

# El *Problem Based Learning plus*, PBL+, a examen, una metodología ecléctica y flexible, para competencias prácticas en ingeniería

## ***Autores***

González Andrés, Fernando\*, Mateos, Raúl, Martínez, Elia-Judith, Martínez-Morán, Olegario, Barquero, Marcia, Crespo, Andre, Fernández, Camino, Cara, Jorge, Sánchez, Marta-Elena, Gómez, Xiomar, Morán, Antonio, Urbano, Beatriz

\*Instituto de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Biodiversidad.

## ***Nombre del Grupo de Innovación***

INGENIAQ. Grupo de Innovación Docente en Ingenierías Agroambiental y Química

## **RESUMEN**

*Problem Based Learning Plus* (PBL+) es una metodología docente para alcanzar las competencias prácticas en ingeniería, incluyendo a ingenieros químicos, ambientales y agrónomos, y también a biotecnólogos especializados en procesos de producción. PBL+ se basa en la metodología PBL tradicional, pero combina otras metodologías de enseñanza-aprendizaje: la clase invertida, el uso de rúbricas para la evaluación de la actividad, el aprendizaje colaborativo y en algunos casos, el aprendizaje-servicio. Un aspecto relevante es que los estudiantes son libres de elegir el problema sobre el que van a trabajar. Aún más importante es que el problema a resolver debe ser una situación real a la que se enfrenta la empresa. Son los estudiantes los que entran en contacto con una empresa cuyo campo de actividad corresponda a las competencias de la asignatura y seleccionan, junto con un representante de la empresa, el problema a resolver. De este modo, los estudiantes tienen un papel activo en la definición de las prácticas de la asignatura. Esta forma flexible de construir el currículo del estudiante ha demostrado motivarlos, siendo una excelente estrategia para abordar problemas reales de su especialidad. No obstante, no todos los sectores de la ingeniería están dispuestos a compartir sus problemas con los estudiantes. En este sentido, la industria biotecnológica es muy reticente a hacerlo, mientras que el sector agrario es proclive a ello. En este trabajo, se resumen los resultados de la evaluación a la que se ha sometido el PBL+ durante 4 cursos consecutivos, aplicando 9 indicadores que evalúan 7 resultados de aprendizaje. Además, se resume el tipo de problemas sobre los que han trabajado los estudiantes de ingeniería agronómica durante los 4 cursos, que corresponden a los problemas que más preocupan a las empresas del sector: el 60% de los problemas están relacionados con aspectos fitosanitarios, principalmente plagas o enfermedades emergentes. En segundo lugar, el 30% corresponde a alteraciones en el crecimiento de los cultivos por factores abióticos. El 10% restante consiste en adaptar los procesos productivos a los cambios legislativos.

**Líneas de actuación:** Flipped Classroom; Aprendizaje basado en problemas, proyectos o retos; Aprendizaje Colaborativo; Aprendizaje Servicio.

## **Introducción**

El PBL+ es una metodología de enseñanza-aprendizaje destinada a sumergir a los estudiantes en el mundo empresarial. Una información detallada sobre la metodología y los detalles para su aplicación pueden encontrarse en Urbano et al. (2020). PBL+ se basa en el clásico Aprendizaje Basado en Problemas, pero con un cambio sustancial consistente en la interacción directa entre el estudiante y

la empresa de forma que los estudiantes resuelvan un problema real de ésta. Además, en lugar de seleccionar una empresa de una lista propuesta por el profesor, se anima a los estudiantes a buscar por sí mismos la empresa, en función de sus propios intereses; pero, además, los estudiantes también son libres de elegir el problema a resolver, entre varios planteados por la empresa (Urbano et al. 2022). El PBL+ incluye otras 4 estrategias de enseñanza-aprendizaje, a saber: i) Clase invertida porque la actividad comienza al comienzo del curso, para tener suficiente tiempo para la actividad y, por lo tanto, la teoría se centrará en proporcionar a los estudiantes las habilidades necesarias para resolver el problema; ii) aprendizaje colaborativo, porque el PBL+ incluye al menos dos tutorías en grupo, con el resto de compañeros, a los que se pide colaboración activa para valorar las soluciones aportadas; iii) aprendizaje-servicio en los casos en que los estudiantes resuelvan un problema de una microempresa que no pueda acceder a una consultoría; esta situación es muy común en las empresas agrícolas; iv) el uso de rúbricas para la evaluación, porque una actividad tan innovadora necesita una guía para la evaluación (Urbano et al., 2022).

Durante los últimos cuatro años, PBL+ se ha utilizado en 10 asignaturas de ingeniería de tres áreas de conocimiento diferentes, a saber, Biotecnología, Agronomía y Economía. Urbano et al. (2021) analizaron las fortalezas y debilidades relacionadas con el uso de PBL+ en tres asignaturas modelo, una de cada una de las tres áreas de conocimiento mencionadas, y se realizó un análisis DAFO para cada área. Según dicho trabajo, el PBL+ hace más atractivo el proceso de enseñanza-aprendizaje, y fue útil para las distintas áreas de conocimiento que componen la formación de un ingeniero. Sin embargo, encontraron algunos problemas en la aplicación del PBL+, que afectan por igual a todas las áreas del conocimiento, siendo el principal de ellos que la información pública disponible en las bases de datos científicas es demasiado teórica, y los estudiantes experimentan dificultades a la hora de discernir entre la información que es útil para la industria de las puras reflexiones teóricas, bastantes de las cuales no tienen otro objetivo que publicar para engrosar los currículos de los académicos, sin aportar ningún avance del conocimiento ni a nivel fundamental ni aplicado. Al haber tanta información repetitiva, aumenta en exceso el número de horas que deben dedicar los estudiantes a la actividad. También existen otras peculiaridades, tanto positivas como negativas, que son específicas de cada área, como por ejemplo la reticencia a compartir los problemas empresariales en el sector biotecnológico; por el contrario, el sector agrario se mostró más colaborativo, pues tiene menos reticencias a la hora de compartir los problemas con los estudiantes universitarios.

## **Experiencia innovadora**

### *Objetivos*

El objetivo del presente trabajo fue someter a evaluación los resultados obtenidos con la aplicación del PBL+ durante cuatro cursos en asignaturas de ingeniería, siendo los objetivos específicos:

1. Estimar los efectos de la aplicación del PBL+ en los resultados del aprendizaje, utilizando indicadores diseñados específicamente.
2. Resumir el tipo de problemas que son más importantes en ingeniería de la producción agraria, que corresponden a los problemas propuestos por las empresas para ser resueltos por los estudiantes.

### *Descripción de la experiencia*

#### Fases de desarrollo de la experiencia

Fase 1: Evaluación del impacto del PBL+ en el proceso de enseñanza-aprendizaje

Esta fase corresponde al objetivo específico 1.

Fase 2: Resumen de los problemas más y menos comunes planteados por las empresas para ser resueltos por los estudiantes

Esta fase corresponde al objetivo específico 2.

#### Acciones y actividades

- Correspondientes a la Fase 1

Se evaluó el impacto del PBL+ en el proceso de enseñanza-aprendizaje evaluando siete resultados de aprendizaje (Tabla 1) en la asignatura “Sistemas de Producción Vegetal” del Master en Ingeniería Agraria durante cuatro cursos académicos. Para poder evaluar los cambios que se produjeron en el proceso enseñanza-aprendizaje como consecuencia de la implantación del PBL+, también se tuvieron en cuenta las puntuaciones conseguidas por los estudiantes en el proceso de evaluación de la parte práctica de la asignatura durante el curso previo a la aplicación del PBL+. Dichas puntuaciones son el indicador utilizado para medir el resultado del aprendizaje “Mejora del rendimiento académico” (Tabla 1).

- Correspondientes a la Fase 2

Se recopilaron los problemas resueltos por los estudiantes durante los mismos cursos académicos en los que se evaluó la aplicación del PBL+. Una vez recopilados fueron clasificados y se presentaron en una tabla.

#### Temporalización

Los cursos analizados fueron 2017-2018; 2018-2019; 2020-2021; 2021-2022, más uno anterior a la incorporación de PBL+.

## Plan de seguimiento e indicadores para evaluar los resultados

El impacto del PBL+ en el proceso de enseñanza-aprendizaje se evaluó mediante siete resultados de aprendizaje. Los indicadores utilizados para verificar el nivel de logro de cada uno de los resultados del aprendizaje se presentan en la Tabla 1.

Table 1. Indicadores utilizados para la evaluación de resultados de aprendizaje con el uso de PBL+ para la asignatura "Sistemas de Producción Agraria" del Master en Ingeniería Agronómica.

Resultado de aprendizaje	Verificación
Mejora del rendimiento académico	Puntuaciones conseguidas por los estudiantes en el proceso de evaluación (utilizando las rúbricas)
Motivación de los estudiantes	Encuesta de satisfacción a los estudiantes / Autoevaluación utilizando la rúbrica
Interacción efectiva entre estudiantes y empresa	Número de contactos estudiante-persona representante de la empresa
Desarrollo del aprendizaje autónomo	Evaluado por el promedio de los ítems de la rúbrica: calidad de la literatura utilizada y calidad técnica
Desarrollo del pensamiento crítico	Encuesta al docente
Logro de competencias (preparación de los estudiantes para incorporarse al mercado laboral)	Encuesta a la persona representante de la empresa
Interacción entre estudiantes y trabajo colaborativo	Promedio de veces que cada estudiante participa en las tutorías grupales/total de estudiantes

En la encuesta de satisfacción a los estudiantes, los puntos evaluados fueron:

- i) La utilidad de entrar en contacto real con empresas del sector (la puntuación fue de 1 a 5).
- ii) Además, la evaluación por parte de los estudiantes de su propio aprendizaje fue valorada mediante la autoevaluación que los estudiantes hacen de su propio aprendizaje, utilizando las rúbricas

En la encuesta de satisfacción a los docentes se les preguntó sobre los siguientes aspectos (la puntuación fue de 1 a 5):

- i) La capacidad de los estudiantes para buscar la información necesaria para resolver el problema de forma autónoma, y la calidad de la información encontrada y de la realmente utilizada.
- ii) El desarrollo de pensamiento crítico por parte de los estudiantes
- iii) Otros factores, no relacionados con los resultados de aprendizaje, como por ejemplo la voluntad de colaboración de la empresa

En la encuesta de satisfacción a la persona representante de la empresa, los puntos evaluados fueron los siguientes:

- i) Preparación de los estudiantes para incorporarse al mercado laboral
- ii) Utilidad de los resultados obtenidos por los estudiantes para la empresa

## Resultados alcanzados

### Evaluación del impacto del PBL+ en el proceso de enseñanza-aprendizaje

La Tabla 2 presenta la valoración (en valores absolutos) de los siete resultados de aprendizaje considerados. El curso 16-17 es el anterior a la implantación del PBL+, y las puntuaciones obtenidas

por los estudiantes corresponden a las de la actividad práctica realizada antes de la aplicación del PBL+, que consistió en la resolución de problemas o supuestos teóricos. Durante el curso 17-18, la metodología PBL+ no se había establecido completamente, ya que todavía no se había desarrollado una rúbrica para la evaluación. Las rúbricas se entregan a los estudiantes en la primera sesión del curso, para que conozcan desde el primer momento los criterios de evaluación y lo que se espera de ellos con la realización de esta actividad. Se puede observar que la introducción del PBL+ sin rúbrica para la evaluación no solo no mejoró las puntuaciones logradas por los estudiantes en las actividades prácticas, sino que las redujo levemente. Además, con la ausencia de rúbrica, la diferencia entre las puntuaciones obtenidas por los estudiantes en la evaluación y las puntuaciones que ellos consideran que merecen en la autoevaluación difirieron en más del 20%, lo que indica que sin rúbrica, los estudiantes no entendieron lo que se espera de ellos. Sin embargo, el PBL+ completo (incluida la rúbrica) mejoró las puntuaciones en comparación con la actividad práctica anterior. En términos generales, todos los resultados de aprendizaje mejoraron con la introducción de la rúbrica como un componente del PBL+.

Tabla 2. Valores absolutos obtenidos para los indicadores utilizados para evaluar los resultados de aprendizaje con el uso de PBL+ para la asignatura "Sistemas de Producción Vegetal" del Master en Ingeniería Agronómica. Se consideraron cuatro años (17-18, 18-19, 20-21 y 21-22) mientras que durante el 16-17 las actividades prácticas consistieron en la resolución de problemas teóricos en el aula. Los valores son promedios de todos los estudiantes en ese año, mientras que los números entre paréntesis son el coeficiente de variación (desviación estándar/valor promedio)\*100.

Resultado de aprendizaje	Verificación	Rango	Curso				
			16-17 (antes de PBL+)	17-18 (PBL+ sin rúbrica)	18-19	20-21	21-22
Mejora del rendimiento académico	Puntuaciones conseguidas por los estudiantes en el proceso de evaluación (utilizando las rúbricas)	0-10	7.4 (±22%)	7.3 (±20%)	8.3 (±25%)	8.0 (±28%)	8.3 (±25%)
Motivación de los estudiantes	Encuesta de satisfacción a los estudiantes / Autoevaluación utilizando la rúbrica	1-5	-	3.9 (±6%)	4.6 (±8%)	4.6 (±9%)	4.7 (±7%)
Interacción efectiva entre estudiantes y empresa	Número de contactos estudiante-persona representante de la empresa	0-10	-	8.7 (±12%)	8.5 (±20%)	7.9 (±25%)	8.4 (±18%)
Desarrollo del aprendizaje autónomo	Evaluado por el promedio de los ítems de la rúbrica: calidad de la literatura utilizada y calidad técnica	0 - ∞	-	1.1 (±5%)	2.1 (±10%)	3.2 (±15%)	2.8 (±12%)
Desarrollo del pensamiento crítico	Encuesta al docente <sup>1</sup>	0-10	-	6.2 (±26%)	7.5 (±16%)	7.8 (±24%)	7.9 (±21%)
Logro de competencias (preparación de los estudiantes para incorporarse al mercado laboral)	Encuesta a la persona representante de la empresa	1-5	-	2.3	2.8	2.9	2.8
Interacción entre estudiantes y trabajo colaborativo	Promedio de veces que cada estudiante participa en las tutorías grupales/total de estudiantes	1-5	-	2.8 (±11%)	3.5 (±9%)	3.4 (±12%)	3.5 (±14%)
Mejora del rendimiento académico	Puntuaciones conseguidas por los estudiantes en el proceso de evaluación (utilizando las rúbricas)	1-5	-	3.6 (±21%)	4.1 (±28%)	4.4 (±19%)	4.5 (±33%)
Motivación de los estudiantes	Encuesta de satisfacción a los estudiantes / Autoevaluación	0 - ∞	-	1.1	2.1	2.2 (±28)	2.1

Resultado de aprendizaje	Verificación	Rango	Curso				
			16-17 (antes de PBL+)	17-18 (PBL+ sin rúbrica)	18-19	20-21	21-22
	utilizando la rúbrica			(±22%)	(±32%)	%	(±20%)

<sup>1</sup>Sin medida de dispersión por haber solamente un profesor

La Figura 1 muestra los valores normalizados para los siete indicadores de evaluación de los resultados de aprendizaje. En términos generales, después de incluir la rúbrica como componente del PBL+ (de 18-19 en adelante), todos los indicadores superaron el valor de 70 sobre 100, a excepción del pensamiento crítico, que a juicio del docente llegó a menos de 60 puntos normalizados sobre 100. Relacionado con este parámetro, el empleador otorgó sólo una calificación de 70 puntos normalizados sobre 100 a la preparación de los estudiantes para incorporarse al mercado laboral. La incorporación de la rúbrica mejoró la puntuación de todos los resultados de aprendizaje como ya se dijo, excepto la puntuación que otorgan los estudiantes a su propio trabajo mediante la autoevaluación, que empeoró; este resultado quiere decir que cuando no existe rúbrica, es decir, la ausencia de un criterio claro de evaluación, crea una falsa sensación, demasiado optimista, sobre el propio aprendizaje.

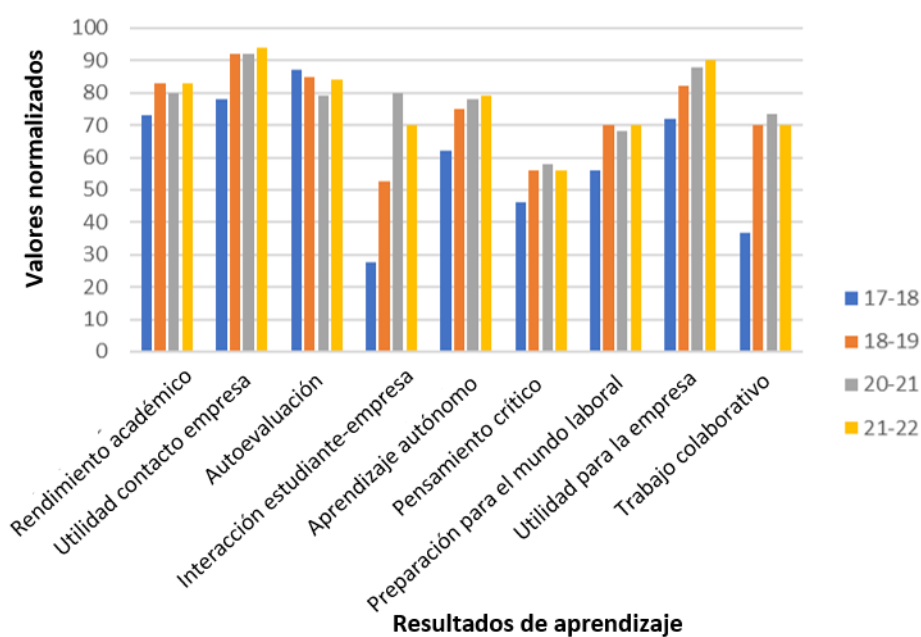


Figura 1. Valores normalizados (0-100) obtenidos para los indicadores utilizados para evaluar los resultados de aprendizaje con el uso de PBL+ para la asignatura “Sistemas de Producción Vegetal” de la Master en Ingeniería Agronómica. Los valores normalizados son relativos a la máxima puntuación posible (5 ó 10 según corresponda) excepto para el “número de interacción estudiante-empresa” y “número de veces que cada estudiante participa en la tutoría grupal” en los que los valores se relativizaron al valor que se consideró el óptimo (4 y 3 respectivamente).

### Problemas más y menos habituales planteados por las empresas a los estudiantes

Los problemas agronómicos que más preocuparon a las empresas agrarias son los relacionados con aspectos fitosanitarios o fisiopatológicos (Tabla 3), mientras que los relacionados con el desempeño ambiental de la agricultura, como por ejemplo mejora de la biodiversidad, actividad microbiológica del suelo, etc. ni siquiera aparecen mencionados.

Tabla 3. Problemas que más afectan al sector agrario y que por tanto son los más demandados por las empresas y resueltos por los estudiantes.

Tipo de problema	Detalles (cuando sea necesario)	Nº de trabajos	%
Problemas fitosanitarios	Plagas o enfermedades emergentes	8	28%
	Cuestiones fitosanitarias	9	31%
Fisiopatías de origen desconocido pero no biótico		6	21%
Control de malas hierbas	Por aparición de resistencias a los tratamientos clásicos	2	7%
Adecuación de prácticas productivas a nuevas normativas	Reducción de contenidos de acrilamida en patatas	1	3%
	fritas que implica cambios en el proceso productivo		
Transformación a producción ecológica		1	3%
Otros problemas agronómicos	Incluye la distribución de las parcelas (problemas de polinización por la distribución de los polinizadores en la parcela); manejo de riego y fertilización	2	7%

## Conclusiones y valoración de la experiencia

El PBL+ es una metodología óptima para alcanzar las competencias prácticas de la asignatura de “Sistemas de Producción Vegetal”; se ha llegado a esta conclusión porque en la evaluación de la metodología se han obtenido unos valores elevados para todos los resultados de aprendizaje considerados. Es importante destacar que uno de los componentes del PBL+, el uso de rúbricas, es fundamental para obtener unos buenos resultados con la aplicación de la metodología del PBL+, porque ayuda a los estudiantes a centrar sus esfuerzos en los aspectos que mejor se relacionan con las competencias a alcanzar. El pensamiento crítico sigue siendo la competencia más difícil de alcanzar, e incluso con el PBL+ solamente se alcanza de manera parcial. Las principales preocupaciones de los empresarios agrarios están relacionadas con temas fitosanitarios o fisiopatológicos. Los resultados obtenidos son extrapolables a otras materias relacionadas con titulaciones de Ingeniería. Tras cuatro cursos de aplicación de la metodología PBL+, los resultados obtenidos en las evaluaciones de la metodología permiten afirmar que se trata de una técnica madura y bien establecida, de gran utilidad para que los estudiantes de ingeniería adquieran las competencias prácticas.

## Agradecimientos

El Grupo de Innovación Docente (GID) INGENIAQ de la Universidad de León, ha recibido financiación de la Escuela de Formación de la Universidad de León (España), para la realización de las actividades que se presentan en este trabajo.

## Referencias bibliográficas

- Urbano, B., Gomez, X., Sanchez-Moran, M.E., San-Martin, M.-I., Mateos, R., Fernandez, C., Martinez, E.-J., Martinez-Moran, O., Moran, A. & Gonzalez-Andres, F. (2020). PBL+, a Tailor-Made Learning-Teaching Methodology for STEM Based on a Combination of Problem Based Learning (PBL) and Other Three Innovative Methodologies. *EDULEARN20 Proceedings. IATED*, 1644–1651.
- Urbano, B., Gómez, X., Sánchez, M.E., Mateos, R., Fernández, C., Ortiz, N., Martínez, E.J., Martínez-Morán, O., Morán, A. & González-Andrés, F. B. (2021). Successful Cases and Learned Lesson After Two Courses Using PBL+ for Practical Training of Engineering Students, *ICERI2021 Proceedings*, 3681-3687.
- Urbano, B., Gómez, X., Sánchez, M.E., Mateos, R., Fernández, C., Ortiz, N., Martínez, E.J., Martínez-Morán, O., Morán, A. & González-Andrés, F. (2022, 22 de abril). Acercando la Empresa a los Estudiantes de Ingeniería Mediante el Nuevo PBL+. *I Jornada de Innovación Docente de las Universidades Públicas de Castilla y León, Valladolid (España)*.