

Ciclo de mejora docente aplicado a Genética Mendeliana

Teaching-improving cycle applied to Mendelian Genetics

Alberto Elías Villalobos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8299-2063>

Universidad de Sevilla

Departamento de Genética

aelias1@us.es

DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/9788447231898.008>

Pp.: 119-131



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

Resumen

En asignaturas de genética, la resolución de problemas es esencial para integrar y asimilar conceptos. El modelo metodológico tradicional suele centrarse en clases magistrales, complementadas con la resolución de problemas en casa por parte de grupos de alumnos y su posterior corrección pública en clase. En este capítulo, se describe el diseño y aplicación de un ciclo de mejora en el aula que aborda tres temas de Genética Mendeliana de la asignatura Genética I del Grado en Biología. El objetivo es aumentar la participación y motivación del alumnado en su proceso de aprendizaje. Para ello, se plantea una aproximación conceptual inicial desde fuera de la materia, así como la realización de actividades en clase, tanto individuales como grupales, que fortalezcan los conceptos fundamentales de la genética mendeliana y faciliten el abordaje de los problemas que deben resolver en casa. Los resultados de las escaleras de aprendizaje muestran un incremento significativo en los conocimientos de los alumnos al término de la experiencia. La respuesta de los estudiantes ha sido muy positiva, lo que se ha reflejado tanto en las calificaciones de la serie de problemas planteada tras la ejecución del ciclo de mejora, como en el examen parcial.

Palabras clave: Genética mendeliana, genética I, grado en biología, docencia universitaria, desarrollo profesional docente.

Abstract

In genetics courses, problem-solving is essential for integrating and assimilating concepts. The traditional methodological model often focuses on lectures, supplemented by students working in groups to solve problems at home, followed by public corrections in class. This chapter describes the design and implementation of an improvement cycle in classroom (ICIC) that addresses three topics in Mendelian Genetics as part of the Genetics I course in the Biology degree program. The objective is to increase student participation and motivation in their learning process. To achieve this, an initial conceptual approach is proposed from outside the subject matter, along with in-class activities, both individual and group-based, to strengthen the fundamental concepts of Mendelian genetics and facilitate the resolution of problems assigned as homework. The results of the learning steps show a significant increase in students' knowledge by the end of the experience. The students' response has been very positive, as reflected in their grades for the problem set designed after the implementation of the improvement cycle, as well as in the midterm exam.

Keywords: Mendelian genetics, genetics I, grade in biology, university teaching, teacher professional development.



Introducción

La asignatura en la que se ha desarrollado este Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA) es *Genética I*. Se trata de una asignatura obligatoria, de 6 ECTS, del primer cuatrimestre del segundo curso del Grado en Biología y se divide en grupos de unos 50 alumnos con diferentes profesores. Este CIMA se aplica a uno de estos grupos y aborda los tres primeros temas del bloque de genética mendeliana, con objetivos como: comprender la herencia de caracteres, la mitosis y meiosis, y el análisis genético en eucariotas. Además, busca desarrollar competencias como el espíritu crítico, la comunicación, el trabajo en grupo, el autoaprendizaje y técnicas de análisis genético, utilizando un modelo metodológico que facilite su consecución.

Aunque la genética mendeliana se introduce en etapas preuniversitarias, la simplificación en niveles inferiores genera ideas erróneas, lo que hace necesario cuestionar los conocimientos previos de los estudiantes. Otro desafío es fomentar la reflexión y resiliencia del alumnado, ya que el estudio de la genética requiere una constante reflexión a la que no están habituados. Tradicionalmente, las clases se basan en lecciones magistrales y resolución de problemas en casa. Este CIMA introduce actividades en clase para promover la participación activa y la actitud reflexiva de los estudiantes, complementadas con resúmenes al final de cada sesión para organizar y destacar los contenidos más importantes.

En este contexto, los contenidos de la asignatura se estructuran en niveles de complejidad, desde datos objetivos hasta conceptos que exigen análisis y aplicación de conocimientos.

Diseño previo del CIMA

La innovación docente se aplica a los tres primeros temas del bloque de genética mendeliana en *Genética I*, distribuidos en 8 sesiones de 50 minutos. En la primera sesión, se realiza un cuestionario inicial para evaluar las ideas previas y modelos mentales de los alumnos (Rivero y Porlán, 2017) y se repasan conceptos básicos del ADN. La segunda sesión aborda los cambios en el ADN y sus fuentes. La tercera trata la transmisión de información genética a través de la mitosis y la meiosis, mientras que la cuarta se centra en modelos reproductivos en distintos organismos. En la quinta sesión se analiza la herencia de un carácter entre generaciones, y las sesiones 6, 7 y 8 se dedican al cálculo de probabilidades aplicado a la herencia de uno, dos y tres o más genes, respectivamente. La última sesión incluye un cuestionario final para evaluar el aprendizaje y los modelos mentales tras el desarrollo del CIMA (Rivero y Porlán, 2017).



Tabla 1. Resumen de sesiones, temas y contenido trabajado

Sesión	Tema	Concepto trabajados
1	Tema 1	Cuestionario inicial. Composición y estructura del ADN.
2	Tema 1	Cambios en el material genético.
3	Tema 2	Transmisión de la información genética. Mitosis y meiosis.
4	Tema 2	Modelos reproductivos.
5	Tema 3	Herencia de un carácter. Árboles filogenéticos.
6	Tema 3	Cálculo de probabilidades. Herencia de 1 gen.
7	Tema 3	Cálculo de probabilidades. Herencia de 2 genes.
8	Tema 3	Cálculo de probabilidades para más de 2 genes. Cuestionario final.

Mapas de contenidos y problemas claves

El ciclo de mejora en el aula aquí aplicado se estructura mediante un mapa de contenidos (Finkel, 2008) que relaciona conceptos y plantea preguntas para contextualizar los temas del curso (figura 1). Estas preguntas se presentan en dos formatos: preguntas clave, que generan interés general sobre los contenidos, y preguntas teóricas, específicas del temario, que mantienen el interés inicial y contextualizan los temas en la asignatura. El objetivo es que los estudiantes asimilen conceptos fundamentales de genética y los relacionen entre sí. Por ejemplo, comprender no solo la estructura del ADN, sino también cómo sus cambios durante el ciclo celular permiten procesos como replicación, mitosis y meiosis.

Los contenidos se categorizan en cuatro tipos: datos, conceptos, procedimentales y actitudinales (Parcerisa, 2005), organizados en niveles de complejidad según el grado de asimilación necesario, desde la memorización básica hasta la integración profunda de contenidos previos. Esta categorización ayuda a reflexionar sobre los contenidos esenciales y los secundarios (García-Díaz, Porlán y otros, 2017), sirviendo de base para planificar las actividades y los cuestionarios de evaluación del CIMA.

Modelo metodológico y secuencias de actividades

La enseñanza universitaria actual suele basarse en un modelo transmissivo, fragmentado y acumulativo, que limita la reflexión crítica y la aplicación práctica (De Alba y Porlán, 2017). Este CIMA propone un modelo alternativo con cambios metodológicos orientados a incrementar la



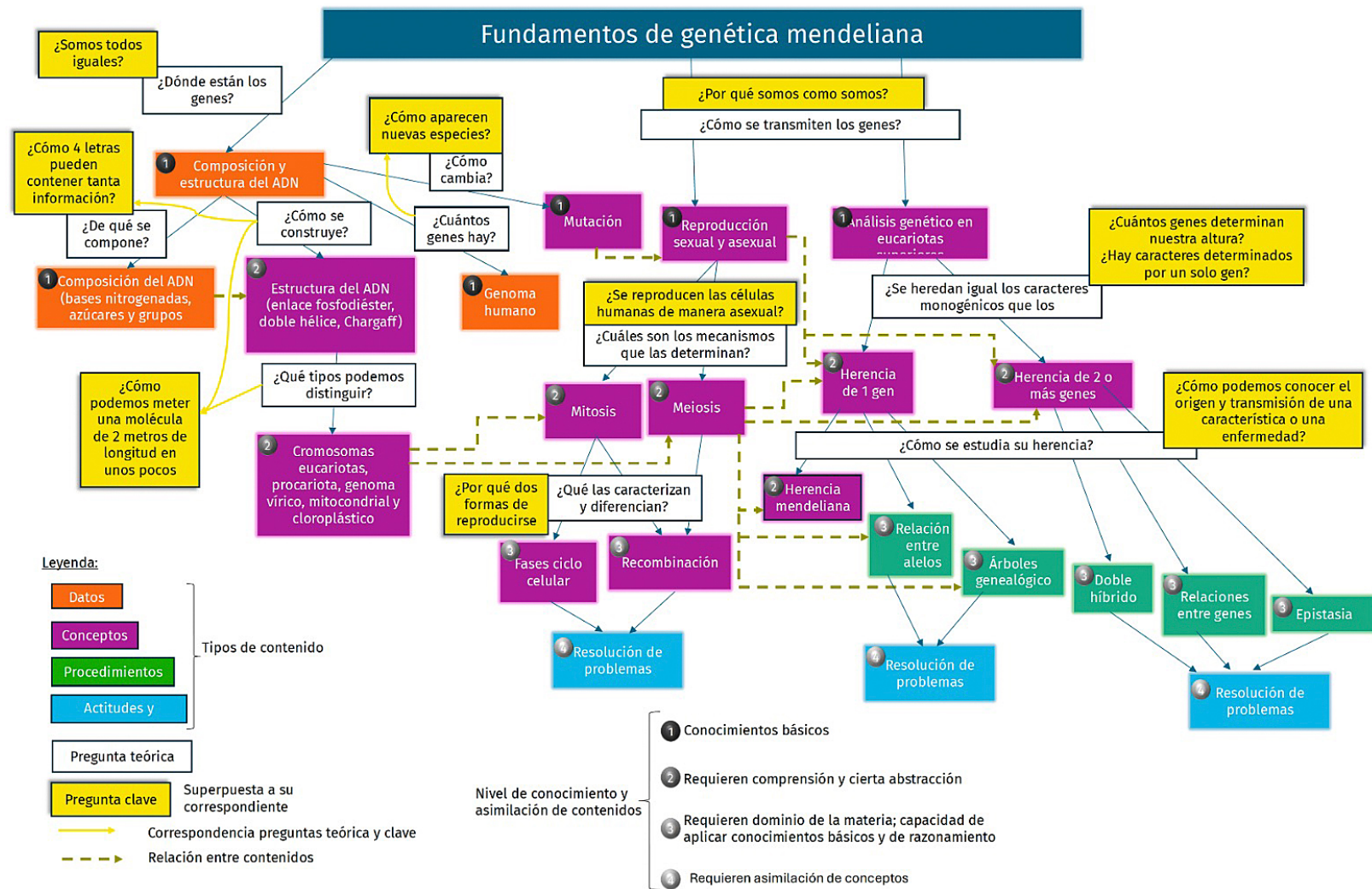


Figura 1. Mapa de contenidos de los temas 1-3 de genética mendeliana de la asignatura Genética I del Grado en Biología



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

participación estudiantil y desarrollar habilidades como la crítica y la generalización (Bain, 2005).

El modelo sigue una estructura común: se plantea un problema (PR) relacionado con el mapa de contenidos, los estudiantes reflexionan sobre él (IA), y estas ideas se discuten en una actividad de contraste (AC), donde se valoran y corrigen errores mientras se introducen contenidos específicos. La interactividad se fomenta con preguntas al grupo, y cada sesión termina con un resumen de los contenidos clave (figura 2). Esta secuencia puede repetirse varias veces en una sesión.

En las sesiones inicial y final se aplican cuestionarios para evaluar los modelos mentales antes y después del proceso. Aplicado en Genética I, este modelo busca implementar cambios docentes graduales, combinando exposición tradicional con actividades interactivas (Jimeno, 2021; Larkin, 2012).

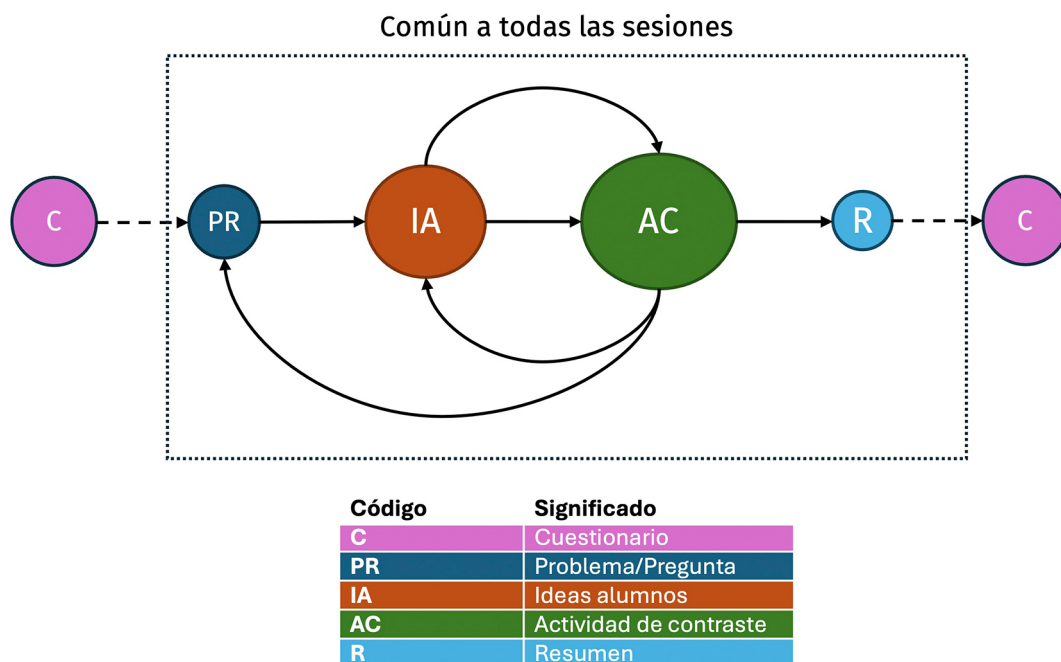


Figura 2. Modelo metodológico para la docencia en genética mendeliana

Este modelo metodológico evolucionará según los resultados obtenidos, representados como escaleras de aprendizaje, donde cada peldaño simboliza retos a superar (De Alba y Porlán, 2017). Su implementación se basa en una secuencia de actividades detallada en la tabla 2.

Tabla 2. Secuencia de actividades

Actividad Tiempo	Descripción
Sesión 1: ¿Dónde están los genes y cómo se organizan? (25 min elección delegado)	
C.1 10 min	Se pasa un cuestionario contextualizado sobre aspectos básicos de la genética mendeliana.
PR.1 1 min	Se plantean cuestiones que los alumnos creen conocer: ¿Somos todos iguales? que conduce a la pregunta, ¿De qué se compone nuestro ADN?
IA.1 3 min	Se da tiempo a los estudiantes para que vayan indicando las partes de la molécula de ADN que conocen. Se anotan en la pizarra.
AC.1 10 min	Se plantean preguntas para poner de manifiesto lagunas de conocimiento: ¿cómo se unen las bases? ¿cuánto mide una molécula de ADN? ¿y el núcleo de una célula? Vídeo sobre el empaquetamiento del ADN.
R.1 1 min	Se resume brevemente lo aprendido haciendo hincapié en lo que creían conocer y cómo es en realidad.
Sesión 2: ¿Cómo cambia nuestro ADN? (50 min)	
PR.2 5 min	Se plantean las preguntas: ¿por qué no somos todos iguales? ¿qué hace que no seamos todos idénticos? ¿cómo se genera esa diversidad?
IA.2 10 min	Se da 5 minutos a los estudiantes para que reflexionen en grupo sobre la pregunta planteada.
AC.2 30 min	Puesta en común en la pizarra, con preguntas que cuestionan las ideas iniciales y avanzan hacia un concepto completo de mutación, sirviendo además para introducir y desarrollar mitosis y meiosis.
R.2 5 min	El alumnado realiza una síntesis de lo que ha ocurrido en clase y los aspectos más importantes que han aprendido o desean destacar.
Sesión 3: ¿Cómo se transmite la información genética? (50 min)	
PR.3 2 min	Ejercicio escrito: se muestran células en distintas fases de la meiosis o la mitosis. Se debe indicar si están en un proceso u otro y por qué.
IA.3 10 min	Se proyecta un vídeo sobre mitosis y meiosis y se les da tiempo a los estudiantes para realizar el ejercicio propuesto.
AC.3 35 min	Resolución del ejercicio propuesto con intervención de los estudiantes y guía del profesor que conduzca a la resolución conjunta del mismo.
R.3 3 min	El alumnado realiza una síntesis de lo que ha ocurrido en clase y los aspectos más importantes que han aprendido o desean destacar.
Sesión 4: ¿Cómo se reproducen los distintos organismos? (50 min)	
PR.4.1 1 min	Cuestionario sobre los conceptos de mitosis y meiosis trabajados en la sesión anterior.
IA.4.1 5 min	Se da 5 minutos a los estudiantes para que rellenen el cuestionario individualmente.



Actividad Tiempo	Descripción
AC.4.1 20 min	Resolución del cuestionario y serie de preguntas que introducen los ciclos vitales de organismos con distinta ploidía.
PR.4.2 1 min	Sobre la imagen de flores de dos colores, se plantea cómo determinar el genotipo de cada fenotipo (dos alelos: dominante y recesivo).
IA.4.2 5 min	Se les da tiempo a los estudiantes para reflexionar.
AC.4.2 15 min	Puesta en común e introducción de situaciones complejas y alteraciones, que llevan a conceptos abstractos (penetrancia y expresividad).
R.4 3 min	Breve resumen de los conceptos más importantes a retener.
Sesión 5: ¿Cómo se hereda un carácter concreto? (50 min)	
PR.5 2 min	En base al árbol genealógico de hemofilia de la familia real europea se pide que determinen qué tipo de herencia sigue la enfermedad.
IA.5 10 min	Se da 5 minutos a los estudiantes para que reflexionen y resuelvan en grupo el ejercicio.
AC.5 35 min	Resolución en común del problema, redirigiendo las respuestas hacia otras formas de herencia.
R.5 3 min	Breve resumen de los conceptos más importantes a retener.
Sesión 6: ¿Con qué probabilidad se hereda un carácter? (50 min)	
PR.6.1 1 min	Los alumnos han de calcular la probabilidad de su existencia en base a datos genéticos (número de gametos, combinaciones genéticas, etc).
IA.6.1 5 min	Se da un tiempo breve a los estudiantes para que piensen y respondan rápidamente a la pregunta (sencilla).
AC.6.1 5 min	Se pone en común la respuesta.
PR.6.2 1 min	Problema más contextualizado en la materia: determinar la probabilidad de un genotipo, conocido el de sus progenitores.
IA.6.2 10 min	Se da tiempo a los estudiantes para que traten de aplicar los mismos razonamientos a esta nueva situación.
AC.6.2 25 min	Los alumnos ponen en común la respuesta.
R.6 3 min	Breve resumen de los conceptos más importantes a retener.



Actividad Tiempo	Descripción
Sesión 7: ¿Cómo se heredan 2 caracteres? (50 min)	
PR.7 1 min	Sobre un dibujo de un guisante heterocigoto y su fenotipo, se pide que indiquen los fenotipos y genotipos resultantes de su autofecundación.
IA.7 15 min	Los estudiantes reflexionan y tratan de resolver el problema.
AC.7 30 min	Resolución en común del problema, donde se van incorporando variantes al proceso trabajado.
R.7 10 min	Los estudiantes resumen lo visto en clase para asentar los conceptos trabajados antes de finalizar la sesión.
Sesión 8: ¿Cómo se heredan 3 o más caracteres? (50 min)	
PR.8 1 min	Partiendo de la experiencia de la sesión anterior (se les pone el ejercicio resuelto), se introduce un tercer gen y se les pide que traten de obtener una «formula» o sistema válido para «n» genes.
IA.8 10 min	Los estudiantes reflexionan sobre el problema y tratan de resolverlo en grupo.
AC.8 25 min	Puesta en común del problema y formulación generalista del cálculo de probabilidades.
R.8 4 min	Los estudiantes resumen lo visto en clase para asentar los conceptos trabajados antes de finalizar la sesión.
C.2 10 min	Cuestionario final.

Cuestionario inicial-final

En este CIMA se planteó un cuestionario inicial-final para evaluar los conocimientos de los estudiantes y su evolución. Constaba de 3 preguntas. La primera, sobre la organización del material genético y las fases del ciclo celular (tema 1), en base a imágenes de cromosomas. La segunda, sobre reproducción y herencia (temas 2 y 3), con un árbol genealógico que planteaba una discrepancia de filiación. Y la tercera ampliaba dicho árbol con una enfermedad ligada al cromosoma X (no indicado), pidiendo identificar el tipo de herencia y revisar la respuesta anterior.

Aplicación del CIMA

Este CIMA se aplicó en 8 sesiones. La versión inicial requirió algunos cambios. La secuencia final de estas se indica en la tabla 2.



Relato resumido de las sesiones

La primera sesión, de 25 minutos por la elección de delegado de clase, incluyó el cuestionario inicial. Todas las sesiones siguieron un formato similar, con uno o dos problemas, seguidos de trabajo de los alumnos, puesta en común y discusión-explicación. En esta última parte se iban introduciendo nuevos conceptos. Algunas preguntas se realizaron con un enfoque *desde fuera de la materia*; por ejemplo, en el cálculo de probabilidades, se planteó la pregunta «¿cuál es tu probabilidad?», en la que los alumnos tenían que calcular la probabilidad de existir en base a parámetros biológicos. Este tipo de aproximación tuvo muy buena acogida; los estudiantes se mostraban muy motivados. En general, la reflexión por parte de los alumnos traía a colación casi todos los conceptos fundamentales que se pretendía. En las sesiones con dos problemas planteados, tuvo que reducirse el tiempo inicialmente previsto para el trabajo de los estudiantes, lo que redujo su implicación. En general, el CIMA se desarrolló según lo previsto y tuvo un claro efecto positivo sobre la atención y motivación de los estudiantes.

Evaluación del aprendizaje de los estudiantes

El cuestionario inicial y final permitió evaluar el aprendizaje de los estudiantes a través de las escaleras de aprendizaje (figuras 3, 4, 5) y de la evolución por alumno (tabla 3), revelando virtudes y defectos del CIMA.

Evaluación del CIMA

El CIMA mostró un efecto positivo en el aprendizaje, aunque con áreas a mejorar. En la tercera pregunta (figura 5), algunos alumnos incluyeron conceptos irrelevantes vistos en clase, reflejando un modelo mental finalista que prioriza la memorización sobre el razonamiento. La segunda pregunta evidenció desmotivación en algunos alumnos, con respuestas omitidas en el cuestionario final (tabla 3). Además, se identificó la necesidad de mejorar la planificación para optimizar el tiempo de las IA en sesiones con dos problemas. A pesar de esto, el interés y motivación de los estudiantes hacia el CIMA fue muy positivo.



Pregunta 1. Sobre imágenes de cromosomas con 1 o 2 cromátidas, se plantean preguntas breves en las que deben indicar el número de cromosomas, el número de cromátidas y la fase del ciclo celular en que se encuentran.

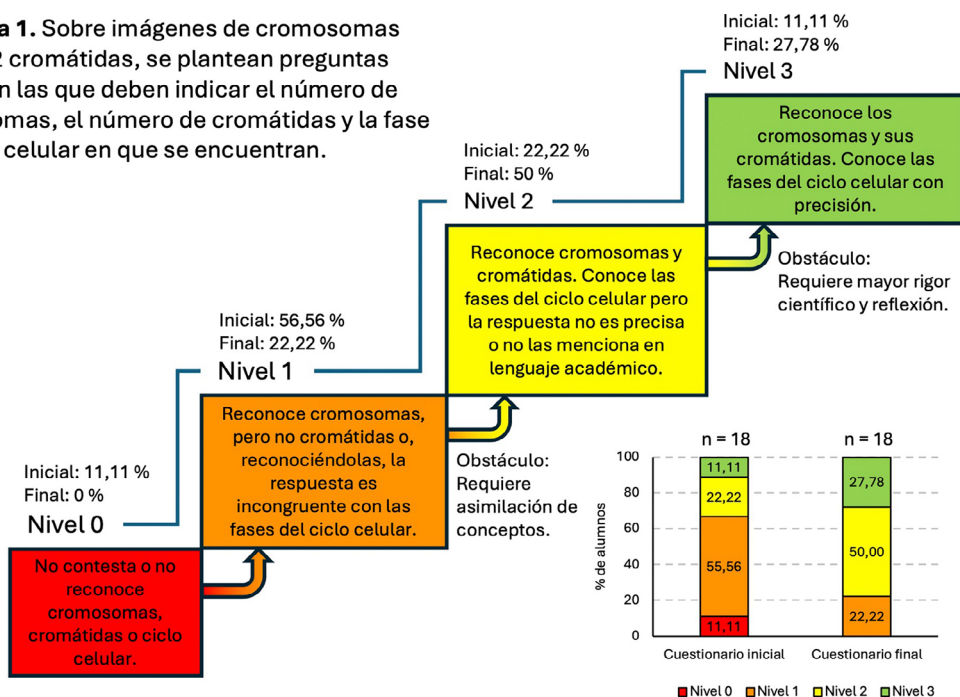


Figura 3. Escalera de aprendizaje y gráfica para la pregunta 1

Pregunta 2. Sobre un árbol genealógico en el que se muestra el grupo sanguíneo de una familia y en el que uno de los hijos presenta un grupo sanguíneo compatible con la madre, pero no con el padre, se pregunta qué puede concluir del mismo.

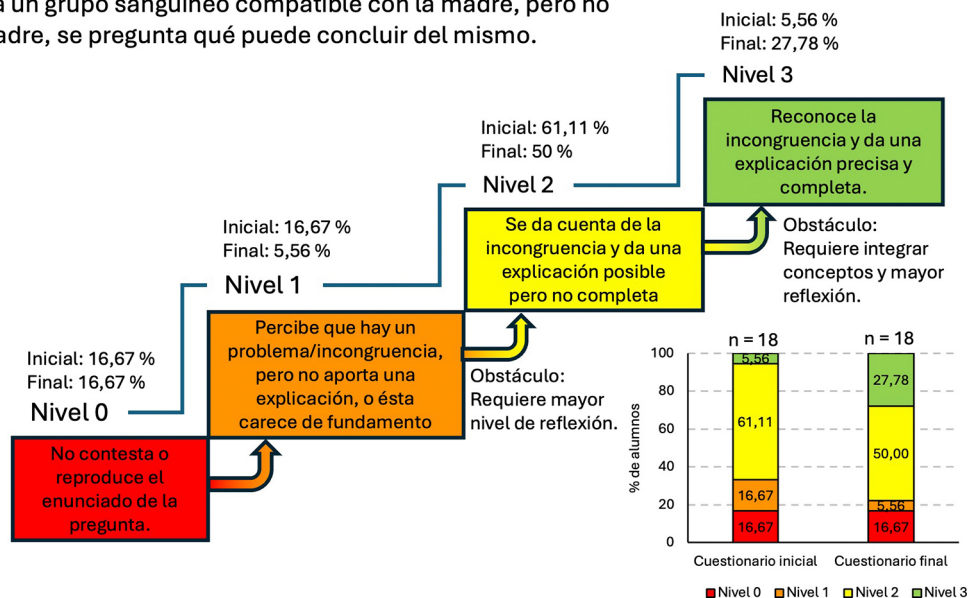


Figura 4. Escalera de aprendizaje y gráfica para la pregunta 2



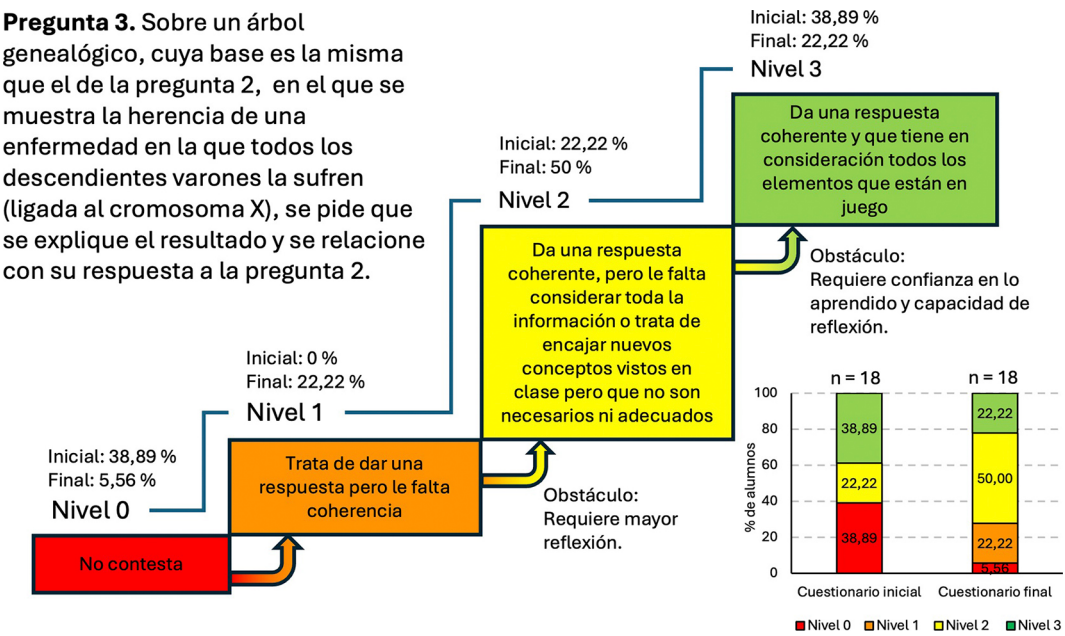


Figura 5. Escalera de aprendizaje y gráfica para la pregunta 3

Tabla 3. Evolución por estudiante

Estudiante	Pregunta1			Pregunta 2			Pregunta 3			Global
	Inicial	Final	Δ	Inicial	Final	Δ	Inicial	Final	Δ	
1	1	1	=	0	1	+	0	2	++	+++
2	1	2	+	0	1	+	0	1	+	+++
3	0	2	++	1	2	+	2	1	-	++
4	2	2	=	1	0	-	3	2	-	--
5	1	2	+	1	3	++	2	1	-	++
6	2	3	+	2	3	+	3	2	-	+
7	0	1	+	2	3	+	0	3	++	++++
8	1	3	++	2	3	+	3	3	=	+++
9	1	1	=	0	0	=	3	3	=	=
10	1	1	=	2	2	=	3	2	-	-
11	3	3	=	2	2	=	2	2	=	=
12	2	2	=	2	2	=	0	2	++	++
13	2	3	+	2	2	=	2	2	=	+
14	3	3	=	2	2	=	0	2	++	++
15	1	2	+	2	3	+	0	2	++	++++
16	1	2	+	2	0	--	3	3	=	-
17	1	2	+	2	2	=	0	0	=	+
18	1	2	+	3	3	=	3	1	--	-



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

Aspectos a mantener o cambiar en un futuro CIMA

El enfoque del CIMA, que introduce conceptos desde contextos cercanos a la realidad de los estudiantes, ha despertado interés y facilitado el aprendizaje. Este método debería mantenerse, favoreciendo actividades en clase frente a las de casa y limitando a una actividad por sesión para garantizar tiempo suficiente. Los cuestionarios deben incluir preguntas más abiertas y reflexivas para contrarrestar el modelo mental finalista de los estudiantes. En general, el CIMA ha sido positivo, por lo que su implementación y mejora deben continuar frente a modelos previos.

Principios Docentes para el futuro

El CIMA se ha basado en el aprendizaje basado en problemas con aproximaciones *desde fuera de la materia* (Bain, 2005) y, en menor medida, en el aprendizaje cooperativo (Serrano, 1996). Aunque con resultados positivos, se identifican áreas de mejora. Se sugiere ampliar el aprendizaje colaborativo, incluyendo seminarios en grupo.

Referencias bibliográficas

- Bain, K. (2005). *Lo que hacen los mejores profesores universitarios*. Publicaciones Universidad de Valencia.
- De Alba, N. y Porlán, R. (2017). La metodología de enseñanza. En R. Porlán (Coord.), *Enseñanza universitaria. Cómo mejorarla* (pp. 37-54). Morata.
- Finkel, D. (2008). *Dar clase con la boca cerrada*. Publicaciones de la Universidad de Valencia.
- García-Díaz, E. Porlán, R. y Navarro, E. (2017). Los fines y los contenidos de enseñanza. En R. Porlán (Coord.), *Enseñanza Universitaria. Cómo mejorarla* (pp. 55-72). Morata.
- Jimeno, S. (2021). Un ciclo de mejora docente para estudiar Evolución Molecular. En R. Porlán, E. Navarro-Medina y A. F. Villarejo-Ramos (Coords.), *Ciclos de mejora en el aula. Año 2021. Experiencias de innovación docente de la Universidad de Sevilla* (pp. 379-395). Editorial de la Universidad de Sevilla. <http://dx.doi.org/10.12795/9788447222865.021>
- Larkin, D. (2012). Misconceptions About «Misconceptions»: Preservice Secondary Science Teachers' Views on the Value and Role of Student Ideas. *Science teacher education*, 96(15), 927-959. <https://doi.org/10.1002/sce.21022>
- Parcerisa, A. (Coord.) (2005). *Materiales para la docencia universitaria: orientaciones para elaborarlos y mejorarlos*. Octaedro: Universidad de Barcelona, Institut de Ciències de l'Educació, ICE.
- Rivero, A. y Porlán, R. (2017). La evaluación en la enseñanza universitaria. En R. Porlán (Coord.), *Enseñanza Universitaria. Cómo mejorarla* (pp. 73-91). Morata.
- Serrano, J. M. (1996). El aprendizaje cooperativo. En J.L. Beltrán y C. Genovard (Coords.), *Psicología de la instrucción I. Variables y procesos básicos* (pp. 217-244). Síntesis.



