

**MEMORIA FINAL DE RESULTADOS  
PROYECTO DE INNOVACIÓN DOCENTE  
CURSO 2022-2023**

<b>Denominación del proyecto:</b> Aprendizaje colaborativo, interdisciplinar e intergeneracional para biotecnólogos e ingenieros químicos. El diseño de un proceso de purificación desde dos puntos de vista.
<b>Coordinador del proyecto:</b> Prof. Dr. Álvaro González Garcinuño ( <a href="mailto:alvaro_gonzalez@usal.es">alvaro_gonzalez@usal.es</a> ). Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Salamanca
<b>Participantes del proyecto:</b> Dr. Antonio Tabernero de Paz ( <a href="mailto:antaber@usal.es">antaber@usal.es</a> ), Dra. Celia Nieto Jiménez ( <a href="mailto:celianieto@usal.es">celianieto@usal.es</a> ), Dra. Eva Martín del Valle ( <a href="mailto:emvalle@usal.es">emvalle@usal.es</a> ).
<b>Fecha de la actividad:</b> Segundo cuatrimestre del curso. Presentación de los trabajos: 18 de mayo de 2023.

## 1. Introducción

El trabajo con especialistas de otras disciplinas constituye una de las labores más habituales de nuestros futuros egresados, que están llamados a entenderse con profesionales de otras áreas, más o menos afines, dado el gran nivel de multidisciplinariedad que existe actualmente en las diferentes empresas.

La comunicación entre profesionales de áreas diferentes no siempre resulta sencilla, y es importante ofrecer también estas competencias a nuestros estudiantes mediante la puesta en marcha de proyectos que les hagan enfrentarse a conocimiento frontera, en los límites de otras disciplinas.

Este proyecto de innovación docente ha pretendido acercar, mediante la elaboración de un trabajo conjunto, a estudiantes de grado y de máster de dos titulaciones de conocimiento diferentes. Concretamente, los alumnos de 2º de grado en Biotecnología, cursando la asignatura Fundamentos de Ingeniería Bioquímica II, con los alumnos de máster en Ingeniería Química, en la asignatura Análisis y Control de Riesgos en la Industria Química. Ambos grupos de estudiantes han abordado el mismo proceso de purificación de una sustancia, pero desde dos puntos diferentes de vista, de tal forma que necesitaban unos de los otros para llevar a cabo su parte del trabajo.

El proyecto solicitó financiación para abordar la constitución de los equipos en base a los roles de Belbin pero, al no concederse dicha financiación, no ha sido posible la realización online del test por parte de los estudiantes. Por tanto, se ejecutó el proyecto con una conformación de los grupos guiada por los propios estudiantes.

## **2. Descripción de la actividad**

### **a. Objetivos y planteamiento**

Debido a la naturaleza de la actividad, ésta se ha desarrollado en paralelo en dos facultades diferentes, la Facultad de Biología y la Facultad de Química, y ha empleado prácticamente todo el período del segundo cuatrimestre del curso 2022-2023.

La actividad consistió en la preparación de un trabajo escrito, y su posterior defensa oral, por un equipo interdisciplinar, capitaneado por el estudiante de Máster en Ingeniería Química, que ejercía como tutor del grupo de alumnos (entre 4 y 6, según grupo), de Grado en Biotecnología (2º curso). Los grupos se realizaron entre los estudiantes del Grado, quedando a su criterio la formación de los mismos. Esos mismos grupos, propusieron un producto biotecnológico como tema de su trabajo.

Una vez formados los grupos, fueron los profesores participantes del proyecto de innovación los que asignaron a cada grupo del Grado su correspondiente estudiante del Máster. Todos debían trabajar sobre el mismo producto biotecnológico, pero con tareas diferentes.

+ El estudiante de Máster debía realizar un análisis de la seguridad del proceso de producción, siguiendo el método HAZOP. Se le exigían un mínimo de 25 variaciones significativas.

+ Los estudiantes de Grado debían realizar el diagrama de proceso de la purificación de su producto elegido, junto con los balances de materia a todas las corrientes; así como el diseño preliminar de cada una de las operaciones unitarias. Finalmente, debían estimar el coste de implementar ese proceso de purificación mediante la realización de estimaciones con herramientas web accesibles para ellos.

### **b. Secuenciación temporal**

A continuación se presenta la descripción temporal de la ejecución del proyecto de innovación docente:

- Semana 1 del cuatrimestre: presentación del proyecto a ambos grupos de alumnos y explicación de los objetivos, de la forma de evaluación, los plazos y tipos de entrega, etc.
- Semana 3 del cuatrimestre: límite para los alumnos de Grado en Biotecnología para constituir los grupos de 4-6 alumnos, junto con la propuesta de tema (producto biotecnológico a ser purificado).
- Semana 4 del cuatrimestre: asignación del “tutor” responsable de entre los alumnos del Máster a cada uno de los grupos del Grado. El profesor facilita igualmente la base de cálculo (estimación de toneladas métricas anuales que deberían obtenerse en el proceso).
- Semana 8 del cuatrimestre: sesión de prácticas para los alumnos del Grado en la que se aborda la estimación industrial de costes, con la que completarán el trabajo que deben realizar.

- Semana 13 del cuatrimestre: fecha límite de entrega de los trabajos para los alumnos de Grado y de Máster.
- Semana 14 del cuatrimestre: presentación conjunta (Grado + Máster) de todos los trabajos.

### **c. Encuesta final**

El día de las exposiciones y defensas de los trabajos, tras la intervención de todos los grupos, se les distribuyó una encuesta para valorar la actividad. La encuesta era diferente para los alumnos de Grado o de Máster, y se presentan ambos modelos a continuación:

#### **Cuestionario para los alumnos de Máster**

1. ¿El grupo ha programado adecuadamente las tareas en el tiempo y ha ejecutado de forma ordenada el trabajo?
2. ¿Ha manejado correctamente la literatura científica y ha resuelto los problemas desde una perspectiva ingenieril?
3. ¿Ha facilitado el trabajo para que dispusieses adecuadamente el diagrama de flujo con el que realizar el análisis HAZOP?
4. Valora numéricamente el grado de profundidad con el que se ha abordado el proceso de separación.
5. Valora numéricamente la realización de los balances de materia y del diseño de las diferentes etapas de operación.
6. Indica aproximadamente el número de cuestiones que te han planteado durante la ejecución del trabajo.
7. ¿El ambiente de trabajo en el grupo ha sido bueno?
8. ¿Ha habido una participación homogénea de todos los integrantes del grupo?
9. Valora de forma global el resultado del trabajo

#### **Cuestionario para los alumnos de Grado en Biotecnología**

1. ¿El estudiante de máster ha estado disponible y accesible para las dudas o cuestiones que se le planteaban?
2. Valore numéricamente la ayuda o colaboración prestada por el estudiante de máster
3. ¿El ambiente de trabajo en el grupo ha sido bueno?
4. ¿Ha habido una participación homogénea de todos los integrantes del grupo?
5. Valora de forma global el resultado del trabajo

### 3. Resultados de la actividad

La actividad se realizó con éxito, y se produjo un trabajo colaborativo adecuado entre los alumnos de ambas titulaciones. Aunque lo ideal hubiese sido que los alumnos de Grado hubieran recurrido exclusivamente a los de Máster para solventar dudas sobre el proceso, la realidad es que se recurrió en varias ocasiones al profesorado involucrado para ciertas dudas que se plantearon durante la ejecución.

Los **temas** elegidos para los trabajos fueron: Vectores BAC, Vitamina B12, Hormona del crecimiento, Trastuzumab, Rifampicina, Lactasa, Rituximab, Amoxicilina, Levadura panificadora, Lactosa, Penicilina, Biotina.

La defensa de los trabajos tuvo lugar en la Facultad de Biología, y cada grupo disponía de 10 minutos en total para la presentación de su trabajo (que había sido entregado vía Studium con 5 días de antelación). Esos 10 minutos se debían repartir entre los alumnos de Grado (para exponer la parte de su trabajo) y los alumnos de Máster (para su parte). Posteriormente, se abrió un tiempo de debate y preguntas en la que se observó una notable participación de los compañeros en las preguntas, no quedando éstas exclusivamente reservadas al profesorado.

Las valoraciones de los diferentes grupos (por separado, Grado y Máster) fueron las siguientes:

**Grado en Biotecnología** (media: 7,40): 8,0/9,5/3,0/7,8/3,0/9,0/6,5/8,8/7,0/9,8/6,5/10

**Máster en Ingeniería Química** (media: 8,10): 5,0/9,3/7,0/7,0/8,5/9,8/8,0/8,5/9,5/9/7,5

Se observa, por tanto, una mejor calificación, de forma general, entre los estudiantes del Grado en Biotecnología pero no difiere mucho de los alumnos de Máster (diferencia de 0,70 puntos). Como se puede observar también, solamente dos grupos del Grado obtuvieron una valoración de suspenso, debido fundamentalmente a que partes importantes del trabajo no fueron siquiera abordadas.

Por otra parte, en lo referido a las **encuestas**, se presentan a continuación los resultados más significativos.

En las preguntas formuladas a los **ESTUDIANTES DE GRADO**, se registraron un total de 55 respuestas de los 57 alumnos matriculados en la asignatura.

El 100% de los alumnos respondió favorablemente a la primera de las preguntas, indicando que su tutor responsable (alumno de Máster) había estado disponible para consultas y asesoramiento. Cuando se les pedía una valoración numérica relativa a esa ayuda, la media de los encuestados resultó en 8,70 puntos sobre un máximo de 10, y una desviación estándar de la media de 1,30 puntos.

Al ser preguntados por el ambiente en el grupo de trabajo, 5 personas contestaron negativamente, mientras que 50 contestaron afirmativamente (90% de las respuestas). Más variación en las respuestas se observa cuando se pregunta por la participación

homogénea de los integrantes del grupo: un 30% afirma que no han trabajado de forma semejante, con diferencias en la dedicación entre unos miembros del grupo y otros.

Finalmente, en la valoración global del trabajo, se obtiene una media de  $7,85 \pm 1,27$ . Por tanto, se puede concluir que los estudiantes de Grado en Biotecnología han quedado notablemente satisfechos con el resultado del proyecto de innovación docente.

En las preguntas formuladas a los **ESTUDIANTES DE MÁSTER**, se registraron un total de 11 respuestas de los 12 alumnos matriculados en la asignatura. En la Tabla siguiente se muestran los resultados obtenidos de las encuestas a cada una de las preguntas realizadas a los alumnos de Máster.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
P 1	No	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No	No	Sí
P 2	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	No	Sí
P 3	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí
P 4	10	10	10	9	10	9	6	9	9	8	10
P 5	10	10	9,5	9	10	10	0	8,5	9,5	8	10
P 6	Mucho	>50	Mucho	7	4 a 6	3 a 4	5 a 6	4 a 7	2	1	1
P 7	Normal	Sí	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Malo	Sí	Sí	Sí	Sí
P 8	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí
P 9	8	9,5	10	9	8,5	9	6	8	8	6	10

Si analizamos los resultados reportados por los estudiantes de Máster, podemos observar discrepancias en la respuesta a la primera pregunta, dónde aproximadamente la mitad de ellos considera que el grupo que se les ha encomendado no ha programado adecuadamente las tareas y ha realizado buena parte del trabajo justo al final. En conversaciones personales con los alumnos de Máster, este hecho ha sido comentado por varios, y se propone como plan de mejora marcar fechas de entregas intermedias, para obligar a un trabajo más continuado de los estudiantes del Grado.

En la pregunta 2, la inmensa mayoría considera que han manejado adecuadamente la literatura científica. Las dos valoraciones negativas en esta pregunta coinciden con los dos grupos que el profesorado ha evaluado con notas de suspenso. En el caso de la pregunta 3, solamente un estudiante ha expresado su disconformidad con el plazo en el que le facilitaron el diagrama de flujo para su análisis HAZOP. Concretamente, este alumno comenta que se lo hicieron llegar tan solo 3 días antes de la fecha de entrega de todo el trabajo.

La media obtenida en la pregunta 4 supera el 9/10, de tal forma que los estudiantes de Máster consideran que sus compañeros de Grado han entrado con gran profundidad en el diseño del proceso de purificación. Las notas otorgadas para la evaluación de los balances de materia y el diseño de las operaciones son muy satisfactorias (media de 8,60/10), a excepción de un grupo, que resultó evaluado como suspenso, puesto que decidió no abordar esta parte del trabajo.

En lo relativo al número de consultas que les han realizado, los números son muy variables entre unos grupos y otros. Algunos señalan que les han consultado en más de 50 ocasiones, mientras que otros indican que tan solo una o dos veces. Se observa aquí una gran diferencia en la autonomía de los diferentes grupos y en el esfuerzo de tutorización que recae sobre unos estudiantes de Máster u otros.

Sobre el ambiente de trabajo, se valora en general como bueno, a excepción de un grupo, donde surgieron problemas personales que han podido quedar plasmados en las encuestas. Sobre la participación homogénea de los estudiantes dentro del grupo, dos alumnos señalan que ha sido muy asimétrica, donde uno de los integrantes ha cargado con la mayor responsabilidad y ha asumido la gran parte del trabajo.

Finalmente, en la valoración global se obtiene una media de  $8,36 \pm 1,38$ ; siendo por tanto, ligeramente superior a la otorgada por los alumnos de Biotecnología.

#### **4. Conclusiones**

En resumen, el proyecto de innovación docente se ha ejecutado de forma satisfactoria, tal y como ha sido manifestado en las encuestas por los estudiantes. Se han conseguido adecuadamente los objetivos que se plantearon en la memoria inicial, es decir:

- Fomentar el trabajo colaborativo entre estudiantes de disciplinas semejantes (Grado en Biotecnología y Máster en Ingeniería Química) para conseguir que adquieran un enfoque interdisciplinar de sus titulaciones.
- Potenciar la capacidad de dirección de equipos multidisciplinares por parte de los estudiantes de Ingeniería Química, así como el trabajo por roles previamente asumidos por parte de los estudiantes de Biotecnología.
- Para estudiantes de Biotecnología: aumentar la capacidad de diseño de un proceso de la industria biotecnológica, abordando sus diferentes facetas.
- Para estudiantes de Ingeniería Química: aplicación a un proceso real, durante la etapa de diseño de la planta, de la estrategia HAZOP como técnica de identificación de peligros.