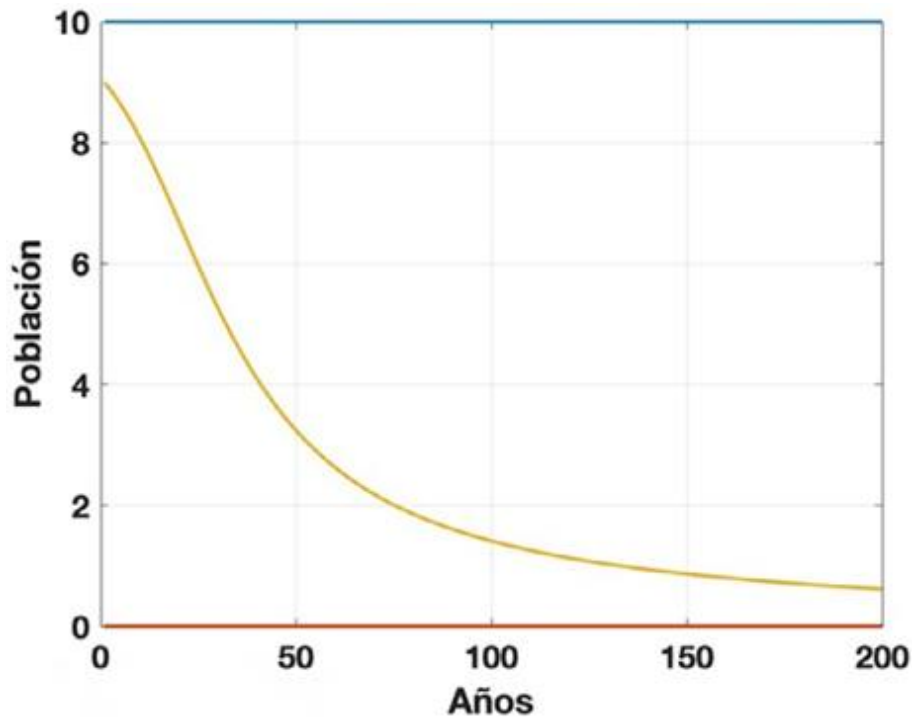
Cuestionario inicial-final

Los cuestionarios inicial y final son exactamente iguales, de esa forma se elimina la posible subjetividad de interpretación de las cuestiones y sus respuestas por parte del profesor. Las preguntas se dividen en tres bloques: Modelos discretos, modelos continuos de una población y modelos de varias poblaciones.



Modelos discretos

1. Se tiene la siguiente gráfica, donde cada línea representa la evolución de una población para diferentes valores iniciales, el eje de ordenadas está en miles. Determina los puntos de equilibrio y comenta su posible estabilidad. Discute que puede ocurrir si la población inicial es de 4000 individuos.



Modelos continuos de una población

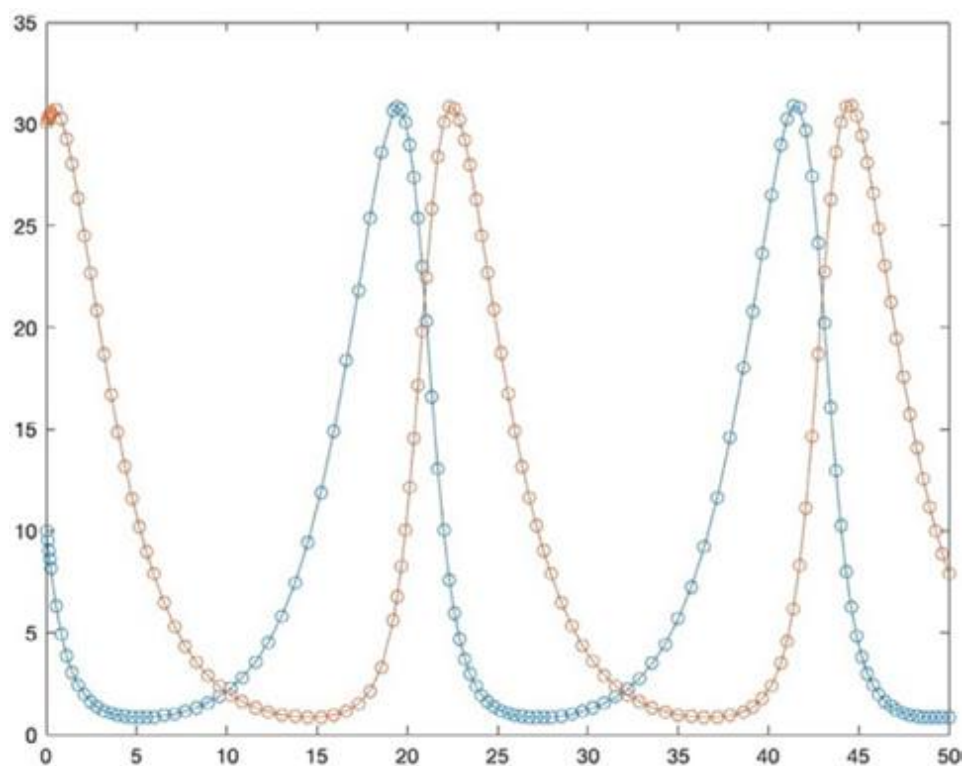
2. Tras un estudio sobre la dinámica de población de cierta especie de molusco, se ha determinado que el punto de equilibrio $y=0$ es estable y que siguiente punto crítico es menor que la cantidad actual de individuos. Valora la posible evolución de la población de esa especie. Haz un esbozo de la evolución de la población con respecto al tiempo.

Modelos de varias poblaciones

3. Compara cualitativamente la interacción entre dos especies con relación presa-depredador, la interacción entre dos especies con relación de competencia y la interacción de dos especies con relación de simbiosis.



4. Interpreta la siguiente gráfica e indica de que tipo de modelo Lotka-Volterra puede tratarse.



Aplicación del CIMA

Gracias a las semejanzas entre este CIMA y el realizado el año pasado, el desarrollo de las sesiones ha sido altamente satisfactorio. Además, hemos mejorado uno de los puntos débiles del CIMA anterior, a saber, el respeto de los tiempos designados a cada actividad. De esta forma, se les permite a los alumnos asentar mejor los conocimientos mientras realizan las actividades, y se puede hacer un seguimiento pormenorizado de aquellos alumnos que presentan más dificultades en su aprendizaje. La asistencia se ha mantenido en 20-25 alumnos.

Evaluación del aprendizaje de los estudiantes

Para evaluar el aprendizaje de los estudiantes, vamos a realizar una comparativa entre los resultados de los cuestionarios previo y final. Estos cuestionarios son anónimos, pero tienen un código por estudiante. Esto permite también hacer comparaciones individuales cuando se considere



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

necesario. En las gráficas siguientes presentamos los resultados obtenidos por pregunta.

En las preguntas 1, 2 y 4, tenemos cuatro niveles posibles de respuesta, siendo el nivel D, el nivel más bajo y el nivel A el más alto. Mientras que para la pregunta 3, tenemos solamente tres niveles, del C al A.

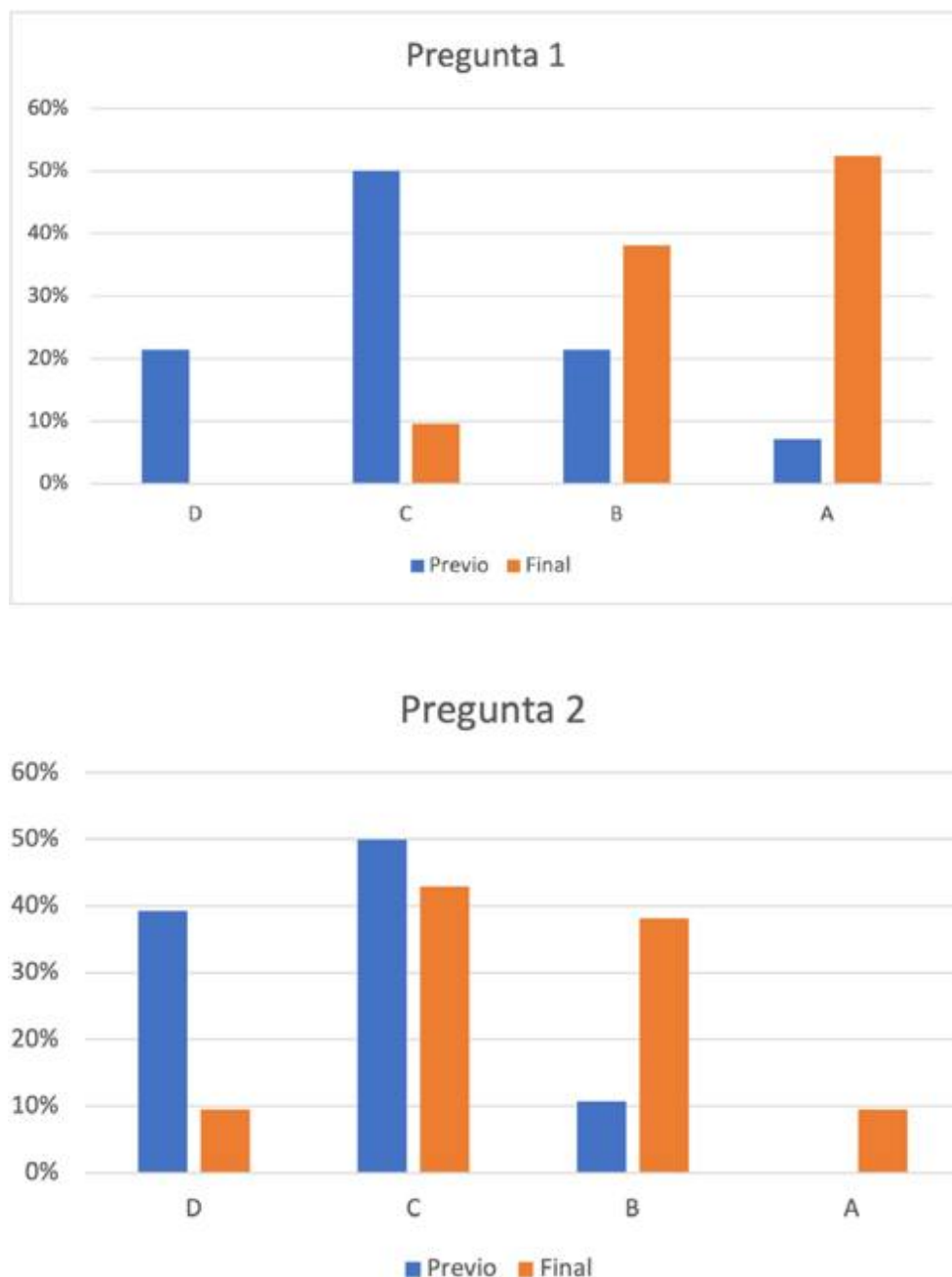


Figura 3. Resultados cuestionarios inicial y final.



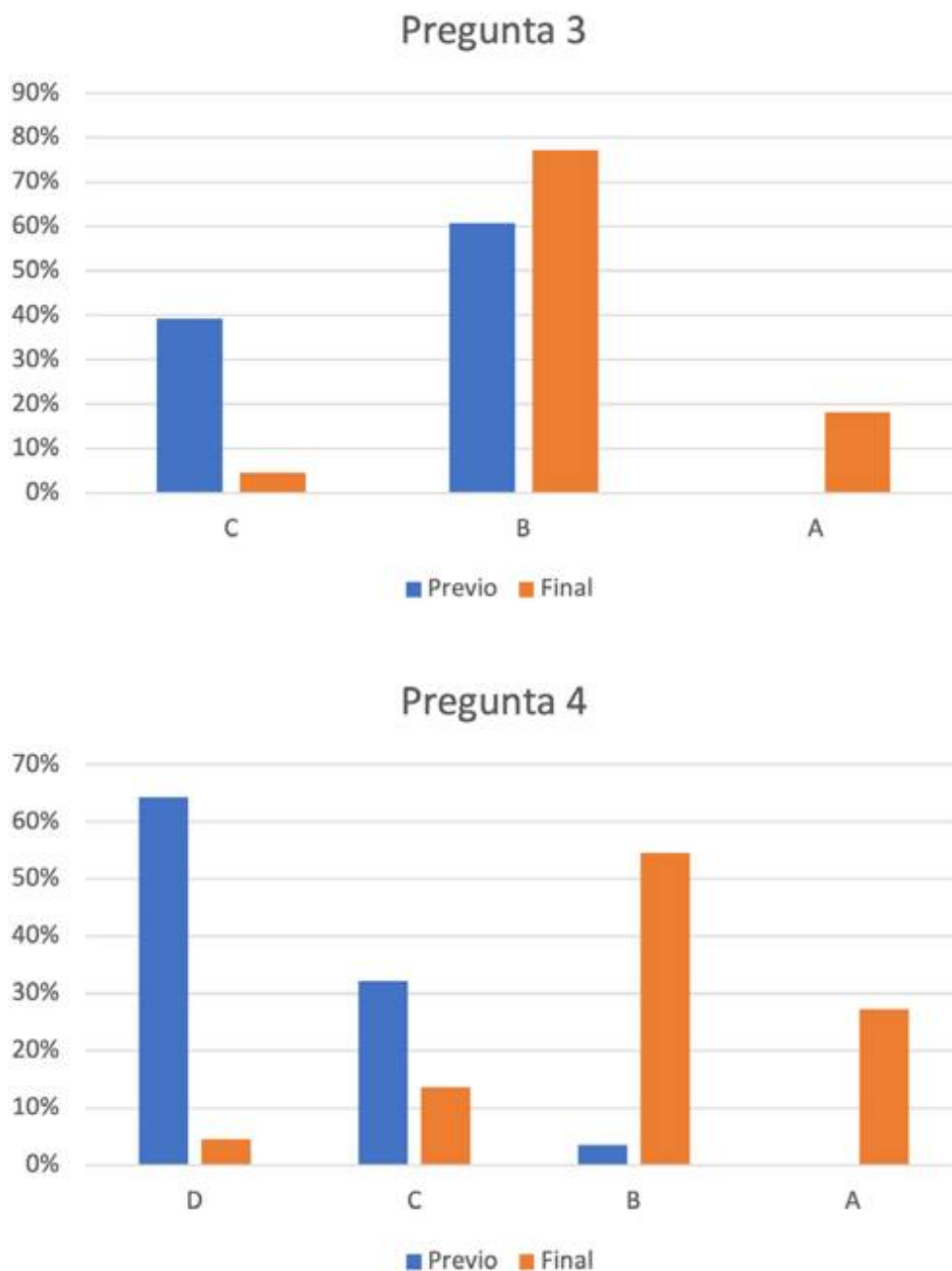


Figura 3. Resultados cuestionarios inicial y final (*continuación*).

Se puede observar claramente que los estudiantes mejoran en todas las preguntas. En particular, vemos un gran avance en la primera pregunta y la última.

Para ilustrar de mejor forma los resultados obtenidos, vamos a presentar el desempeño de 19 estudiantes. Previamente debemos realizar una cuantificación de los resultados de acuerdo con la siguiente fórmula. Para las preguntas 1, 2 y 4: D=0, C=1, B=2, A=3; para la pregunta 3: C=0, B=1,



A=2. Los puntos obtenidos se suman, de forma que el total de puntos a obtener es 11.

Tabla 2. Comparativa individual resultados cuestionarios inicial y final.

| Alumno/Código | Previo | Final | Mejora Absoluta | Mejora Relativa |
|---------------------|--------|-------|-----------------|-----------------|
| Albert Camus 33 | 3 | 8 | 5 | 63 % |
| Alex Turner 13 | 1 | 8 | 7 | 70 % |
| Alexander Turner 52 | 5 | 7 | 2 | 33 % |
| Channing Tatum 4 | 3 | 6 | 3 | 38 % |
| Dani Martin 8 | 2 | 9 | 7 | 78 % |
| Eladio Carrión 8 | 1 | 4 | 3 | 30 % |
| Emma Watson 10 | 3 | 6 | 3 | 38 % |
| Freddie Mercury 34 | 4 | 7 | 3 | 43 % |
| Ibon Zugasti | 2 | 6 | 4 | 44 % |
| Miley Cyrus 13 | 5 | 8 | 3 | 50 % |
| Myke Towers 15 | 1 | 6 | 5 | 50 % |
| Nicolas Cage 25 | 7 | 9 | 2 | 50 % |
| Oda 1074 | 5 | 7 | 2 | 33 % |
| Pedro Pascal 17 | 4 | 7 | 3 | 43 % |
| Rihanna 22 | 4 | 10 | 6 | 86 % |
| Saul Craviootto 16 | 0 | 2 | 2 | 18 % |
| Taylor Swift 13 | 3 | 10 | 7 | 88 % |
| The Weekend 19 | 5 | 7 | 2 | 33 % |
| Xavibo 13 | 2 | 7 | 5 | 56 % |
| Promedios | 3,16 | 7,05 | 3,89 | 50 % |

En la tabla 2, se puede ver claramente cómo todos los estudiantes mejoran al menos en dos puntos entre los cuestionarios, con varios alumnos que mejoran siete puntos. En la última columna representamos una magnitud que indica cuánto han mejorado los alumnos con respecto a lo que les faltaba para tener la puntuación perfecta. También estos resultados son muy satisfactorios, ya que al menos la mitad de los alumnos mejoran en, al menos, la mitad de lo que les faltaba. Este indicador puede ser de ayuda para poder evaluar la mejora de aquellos alumnos que se desempeñan bien en el primer cuestionario, como es el caso de Nicolas Cage 25, que,



aunque solo mejora dos niveles de forma absoluta, se trata de una mejora del 50 % con respecto a los contenidos que le faltaban por asimilar.

Evaluación del CIMA

A la vista de las sensaciones del autor y de los resultados obtenidos, podemos afirmar que la evaluación del CIMA es altamente satisfactoria. Cabe destacar también que el *feedback* recibido durante las sesiones por parte del alumnado también apoya la aplicación del CIMA, ya que su participación era constante durante las sesiones.

Aspectos a mantener o cambiar en un futuro CIMA

Como aspecto a mantener de este CIMA, nos debemos quedar con la mejora que se ha realizado con respecto al año pasado, dejando más tiempo para las actividades de contraste. De esta forma, los alumnos pueden asimilar mejor los procedimientos a seguir y, por tanto, mejora su aprendizaje.

Como aspecto a cambiar, añadiría una pregunta más al cuestionario y también recoger de alguna forma las opiniones del alumnado sobre como mejorar esta u otras partes de la asignatura. Por otro lado, estaría bien desarrollar una forma de cuantificar los resultados de forma objetiva, para simplificar el tratamiento de datos.

Referencias bibliográficas

- De Alba Fernández, N. y Porlán, R. (Coords.) (2020). *Docentes universitarios: Una formación centrada en la práctica*. Ediciones Morata.
- Porlán, R. (Coord.) (2017). *Enseñanza universitaria: cómo mejorarla*. Ediciones Morata.
- Porlán, R. y Villarejo-Ramos, Á. F. (Coords.) (2022). *Aprendizaje universitario. Resultados de investigaciones para mejorarlo*. Ediciones Morata.



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