

Innovación Docente: Evaluación de Estrategias en Fisiología Vegetal

Teaching Innovation: Evaluation of Strategies in Plant Physiology

María José Fernández Rodríguez

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6130-4647>

Universidad de Sevilla

Departamento de Biología Vegetal y Ecología

mfernandez14@us.es

DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/9788447231898.009>

Pp.: 133-145

Resumen

La asignatura de Fisiología Vegetal, impartida en el tercer año del Grado en Biología, se centra en el estudio de los procesos fisiológicos que regulan el crecimiento, desarrollo y adaptación de las plantas. Su propósito principal es que los estudiantes comprendan las bases biológicas de la vida vegetal y su interacción con el entorno, complementando conocimientos previos en botánica, bioquímica, ecología y biología celular.

Se abordan temas clave como la célula vegetal, la pared celular, la fotosíntesis, el transporte de agua y minerales, y el movimiento de fotoasimilados. Las clases teóricas, con grupos de 60-70 estudiantes, se desarrollan en aulas amplias donde el profesor utiliza diapositivas, apuntes y tecnología audiovisual. Además, las clases prácticas permiten aplicar los conceptos aprendidos a través de experimentos.

Debido a la complejidad de los temas y su carácter interdisciplinario, se ha implementado un Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA), que combina el aprendizaje activo, metodología de preguntas y respuestas, y actividades colaborativas para fomentar la reflexión y el análisis crítico.

Palabras clave: Fisiología vegetal, grado en biología, docencia universitaria, desarrollo profesional docente.

Abstract

The Plant Physiology course, taught in the third year of the Biology degree program, focuses on studying the physiological processes that regulate plant growth, development, and adaptation. Its primary goal is for students to understand the biological foundations of plant life and its interaction with the environment, building on prior knowledge in botany, biochemistry, ecology, and cell biology.

Key topics include the plant cell, cell wall, photosynthesis, water and mineral transport, and the movement of photoassimilates. Theoretical classes, composed of groups of 60-70 students, take place in spacious classrooms where the professor uses slides, notes, and audiovisual technology. Additionally, practical sessions allow students to apply the concepts learned through experiments.

Given the topics' complexity and interdisciplinary nature, an *Improvement Cycles in Classroom* (ICIC) has been implemented. This approach combines active learning, a question-and-answer methodology, and collaborative activities to foster reflection and critical analysis.

Keywords: Plant physiology, biology, university teaching, teacher professional development.

Contexto

La asignatura de Fisiología Vegetal es una parte fundamental del plan de estudios del Grado en Biología. Su principal objetivo es explorar los procesos fisiológicos que controlan el crecimiento, desarrollo y adaptación de las plantas a su entorno. Esta materia resulta esencial para que los estudiantes comprendan las bases biológicas que sustentan la vida vegetal y su interacción con el medioambiente.

Está dirigida a estudiantes de tercer año, quienes ya cuentan con conocimientos previos en áreas como botánica, bioquímica, ecología y biología celular. Durante el curso, se profundiza en temas clave como la estructura y función de la célula vegetal, la pared celular, la fotosíntesis, el transporte de minerales, el movimiento de agua por el xilema y el transporte de fotoasimilados a través del floema. Las clases teóricas se complementan con sesiones prácticas diseñadas para que los estudiantes apliquen los conceptos adquiridos mediante experimentos vinculados a los contenidos teóricos.

En las clases teóricas, que suelen contar con grupos de aproximadamente 60-70 estudiantes, se trabaja en aulas amplias con filas de pupitres o asientos dispuestos frente a una pizarra. El profesor presenta los contenidos apoyándose principalmente en diapositivas.

Debido a la complejidad de algunos temas y al enfoque interdisciplinario de la fisiología vegetal, se ha decidido implementar estrategias pedagógicas innovadoras que aumenten la motivación de los estudiantes y mejoren su comprensión. En este sentido, el curso incluye un programa de innovación y mejora en el aula (CIMA) que incorpora metodologías como el aprendizaje activo, actividades colaborativas y dinámicas de preguntas y respuestas, fomentando así la reflexión y el análisis crítico.

Diseño previo del CIMA

Mapas de contenidos y problemas claves

Previo a la elaboración del mapa de contenidos, fue crucial reflexionar sobre los aspectos clave, con el objetivo de seleccionar únicamente los factores más relevantes y abordarlos de manera detallada (Bain, 2007). El contenido del programa CIMA se ha enfocado en el bloque de nutrición y transporte de solutos, donde se analizan los mecanismos que permiten a las plantas absorber nutrientes esenciales del suelo a través de las raíces y transportarlos hacia los diferentes órganos.

En este bloque se exploran procesos como la absorción activa y pasiva, el papel de transportadores específicos y la movilización de minerales

a través del xilema y el floema, todos fundamentales para el crecimiento y desarrollo de las plantas (figura 1). También se profundiza en el estudio del floema, un tejido vascular especializado que facilita el transporte de nutrientes, en particular los azúcares producidos durante la fotosíntesis, desde las hojas hacia otras partes de la planta como raíces, tallos y zonas de crecimiento.

El floema está compuesto por células vivas llamadas elementos de tubo criboso y células acompañantes, las cuales están conectadas mediante plasmodesmos, lo que permite el flujo de sustancias. A diferencia del xilema, que transporta agua y minerales en un único sentido (de las raíces hacia las hojas), el floema distribuye los nutrientes en múltiples direcciones dependiendo de las necesidades metabólicas de la planta. Además de su función en el transporte, el floema desempeña un papel esencial en la respuesta a heridas y en la señalización a larga distancia, coordinando tanto el desarrollo como las respuestas ante factores ambientales (figura 2).

En los mapas de contenidos de las figuras 1 y 2, se exponen los problemas claves que se abordarán en el CIMA, empleando una representación neuronal en forma de red que no solo visualiza los contenidos, sino también las relaciones que los unen (García-Díaz y otros, 2017).

Modelo metodológico y secuencias de actividades

El desarrollo del proceso se centrará especialmente en la implementación de la técnica de preguntas y respuestas, un método interactivo diseñado para estimular tanto la curiosidad como la capacidad reflexiva de los participantes. Este enfoque tiene como propósito principal fomentar el pensamiento crítico, alentando a los alumnos a analizar y evaluar en profundidad las ideas, conceptos o situaciones presentadas. Además, busca promover una participación activa, en la que cada estudiante pueda expresar sus perspectivas, plantear preguntas y contribuir al aprendizaje colectivo, enriqueciendo así el intercambio de ideas en el grupo.

El modelo metodológico ilustrado en la figura 3 servirá como base para la implementación del programa CIMA. Este programa se organizará en seis sesiones cuidadosamente diseñadas para guiar a los estudiantes en la comprensión de los procesos relacionados con la nutrición y el transporte de solutos en las plantas (tabla 1). A lo largo de estas sesiones, se analizarán los mecanismos mediante los cuales las plantas absorben nutrientes esenciales del suelo a través de sus raíces y los distribuyen hacia las distintas partes de su estructura.

Se abordarán en detalle mecanismos clave, como la absorción activa y pasiva, el papel de transportadores específicos y la movilización de

Figura 1. Primer mapa de contenido a desarrollar durante el ciclo de mejora en el aula. Se diferencia entre conocimientos previos, contenido conceptual y procedimental

Figura 2. Segundo mapa de contenido a desarrollar durante el ciclo de mejora en el aula. Se diferencia entre conocimientos previos, contenido conceptual y procedimental

minerales a través del xilema y el floema, resaltando su importancia para el desarrollo y crecimiento de las plantas. Además, los estudiantes desarrollarán un conocimiento profundo del floema, estudiando su estructura, función y su papel crucial en el transporte de nutrientes. El aprendizaje estará basado en la técnica de preguntas y respuestas, promoviendo el pensamiento crítico y una participación activa para garantizar una comprensión integral de estos procesos fundamentales (Finkel, 2008).

Figura 3. Modelo metodológico desarrollado durante el ciclo de mejora en el aula

Tabla 1. Secuencia de actividades

Actividad	Nombre	Descripción de la actividad	Tiempo
1	Introducción	Saludo inicial. Repaso de la clase anterior. Explicación breve sobre el floema y su papel en el transporte de nutrientes desde los órganos fuentes hasta otras partes de la planta.	10 min
2	Presentación de la actividad + P (problema)	Se presenta la dinámica de la clase, explicando que se premiará a los estudiantes que participen. Se irá guiando las clases con una serie de preguntas que abarcarán el contenido teórico completo.	10 min (esta presentación solo se hará en la primera de las 6 clases que comprenden el CIMA2)

Actividad	Nombre	Descripción de la actividad	Tiempo
3	IA (Ideas de los alumnos)	Los alumnos discuten sus ideas y van realizando preguntas, facilitando el aprendizaje colaborativo.	15 min
4	AC (aprendizaje colaborativo supervisado por el profesor)	El profesor va guiando las preguntas y haciendo nuevas preguntas para favorecer el aprendizaje.	15 min
5	Cierre	Se realiza una reflexión grupal sobre lo aprendido, el docente refuerza los conceptos clave y realiza aclaraciones.	10 min

Cuestionario inicial-final

Antes de iniciar el programa CIMA, los estudiantes completaron un conjunto de preguntas diseñado para abordar de manera individual los problemas planteados en el mapa de contenidos. Este conjunto de preguntas, denominado cuestionario inicial, se aplicó nuevamente al finalizar el programa (cuestionario final), lo que permitió evaluar el progreso de cada alumno a lo largo del proceso. En esta ocasión, ambos cuestionarios se realizaron de forma anónima, aunque se implementó un sistema de identificación que facilitó el seguimiento de las respuestas individuales, permitiendo compararlas antes y después del CIMA.

Con base en estos cuestionarios, se llevó a cabo un análisis comparativo siguiendo la metodología propuesta por Rivero y Porlán (2017). Esto permitió construir una «escalera de aprendizaje» para cada pregunta formulada. Para simplificar los resultados, se destacan tres de las preguntas más relevantes planteadas en el cuestionario (figuras 4, 5 y 6).

En la figura 4 se observa que la mayoría de los estudiantes se encuentra en niveles iniciales e intermedios (niveles 2 y 3), mientras que solo una pequeña proporción ha alcanzado el nivel 4. Aunque varios alumnos identificaron correctamente las funciones básicas del floema y los tipos de sustancias que transporta, persiste cierta confusión con el xilema, especialmente en el nivel 1. Además, términos técnicos como «plasmodesmos» y «transporte bidireccional» parecen representar un desafío para alcanzar una comprensión más avanzada en el nivel 2. Esto indica la presencia de una brecha conceptual significativa que dificulta la transición hacia niveles más complejos, como asociar el floema con procesos fisiológicos más amplios (nivel 4).

Figura 4. Escalera de aprendizaje para una de las preguntas realizadas a los alumnos en el cuestionario desarrollado durante el CIMA

Los resultados obtenidos (figura 4) evidencian la necesidad de reforzar la enseñanza con ejemplos concretos y simplificados para abordar estos conceptos. Asimismo, podría incorporar estrategias que destaquen la comparación entre el floema y el xilema, enfatizando sus diferencias funcionales y estructurales. Para mejorar futuros instrumentos de evaluación, consideraría formular preguntas más específicas, esto ayudaría a clarificar las ideas y reducir el margen de confusión.

Figura 5. Escalera de aprendizaje para una de las preguntas realizadas a los alumnos en el cuestionario desarrollado durante el CIMA

En la figura 5 se aprecia una distribución destacada en los niveles intermedios, con un progreso notable entre el cuestionario inicial y el final. Mientras que en la evaluación inicial solo un 15% de los estudiantes alcanzaba el nivel 4, este porcentaje aumentó al 35% en la evaluación final, lo que evidencia una mejora significativa en la capacidad del alumnado para relacionar el transporte en el floema con procesos fisiológicos más complejos. Por su parte, los niveles 2 y 3 continúan agrupando a una proporción considerable de estudiantes, mientras que el nivel 1 mostró una disminución importante en los resultados finales, reduciéndose del 20% al 15%.

Estos resultados (figura 5) reflejan que los estudiantes han logrado avances importantes, especialmente en los niveles superiores. Este progreso parece estar relacionado con las explicaciones detalladas ofrecidas en clase, así como con el uso de ejemplos prácticos que reforzaron conceptos como el transporte bidireccional y la función del floema. Sin embargo, aún persisten dificultades, como la confusión entre floema y xilema o la complejidad asociada a ciertos términos técnicos. Esto pone de manifiesto la necesidad de seguir fortaleciendo estas áreas.

La evolución observada destaca la importancia de vincular continuamente el contenido teórico con las evaluaciones, y de enfatizar las conexiones clave durante las clases. Este enfoque ha sido fundamental para el progreso alcanzado por los estudiantes. Para próximas sesiones, será crucial aclarar de manera más efectiva los conceptos básicos en los niveles iniciales y desarrollar estrategias didácticas que faciliten la transición hacia niveles avanzados.

Figura 6. Escalera de aprendizaje para una de las preguntas realizadas a los alumnos en el cuestionario desarrollado durante el CIMA

La figura 6 muestra un avance significativo en la capacidad de los estudiantes para relacionar conceptos fisiológicos vinculados al estrés hídrico y su impacto en el transporte de azúcares a través del floema. En el cuestionario inicial, la mayoría del alumnado se encontraba en los niveles 1 y 2 (55 % y 45 %, respectivamente), y ninguno logró alcanzar el nivel 3. Sin embargo, en la evaluación final, el 50 % de los estudiantes avanzó al nivel 3, evidenciando una mejora considerable en su análisis sobre cómo el estrés hídrico afecta la interacción entre el floema y otros procesos fisiológicos, como la fotosíntesis. Además, el porcentaje de estudiantes en el nivel 1 disminuyó de forma notable, pasando del 45 % al 15 %.

A pesar de estos avances, los resultados también revelan ciertos desafíos. Algunos estudiantes mostraron confusión al diferenciar los efectos del estrés hídrico en el xilema y el floema (obstáculo 1), mientras que otros tuvieron dificultades para integrar conceptos como el «gradiente de presión» y el «potencial hídrico» (obstáculo 2). Estas dificultades sugieren que es necesario un mayor apoyo para que comprendan cómo la falta de agua influye indirectamente en la fotosíntesis, que es fundamental para la producción de azúcares transportados por el floema.

Los resultados subrayan la importancia de incorporar actividades prácticas que conecten los conceptos clave con ejemplos concretos y aplicaciones reales. De cara a futuros cuestionarios, sería beneficioso incluir preguntas más específicas que guíen a los estudiantes en el análisis del impacto del estrés hídrico en los tejidos vasculares, ayudándolos a superar las barreras conceptuales identificadas.

Aplicación del CIMA

El programa CIMA se organiza en seis sesiones de una hora, diseñadas específicamente para que los estudiantes comprendan cómo las plantas obtienen nutrientes esenciales del suelo a través de las raíces y los distribuyen hacia distintas partes, además del transporte de fotoasimilados por el floema.

Desde el primer día, se percibe un ambiente de curiosidad entre los estudiantes. La metodología, que combina dinámicas interactivas con aprendizaje colaborativo, establece un hilo conductor claro, haciendo que conceptos complejos sean más fáciles de entender.

La primera sesión comienza con una breve introducción que conecta los conocimientos previos y destaca la importancia de la membrana plasmática en el transporte de nutrientes. A continuación, se realiza una dinámica de preguntas y respuestas. El ambiente es participativo pero relajado, gracias a un sistema de recompensas que motiva a los estudiantes a involucrarse. Ejemplos prácticos, como comparar el transporte de nutrientes

con el tráfico en una autopista, ayudan a visualizar conceptos abstractos. Durante esta etapa, los estudiantes muestran entusiasmo al compartir sus ideas y participar en las discusiones.

En las sesiones posteriores, la estructura se mantiene constante, lo que genera un sentido de familiaridad entre los estudiantes. Durante las actividades colaborativas supervisadas por el profesor, los alumnos debaten preguntas clave, como las funciones de los tubos cribosos, el impacto del transporte bidireccional en el floema y los mecanismos que permiten el transporte de minerales desde las raíces hacia el resto de la planta a través del xilema. Estas actividades se desarrollan en un ambiente dinámico, donde algunos estudiantes asumen roles de liderazgo natural mientras otros optan por una postura más reflexiva. El profesor guía las discusiones para orientar a los estudiantes hacia respuestas precisas, fomentando la construcción conjunta del conocimiento en lugar de imponer ideas.

Cada sesión termina con una reflexión grupal que consolida los conceptos clave y resuelve dudas pendientes. Este momento permite a los estudiantes expresar su satisfacción al entender temas que inicialmente les resultaban complejos. Por ejemplo, una estudiante comentó cómo el enfoque colaborativo le ayudó a comprender mejor las interacciones entre las células acompañantes y los elementos de tubo criboso.

A nivel emocional, el progreso es evidente. Aunque algunos estudiantes muestran inicialmente cierta timidez o inseguridad, con cada sesión se observa un aumento en su confianza y un interés genuino por el aprendizaje. Este desarrollo emocional es fundamental para mantener su compromiso durante todo el ciclo.

Evaluación del CIMA

La interacción activa jugó un papel crucial en el proceso de aprendizaje, ya que la metodología de preguntas y respuestas logró mantener la atención de los estudiantes. Además, las recompensas simbólicas por participar aumentaron su motivación. El aprendizaje colaborativo también resultó ser muy efectivo, ya que el trabajo en grupo fomentó la reflexión crítica y permitió a los alumnos resolver dudas complejas a través del debate. El uso de apoyo visual y ejemplos, como metáforas y representaciones prácticas, facilitó la comprensión de conceptos abstractos, como el transporte bidireccional y el sistema de reparación del floema. Finalmente, los momentos de reflexión grupal al cierre de cada sesión ayudaron a consolidar los aprendizajes y a resolver preguntas que quedaban pendientes.

Sin embargo, también hubo aspectos que no funcionaron tan bien. La participación fue desigual, ya que algunos estudiantes se mantuvieron en un segundo plano, probablemente por falta de confianza o por no estar

tan interesados al principio. Las limitaciones de tiempo, con solo una hora por sesión, dificultaron profundizar en temas específicos que necesitaban más tiempo para su explicación o debate. También, la densidad de contenido representó un reto, ya que ciertos conceptos resultaron abrumadores para algunos alumnos. Además, el gran número de estudiantes (entre 65 y 70 por clase) limitó la efectividad de estas actividades, permitiendo que aquellos que no deseaban participar pasaran desapercibidos.

Aspectos a mantener o cambiar en un futuro CIMA

Para el próximo ciclo de mejora, se proponen varias acciones. Una de ellas es diversificar las actividades, incorporando ejercicios prácticos adicionales, como simulaciones o actividades tecnológicas, como modelos 3D interactivos, para captar mejor el interés de los estudiantes que participan menos. También se sugiere aumentar el tiempo dedicado a la discusión, ya sea alargando un poco las sesiones o priorizando ciertos temas clave, para asegurarse de que cada concepto se comprenda correctamente.

Otro aspecto fundamental será ofrecer atención personalizada, implementando estrategias específicas como asignar roles dentro de los grupos de trabajo o realizar sesiones de tutoría más focalizadas. Por último, se propone utilizar herramientas de evaluación formativa no invasivas, como cuestionarios rápidos en línea, para identificar en tiempo real los conceptos que necesitan más atención.

Referencias bibliográficas

- Bain, K. (2007). Lo que hacen los mejores profesores universitarios. Valencia: Publicaciones de la Universidad de Valencia. <https://doi.org/10.15581/004.12.25327>
- Finkel, D. (2008). Dar clase con la boca cerrada. Valencia, España: Universitat de Valencia. <https://doi.org/10.24039/cv20142130>
- 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). Madrid: Morata.
- Rivero, A. y Porlán, R. (2017). La evaluación en la enseñanza universitaria. En R. Porlán (Coord.), Enseñanza Universitaria. Cómo mejorarla (pp. 74-91). Madrid: Morata.

