

ESTRATEGIA COOPERATIVA PARA LA MAXIMIZACIÓN DE RECURSOS EN PROYECTOS FIN DE GRADO

Victor A. Tallada

¹Universidad Pablo de Olavide, Ctra. Utrera Km1, 41089, Sevilla, España . valvtal@upo.es

Resumen

En el marco actual de la limitación de los recursos docentes por la situación económica que atraviesa nuestra sociedad, se hace esencial desarrollar estrategias para maximizar los recursos educativos en asignaturas eminentemente prácticas como los Proyectos Fin de Grado.

En este proyecto se pretende maximizar la dedicación del tutor multiplicando por cuatro las horas que cada estudiante puede pasar en el laboratorio con una supervisión y entrenamiento experto. Para ello se han tutorizado 4 Proyectos Fin de Grado íntegramente de laboratorio de manera simultánea. Los proyectos son paralelos, con un organismo modelo, temática, dinámica y objetivos comunes pero manteniendo elementos diferenciadores para mantener la individualidad en la adquisición de competencias. Cada sesión de laboratorio, se realiza sin excepción con los 4 estudiantes, de modo que el contacto que cada uno de ellos tiene con el tutor es 4 veces mayor que si fuera individual. Sin embargo, cada uno de ellos realizó de modo individual todas y cada una de las tareas necesarias tanto de diseño como de ejecución experimental. Al ser proyectos diseñados con coincidencias conceptuales y desarrollo de competencias comunes, las dudas resueltas en grupo así como las discusiones y análisis de los resultados de forma colectiva beneficia a todos y cada uno de los estudiantes y el tiempo que se ahorra en procesos comunes se puede invertir en más trabajo de laboratorio. Los resultados han sido óptimos tanto por los resultados experimentales como por la opinión de los estudiantes implicados.

Palabras clave: Optimización; Proyectos Fin de Grado; Experimental; Cooperatividad.

1 INTRODUCCIÓN

Los nuevos planes de estudio para los Grados en Ciencias Experimentales que se han instaurado en el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), contemplan la realización obligatoria de un Proyecto Fin de Grado en el segundo semestre del último curso del programa [1]. Se contempla esta asignatura como una integración de las diversas competencias que el estudiante ha adquirido durante toda su formación anterior para realizar un proyecto de cualquier ámbito de conocimiento comprendido en el plan de estudios, así como una memoria que refleje la competencia real del estudiante a la hora de poner en valor su formación [1]. No obstante, el estudiante obtiene 15 créditos ECTS (*European Credit Transfer System*) por esta asignatura. En otras palabras, se contempla una dedicación total de 375 horas de trabajo presencial y autónomo del alumno. Sin embargo, en los planes actuales de Ordenación docente, el creditaje reconocido a los profesores tutores de cada Proyecto Fin de Grado en Ciencias Experimentales es de 1,7. Es decir, se asume una dedicación de 17 horas para el Profesor; que debe idear, supervisar en el laboratorio, tutorizar conceptualmente y resolver dudas y posteriormente evaluar la memoria. Resulta obvia pues la desproporción entre la dedicación reconocida al Profesor y la dedicación exigida al estudiante. Esta es en gran medida debida a la profunda crisis económica en la que se ha implantado el EEES.

Por otro lado, en una carrera universitaria eminentemente experimental, las competencias fundamentales que los estudiantes deben adquirir están directamente relacionadas con el método científico y con el trabajo de laboratorio. Esto requiere mucho tiempo y recursos para la formación del estudiante en prácticas. En este escenario, aunque el profesor dedicase todo su tiempo a las sesiones de laboratorio, en términos objetivos, es obvio para cualquier persona que haya desarrollado trabajo experimental, que un tiempo presencial de 17 horas es claramente insuficiente para preparar el material, realizar los experimentos con repeticiones estadísticas, solucionar los eventuales problemas que puedan surgir, recopilar los resultados y discutir su significado *in situ*. En este contexto, se hace esencial por tanto desarrollar estrategias para maximizar los recursos tanto educativos como humanos y de financiación en asignaturas eminentemente prácticas como son los Proyectos Fin de Grado asociados a programas relacionados con las Ciencias Experimentales. Estos Grados son especialmente propicios para basar el aprendizaje en la resolución de problemas. Este

tipo de aprendizaje se conoce como PBL (*Project-Based Learning*) y está muy bien documentada su eficacia desde hace mucho tiempo [2]. En este trabajo se describe un modelo en el que un grupo de 4 estudiantes realizan un proyecto individual pero en un mismo marco temático y con un horario de laboratorio común. De esta forma, cada hora de laboratorio del profesor es multiplicada por 4 a efectos de supervisión y el trabajo de laboratorio se concentra en intensas sesiones de laboratorio. En el proceso, cada estudiante recibe el mismo fondo introductorio, explicación de la metodología, solución de problemas comunes, etc. Así mismo, puede discutir los experimentos ideados y los resultados obtenidos con el profesor y con sus compañeros, de modo que todos se beneficiarían a la vez para desarrollar un espíritu crítico sobre su propio trabajo y el de sus compañeros. Al tratarse además de una temática común y beneficiarse cada uno de ellos del trabajo de los demás, se potencia la capacidad de trabajo en equipo aunque con objetivos individuales claros y definidos; Una competencia esencial para acceder a un trabajo de laboratorio. Todo ello sin perjuicio de un desarrollo intelectual y de una evaluación independiente y plenamente personalizada.

2 CONTEXTO Y METODOLOGÍA

Este trabajo ha sido realizado en el Área de Genética del Departamento de Biología Molecular e Ingeniería Bioquímica de la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. En la Facultad de Ciencias Experimentales de esta Universidad, las Áreas implicadas en la docencia de cada Grado deben ofertar entre un mínimo y un máximo de Proyectos Fin de Grado que se computan en el Plan de Ordenación Docente (POD) a 1,7 créditos por proyecto tutorizado. En la parte final del año académico anterior, cada Área presenta a los estudiantes una breve idea del contenido de los proyectos que se ofertan y posteriormente los estudiantes eligen las distintas Áreas por orden de preferencia según su interés y motivación. Cuando existe más demanda que oferta para un determinado proyecto, los estudiantes son finalmente asignados en función de su expediente académico [3]. La metodología aquí descrita se ha aplicado en los proyectos ofertados por el Área de Genética en el Grado de Biotecnología.

La base experimental propuesta de forma común fue la búsqueda de nuevos mutantes condicionales en la levadura de fisión *Schizosaccharomyces pombe*. Este es un organismo modelo muy utilizado en la comunidad científica internacional con presencia muy relevante en campos prioritarios, como la biología de sistemas o el control del ciclo celular. Es un modelo muy versátil ya que es muy fácil de cultivar y posee una extraordinaria potencia para estudios genéticos, que lo hace ideal para este tipo de aprendizaje. Inicialmente se plantea como un proyecto de investigación real y sobre todo original, de modo que los resultados obtenidos sean novedosos e inéditos y no una mera repetición de protocolos y estudios realizados previamente. El diseño del proyecto por parte del tutor resulta en este aspecto muy relevante puesto que debe plantear actividades abordables por estudiantes con destrezas laboratorio muy limitadas pero que generen resultados originales y que aseguren material para seguir el trabajo experimental y el planteamiento de problemas biológicos reales durante la duración del proyecto.

En una primera reunión presencial del profesor con el grupo de 4 estudiantes se explica la base conceptual del trabajo. Se plantea la idea general como un reto, los antecedentes y los objetivos del trabajo que van a realizar. Se remarca la relevancia de los resultados que se esperan. Es importante hacerles entender que no se trata de una práctica convencional en la que simplemente siguen un protocolo y una rutina puesta a punto previamente. Se les transmite que lo que van a hacer es un trabajo original en el que tendrán que diseñar experimentos, analizar resultados, sacar conclusiones y tomar decisiones. El éxito y la dimensión del trabajo dependerá directamente de su grado de implicación y del rigor con el que ejecuten los experimentos. Se asignan también tareas de documentación bibliográfica en dos sentidos: Por un lado, para entender los antecedentes y el problema biológico que van a estudiar y por otro la elaboración individual de un protocolo de laboratorio para la mutagénesis e identificación posterior de cepas de interés. Por tanto, los protocolos y mutágenos elegidos son individualizados y se discuten de manera virtual para optimizarlos antes de la primera sesión de laboratorio. Posteriormente se realizan numerosas sesiones de laboratorio en la que están presentes siempre los 4 estudiantes. De este modo, los métodos, razonamientos, discusiones y resolución de dudas comunes se explican sólo una vez, usando el tiempo ahorrado para hacer más trabajo "con las manos". Además mientras los estudiantes ejecutan el trabajo experimental de cada sesión existen tiempos de incubación muy valiosos para resolver dudas individuales o atender a particularidades de cada proyecto.

El principal obstáculo a salvar con este modelo es la incompatibilidad de horario de cada estudiante con el resto. Aunque todos están en el mismo curso, cada uno de ellos tiene asignaturas optativas

diferentes o incluso de años anteriores, con distintos horarios y requerimientos. Así mismo, se ha de compatibilizar el horario de los estudiantes en su conjunto con el del Profesor, que imparte otras asignaturas en Grado y Máster. Por último se ha de buscar disponibilidad de laboratorio que no solape con otras prácticas del Área. En este caso, se ha encontrado extremadamente útil aplicaciones móviles de comunicación en tiempo real. Creando un grupo de trabajo con tal aplicación, nos ha permitido coordinar de forma eficaz los tiempos de dedicación entre los estudiantes, el profesor y nuestra técnico de prácticas. Incluso improvisar sesiones para completar experimentos o analizar resultados. Esto añade la versatilidad que hace posible un trabajo de este tipo. En cada sesión se intentaba realizar el máximo de actividades posibles y se llevaban a cabo dos o tres experimentos en paralelo. Como trabajo personal, los estudiantes debían planificar de forma individual detalladamente la siguiente sesión por sí mismos, de modo que las explicaciones se redujesen al máximo para dar más tiempo al trabajo experimental.

La evaluación de los Proyectos Fin de Grado en la Facultad de Ciencias Experimentales de la Universidad Pablo de Olavide se realiza en función de un informe del tutor que pondera el 50% de la calificación. Este informe consta de dos componentes: Evaluación del desarrollo del Proyecto y evaluación de la memoria que presenta el estudiante. El 50% restante evalúa la presentación oral que se puntúa por un tribunal de tres profesores del área o afines [1,3].

3 RESULTADOS

Todas las actividades presenciales han sido realizadas íntegramente en el laboratorio. Se han aplicado las normas de seguridad requeridas explicadas como competencias a adquirir por el estudiante, se han manejado multitud de recursos técnicos y de equipamiento para la investigación en distintos aspectos de la Genética y transversalmente algunos de Biología Celular. Los resultados experimentales han sido comprobados y discutidos *in situ* buscando la participación equilibrada de todos. Los estudiantes han obtenido y recopilado los resultados completamente originales para discusión en su memoria y su presentación oral ante un tribunal.

Desde el punto de vista del profesor, los resultados han sido óptimos puesto que cada estudiante ha conseguido generar datos suficientes para discutir abundantemente y ha manejado una cantidad y variedad de técnicas de experimentación inalcanzable de otro modo. En términos específicos todos los estudiantes han logrado aislar mutantes condicionales, limpiar el fondo genético mediante cruzamiento, comprobar la proliferación en presencia de diferentes agentes y temperaturas, analizar el fenotipo mediante técnicas de microscopía de fluorescencia y citometría de flujo etc. En definitiva, los estudiantes han manejado multitud de protocolos y técnicas de laboratorio y han seguido métodos de deducción científica que no habían tenido oportunidad de aplicar anteriormente.

Los criterios de evaluación de la parte experimental se han basado principalmente en la obtención de datos científicos originales que son reflejo directo de las competencias en el manejo de todas las técnicas usadas. En el escenario descrito anteriormente, el Profesor recibe una retroalimentación formidable de cara evaluar la adquisición de competencias puesto que observa de primera mano, como los estudiantes manejan el material de laboratorio y siguen las normas de seguridad, que iniciativas toman a la hora de resolver los problemas metodológicos y conceptuales y sobre todo, cual es el resultado del experimento, que es relación directa del resultado del aprendizaje. Así mismo, las preguntas planteadas por cada estudiante y las respuestas a las preguntas formuladas por el profesor son indicativas de la evolución de su proceso de razonamiento. Los dos componentes de la evaluación que deben ser valorados por el tutor se hacen usando las rúbricas estándar de la Facultad [1]. Cada uno de los estudiantes elaboró su propia memoria en un simulacro de artículo científico en la revista "*Genetics*", referente internacional en el campo de la Genética. La evaluación de las memorias se hace en base a los siguientes criterios: Rigor en la descripción de los materiales y métodos usados; Claridad en la exposición de los resultados; Capacidad para destacar los aspectos más importantes y capacidad de elaboración de conclusiones a partir de ellos. Las memorias se presentan en formato definitivo de modo que los estudiantes deben incluir y expresar de la mejor forma que sepan, sin pasar previamente por el filtro corrector del tutor, todo lo que han entendido y han sacado en claro por sí mismos de todas las sesiones de laboratorio.

Como resultado del aprendizaje, en este caso los estudiantes que participaron en este modelo de proyecto han mostrado una motivación extraordinaria y vocación por el trabajo experimental, que a juzgar por sus opiniones, ha aumentado significativamente al disfrutar de un contacto mucho más directo y estrecho con el laboratorio en este periodo. Un indicador muy significativo en este caso es que todos los estudiantes dedicaron, voluntaria y unánimemente, bastante más tiempo de laboratorio

del que tenían asociado al creditaje de la asignatura. Todo esto ha repercutido positivamente en su rendimiento, obteniendo la calificación de "Sobresaliente" y siendo algunos propuestos para la distinción de Matrícula de Honor. Pero no sólo el resultado académico ha sido satisfactorio. En las últimas sesiones de laboratorio mostraban muy buena destreza manejando material y protocolos de laboratorio demostrando la adquisición de competencias prácticas. Así mismo en sus simulacros de artículos científicos presentaban hipótesis basadas en observaciones realizadas y de hecho eran capaces de proponer experimentos para validarlas o rechazarlas. Como muestra de esto, se reproducen algunas frases textuales de sus discusiones:

"Partiendo de la hipótesis de que los mutantes enu4 y enu9, se encuentran afectados en la polarización de la célula, sería interesante ver si dicha alteración es causada por un fallo en los microtúbulos";

"Según los datos de la citometría, este mutante parece bloquearse tras realizar la fase S, pero previamente a realizar la citoquinesis, de ahí las células 4c. Uniendo esto a los resultados de la tinción cabría proponer un bloqueo antes de la citoquinesis completa pero una vez que se hubiese realizado la fase S";

"En el caso del mutante mms63, centrándonos en que en presencia de formamida presenta una carga de 1c, podemos empezar estudios para ver si es debido a un bloqueo en G1"

Para reflejar la visión del estudiante sobre este formato de PFG se realizaron encuestas a los alumnos que he tutorizado. Entre las conclusiones más relevantes, Los estudiantes opinan que:

Han aprovechado muy bien el tiempo de dedicación a su proyecto.

El profesor les ha dedicado un tiempo muy adecuado y superior al que hubieran dispuesto si el proyecto fuese individual.

Es un modelo que no ha limitado su desarrollo individual y de hecho creen que han aprendido más que si hubiera sido individual.

Elaborar la memoria en formato artículo científico es muy positivo.

Recomendarían este formato de PFG a otros compañeros.

4 CONCLUSIONES

En el marco actual de la limitación de los recursos docentes por la situación económica que atraviesa nuestra sociedad, se hace esencial desarrollar estrategias para maximizar los recursos educativos en asignaturas eminentemente prácticas como los Proyectos Fin de Grado de programas relacionados con las Ciencias Experimentales. Con el propósito de poner a punto un sistema que pueda funcionar en este sentido, se han tutorizado 4 Proyectos Fin de Grado íntegramente de laboratorio, de manera simultánea. Los proyectos son paralelos, con un organismo modelo, temática, dinámica y objetivos comunes pero manteniendo elementos diferenciadores para mantener la individualidad en la adquisición de competencias. Cada sesión de laboratorio, se realiza con los 4 estudiantes obligatoriamente. Esta única pero estricta regla, ha tenido dos consecuencias positivas. Por un lado, los estudiantes se autoimponen una disciplina de asistencia, puesto que la dedicación que cada uno realice depende directamente de la de sus compañeros. Por otro lado, el contacto que cada uno de ellos tiene con el tutor es 4 veces mayor que si fuera individual. Sin embargo, cada uno de ellos realiza de modo individual todas y cada una de las tareas necesarias tanto de diseño como de ejecución experimental. Al ser proyectos diseñados con coincidencias conceptuales, desarrollo de competencias y materiales comunes, las dudas resueltas en grupo así como las discusiones y análisis de los resultados de forma colectiva beneficia a todos y cada uno de los estudiantes. Es importante resaltar que este modelo no debe interpretarse como un trabajo en grupo (en el que cada estudiante hace una parte del proyecto y no todos hacen todo) sino como un trabajo cooperativo, en el que el proyecto es común pero todos los estudiantes hacen todo y la interacción entre ellos es colaborativa.

Una de las conclusiones importantes de este modelo es la importancia del diseño conceptual y experimental del Proyecto propuesto. Es fundamental que suponga un reto para los estudiantes y que genere datos para poder usar una estrategia de aprendizaje basado en resolución de problemas [2]. En este caso, se estima muy importante que sea un proyecto original y que permita el manejo interdisciplinar de las materias impartidas por el Área de conocimiento en los años anteriores del Grado. En el caso expuesto, los estudiantes manejaron técnicas y conceptos de las asignaturas

troncales impartidas por nuestra Área: Genética, Genética Molecular, Ingeniería Genética y Bioinformática.

Este proyecto fue diseñado para que cada estudiante obtuviese sus propios mutantes y aunque las técnicas de análisis genético y la caracterización básica de estos es común, cada uno de ellos realizaba todas y cada una de las actividades de laboratorio necesarias. Debemos tener en cuenta que, al ser mutantes diferentes, los procesos biológicos afectados son variables de modo que cada alumno tiene que reflexionar e interpretar sus resultados de forma individual y puede discutir los experimentos ideados y los resultados obtenidos con el profesor y con sus compañeros, asegurando que cada uno adquiriese las competencias típicas de laboratorio y las competencias intelectuales asociadas al proceso científico de manera personal. Sin embargo, todos se benefician de desarrollar un espíritu crítico sobre su propio trabajo y el de sus compañeros. Al tratarse además de una temática común, se potencia la capacidad de trabajo en equipo (una competencia esencial para acceder a un trabajo de laboratorio) pero con objetivos individuales claros y definidos. Todo ello por supuesto sin perjuicio de una evaluación independiente. Por la experiencia obtenida en este proceso, se estima que el tamaño del grupo no debe ser menor de 4 estudiantes, para que el gran esfuerzo que debe dedicar el profesor a este tipo de actividad docente esté en relación con los créditos reconocidos. El grupo tampoco debe ser mayor de 5 estudiantes para que sea gobernable, se pueda dedicar atención plenamente individualizada y los horarios sean coordinables. Un aspecto muy positivo observado en esta experiencia es que al funcionar como bloque, pero cada uno con intereses particulares, se ha constatado una competición sana que hace avanzar al conjunto y motiva y empuja a todos los miembros para no quedar atrás. Esto facilita mucho la búsqueda de horarios comunes, el cumplimiento de plazos, la profundidad del análisis bibliográfico, la concentración y rigor en el laboratorio etc. Por la retroalimentación recibida desde la propia interacción con los estudiantes y por sus respuestas a un breve cuestionario realizado antes de su evaluación, los estudiantes han quedado muy satisfechos con la metodología seguida, con el tiempo de dedicación y la disponibilidad del tutor y con el propio rendimiento que ellos mismo han sacado a su proyecto.

En cuanto a la evaluación, creemos que no existe una forma más pura y objetiva de comprobar si un estudiante adquiere las competencias esperadas (y en que nivel), que estar sentado a su lado mientras ejecuta los experimentos, responde de forma natural a las preguntas formuladas por el profesor o sus compañeros y él formula espontáneamente sus propias preguntas. Otro aspecto muy relevante de este modelo es que se puede aplicar a la gran mayoría de asignaturas de Trabajo Fin de Grado de programas experimentales, en los que el trabajo de laboratorio deba representar una parte importante de la carga docente. Además, debe hacerse una consideración adicional en términos económicos sobre los costes reales del material usado en el Proyecto. Las asignaturas de los Grados experimentales, en las que la carga de laboratorio es amplia, suponen un coste en reactivos que resulta ser un aspecto limitante. Este formato de proyecto permite pedir *stocks* de productos más grandes, preparar mezclas maestras de aquellos reactivos y medios de cultivo que sean comunes etc. Esto abarata los costes económicos respecto al mismo número de estudiantes con proyectos diferentes, sin perjuicio de su formación.

Como última consideración respecto a esta estrategia es de resaltar también la ventaja de continuidad en el tiempo que este modelo proporciona. En nuestro caso, hemos obtenido una magnífica colección de mutantes que pueden ser usados para su caracterización e identificación en proyectos fin de grado de años futuros, de modo que los resultados de un año académico sirven en este caso como antecedentes para seguir avanzando en el siguiente.

REFERENCIAS

- [1] http://www.upo.es/export/portal/com/bin/portal/fcex/alumnos/GuiasDocentes/GuiasDocentes_2013_2014/GBIOT/1385635279649_guxa_docente-pfg-gbt.pdf.
- [2] Blumenfeld P.C., Solloway E., Marx R.W., Krajcik J.S., Guzdial M. & Palincsar A. Motivating Project-Based Learning: Sustaining the Doing, Supporting the Learning. *Educational Psychologist* 26(3&4), 369-398 (1991).
- [3] http://www.upo.es/bupos/Bupo_8_2012/ACG_20abr_2012_p2.pdf