

Estrategias metodológicas para el aprendizaje basado en proyectos de investigación en Ingeniería de Bioprocesos.

Methodological strategies for project-based learning in research Bioprocess Engineering.

Ana Moral Rama ⁽¹⁾
amoram@upo.es

Menta Ballesteros Martín ⁽²⁾
mmbalmar@upo.es

Antonio Tijero Cruz ⁽³⁾
atijero@quim.ucm.es

José S. Torrecilla ⁽⁴⁾
istorre@quim.ucm.es

⁽¹⁾ ⁽²⁾ ECOWAL group, Molecular Biology and Biochemical Engineering.
Dpt., Experimental Sciences Faculty.

Pablo de Olavide University. www.ecowal.es

⁽³⁾,⁽⁴⁾ ALGOREACH group, Chemical Engineering Dpt.
Faculty of Chemistry, Complutense.
University of Madrid. www.algoreach.com

RESUMEN.

El desarrollo de *métodos interactivos* que propician el intercambio de información entre el alumnado y profesorado ha significado un esfuerzo importante para ambos, ya que rompen con el estrecho espacio formativo que deja la clásica transmisión mecánica y verbalista de conocimientos. Marcando como objetivo la superación del 'argumento de autoridad', se han propuesto diversas estrategias para llevar a cabo procesos de aprendizaje basados en investigación. En el presente estudio se hace un recorrido por los diversos *métodos interactivos* de enseñanza- aprendizaje haciendo especial hincapié en las estrategias metodológicas del aprendizaje basado en proyectos experimentales debido a su especial relevancia en el ámbito científico. Se propone un método de preselección por parte del alumnado así como cuatro fases principales para llevar a cabo un trabajo de investigación de calidad. La primera fase consiste en una propuesta inicial en la que se ofertan al alumnado los proyectos a elegir por el grupo ECOWAL para realizar el trabajo fin de Máster y en la que el alumnado debe construir una base documental o "estado del arte". Durante la segunda fase o "diseño de la investigación" se marcan unos objetivos claros y se diseña el trabajo experimental a realizar. Seguidamente, se propone una tercera fase de recogida y tratamiento de datos y se detalla especialmente cómo realizar el informe con el que concluye la cuarta fase. Los intercambios de ideas, los apoyos que se prestan tanto entre iguales, así como las aportaciones procedentes del docente u otro colaborador, hacen de este sistema un tejido cultural compartido excelente para el aprendizaje del alumnado en el campo de la Ingeniería Química.



PALABRAS CLAVE.

Enseñanza, aprendizaje, investigación, metodología, proyectos.

ABSTRACT.

The development of interactive methods that promote the exchange of information between student and teacher has meant a significant effort to the students and teachers to break the narrow training area that allow the classical verbose and mechanical transmission of knowledge. With the objective to surpass the argument of authority, various strategies to carry out research-based learning processes have been proposed. The aim of this study is to select, after to tour through various interactive methods of teaching– learning, a methodological strategies of learning based on projects of special scientific relevance. This methodology includes project preselection method by the students as well as the four principal phases needed to carry out a quality research work. The first phase is an initial proposal including the projects than can be selected by the students. The projects are offered by the Group ECOWAL for the Master thesis in which the student must to collect a documentary basis or "State of the art". During the second phase or "research design", research objectives are marked and the experimental work is designed. The third stage is the collection and treatment of data and includes especially detailed information about how to carry out the report that concludes the fourth phase. The exchange of ideas, the support provided by peers, teacher as well as others contributors, make this system an excellent shared cultural fabric for the learning of students in Chemical Engineering.

KEY WORDS.

Teaching, learning, research, methodology, projects.

1. Introducción.

La clase magistral, el trabajo guiado, la tutoría, el trabajo en grupo, etc. son ejemplos de los métodos comúnmente utilizados en el proceso de enseñanza-aprendizaje en el entorno universitario. Un criterio útil de clasificación consiste en identificar quién está en el centro de la actividad. Se denominan *métodos expositivos* a aquellos en los que la actividad recae fundamentalmente en el profesorado; si es el alumnado y se propicia la interacción entre iguales se denominan *métodos interactivos*; los *métodos individuales* se basan en la utilización de materiales de autoaprendizaje por parte del estudiante (Quinquer, 1997).

El desarrollo de *métodos interactivos* ha significado un esfuerzo importante ya que rompe con el estrecho espacio formativo que deja la transmisión mecánica y verbalista de conocimientos. La enseñanza-aprendizaje a partir de los *métodos interactivos* cuenta con numerosos antecedentes (Tort, 1996; Pozuelos, 2001; Cañal, Pozuelos & Travé, 2003; Ballesteros & Moral, 2014). Porlán y Cañal mencionaron que se encuentra "ligada a una tradición pedagógica antigua" que ha evolucionado en la actualidad hacia una sólida alternativa de cara a la renovación y al cambio (George, 1977). Entre las estrategias más conocidas y empleadas en este contexto se pueden destacar las siguientes modalidades:



- a) Aplicación del método científico o experimental: El objetivo de esta metodología es superar a la tradicional, que prescinde de cualquier actividad práctica o las reduce a simples ilustraciones de las clases teóricas (Cases, 1981). El alumno aprenderá tanto los conocimientos y actitudes necesarias para la resolución del método experimental como el proceso mismo (Prada, 1977).
- b) Aprendizaje por descubrimiento: El contenido esencial de lo que debe ser aprendido no se facilita en su forma final, sino que tiene que ser descubierto por el sujeto (Rae & Mcphillily, 1978). Se establece un marco de libertad fomentando la acción espontánea (Piaget, 1974).
- c) Investigación guiada: El profesor estructura la situación de aprendizaje, esparce pistas, formula preguntas indicativas o por cualquier otro método guía al alumnado hasta la antesala del descubrimiento (Rae & Mcphillily, 1978).
- d) Investigación del medio: Movimiento cercano a los planteamientos iniciados por Freinet en 1980 (Movimiento di Cooperazione Educativa -MCE-, en Italia; Movimiento Cooperativo de Escuela Popular -MCEP-, en España, etc.) que considera de vital importancia conectar la enseñanza con el medio. Se defiende un proceso basado en la motivación del alumnado conectando con sus inquietudes y necesidades (Ciari, 1977).
- e) Investigar problemas sociales de interés: A partir de los años sesenta del pasado siglo se encuentran propuestas en torno a ciertas cuestiones controvertidas (Gie, 1991; Merchán & García, 1994). Para su desarrollo se tomaron "cuestiones humanas importantes" que una vez expuestas en el aula instaban al alumnado a ir adquiriendo un juicio responsable.
- f) Investigación y cambio conceptual: El profesor asume el papel de 'experto' que conoce y domina tanto el proceso como el conocimiento y lo refuerza, matiza o pone en cuestión las aportaciones elaboradas por el alumnado (Gil, 1986, 1993, 1994a, 1994b).
- g) Proyectos de trabajo e investigación: Tiene su antecedente en propuestas de Dewey sistematizadas (Kilpatrick, 1921). Muchos autores las han utilizado como referencia; la investigación dialógica de Freinet, los Proyectos de Trabajo -PT- (Hernández, 1992), los Proyectos de Investigación -PI- (Canario, 2000) o la investigación en grupo (Kolmos, 2004). El resultado estará directamente relacionado con las inquietudes iniciales a través de las distintas producciones obtenidas.
- h) Las "WebQuest": Es la enseñanza por investigación en la era digital, algo así como "investigación del alumnado en la red". Tiene gran importancia la perspectiva del alumnado.

Tras hacer un recorrido por los diversos *métodos interactivos* de enseñanza- aprendizaje, el presente estudio se centra en el aprendizaje basado en proyectos debido a su especial relevancia en el ámbito científico. Se describirá la metodología adecuada para la realización del mismo, ejemplificándola con un caso práctico. Con ello, se mostrará que los intercambios de ideas así como las aportaciones procedentes del docente u otro colaborador, hacen de este sistema un tejido cultural compartido excelente para el aprendizaje del alumnado en el campo de la Ingeniería de Bioprocesos.



2. Metodología.

2.1. Población y muestreo.

La población a la que se dirige la investigación está compuesta por los estudiantes del Máster en Biotecnología Ambiental, Industrial y Alimentaria de la Universidad Pablo de Olavide. La muestra se realiza mediante procedimientos de muestreo deliberado o intencional que supone la determinación de una serie de características del grupo de estudio para, a continuación, elegir los sujetos participantes. El número de participantes corresponde al alumnado matriculado durante el curso 2012-13, siendo un total de 30.

Dichas características son: haber vivido al menos una experiencia de investigación en la formación universitaria, calificación superior a 7,5 en la asignatura Ingeniería de los Bioprocesos (estrechamente relacionada con la oferta formativa de los proyectos de investigación), experiencia previa en industrias dentro del ámbito de la Ingeniería Química, Licenciatura (o Grado) en Ciencias Químicas, Biología o formación afín, y equilibrar el género masculino y femenino en el número de participantes en el proceso de selección.

Se informa previamente a todos los colaboradores del sentido de sus aportaciones en el marco de la investigación realizada. Además, se asegura la más estricta libertad de participación sin que en ningún momento se fuerce a nadie a intervenir. En la Tabla 1 se muestra la clasificación realizada según la formación recibida por el alumnado previa al Máster. Como puede observarse, los 20 alumnos preseleccionados provienen de titulaciones muy diversas y, del total, la mitad son graduados o licenciados en Ciencias Químicas e Informática. Además, presentan un elemento en común y es que todos ellos acreditan, al menos, una experiencia de investigación durante su formación universitaria. La experiencia laboral previa en el sector de la Ingeniería Química, el número de alumnos, así como las empresas relacionadas se muestran en la Tabla 2.

	Nº de alumnos	Nº de alumnas
Muestra de la titulación en Ciencias Químicas	2	3
Muestra de la titulación en Biotecnología	2	1
Muestra de la titulación en Biología	1	2
Muestra de la titulación en Informática	3	2
Muestra de la titulación en Ciencias Ambientales	2	2

Tabla 1. Número de alumnos que cumplen los criterios de preselección según titulación.

	Experiencia en el campo de IQ	Sector
Muestra de la titulación en Ciencias Químicas	1 alumno 1 alumna	Tratamiento de aguas residuales Industria Papelera
Muestra de la titulación en Biotecnología	1 alumno	Control microbiológico-tratamiento de aguas
Muestra de la titulación en Informática	1 alumna	Ingeniería de procesos industriales

Tabla 2. Alumnos con experiencia profesional previa en el campo de la IQ.



2.2. Metodología y fases de la investigación.

Para este estudio se ha optado por una metodología que recoja la realidad estudiada desde la perspectiva del alumnado. Se trata de una metodología experimental que consiste en “dar la palabra” a un colectivo que ha experimentado un proceso de enseñanza en el que la investigación constituye el referente fundamental. Por tanto, se pretende conocer el punto de vista de unos alumnos que han llevado a cabo una determinada investigación y evaluar así las características y posibilidades que le atribuyen a esta propuesta didáctica. De esta forma, se obtendrá información basada en la experiencia directa y desde la posición de la práctica.

Para el desarrollo de la actividad investigadora se sigue un proceso organizado en fases que se pueden ir ajustando en función de la experiencia:

2.2.1. Fase primera: propuesta inicial.

Se discute sobre el tema objeto de estudio con el propósito de identificarlo y acotarlo con cierta precisión. Se constituye una base documental o “estado del arte” que permite conocer los antecedentes. De las reuniones mantenidas surge un primer esquema orientativo: objetivos, red de preguntas, secuencia básica y categorías de análisis preliminares.

2.2.2. Segunda fase: diseño de la investigación.

En esta fase se define y concreta el proyecto para crear una guía detallada del trabajo experimental orientada en función de los objetivos previamente definidos. Para dotar al alumnado de mayor claridad en el desarrollo de las tareas en el laboratorio es habitual enumerarlas o presentarlas esquematizadas.

2.2.3. Tercera fase: recogida y tratamiento de datos.

Se reúnen los datos diarios y se descartan ensayos erróneos. Una vez revisada y tratada la información, se procede a su sistematización con objeto de facilitar su uso.

2.2.4. Cuarta fase: informe.

Con la información ordenada y contrastada se elaboran los primeros borradores que, después de un proceso de deliberación y ajuste fundamentado, se convierten en un documento final con las secciones propias de un trabajo de investigación correctamente estructurado.

3. Resultados y Discusión.

3.1. Selección del alumnado.

Tras realizar el proceso de preselección se lleva a cabo una entrevista personal y en función de la misma así como de los conocimientos previos y equipamiento disponible para la realización de los proyectos ofertados por el grupo de investigación RNM-916 de la Universidad Pablo de Olavide “ECOWAL”, se selecciona al alumno con titulación en Ciencias Químicas con experiencia en la Industria papelera.



3.2. Fases de la investigación

3.2.1. Fase primera: propuesta inicial.

Se realiza la propuesta temática que oferta el grupo ECOWAL para proyectos fin de Máster:

- Obtención de celulosa de alta pureza a partir de macroalgas.
- Cationización de fibras celulósicas.
- Fibras celulósicas a partir de materias primas alternativas a las convencionales.

Mediante reuniones de los tutores con el alumno se expone, a modo de resumen, en qué consiste cada proyecto, las tareas a realizar, así como los objetivos a conseguir. Como resultado, el alumno muestra elevado interés por el tema “cationización de fibras celulósicas”. Tras la selección de la línea de investigación, el alumno debe construir una base documental o “estado del arte” que le permita familiarizarse con el tema objeto de estudio así como conocer los antecedentes. En esta fase los tutores facilitan documentación de apoyo, asesoran en las búsquedas y resuelven dudas.

3.2.2. Segunda fase: diseño de la investigación.

Tras la fase de documentación exhaustiva se crea una guía detallada del proyecto y se fijan unos objetivos concretos de acuerdo con los créditos que corresponden al alumno. En esta investigación los objetivos son: i) Optimizar el proceso secuencial de mercerización-cationización de fibras celulósicas de características conocidas ii) Desarrollar una serie de productos con aplicaciones como agentes floculantes, agente de retención y adsorbentes. Para ello, se lleva a cabo un trabajo experimental en el laboratorio siguiendo los protocolos correspondientes de acuerdo con la Figura 1.

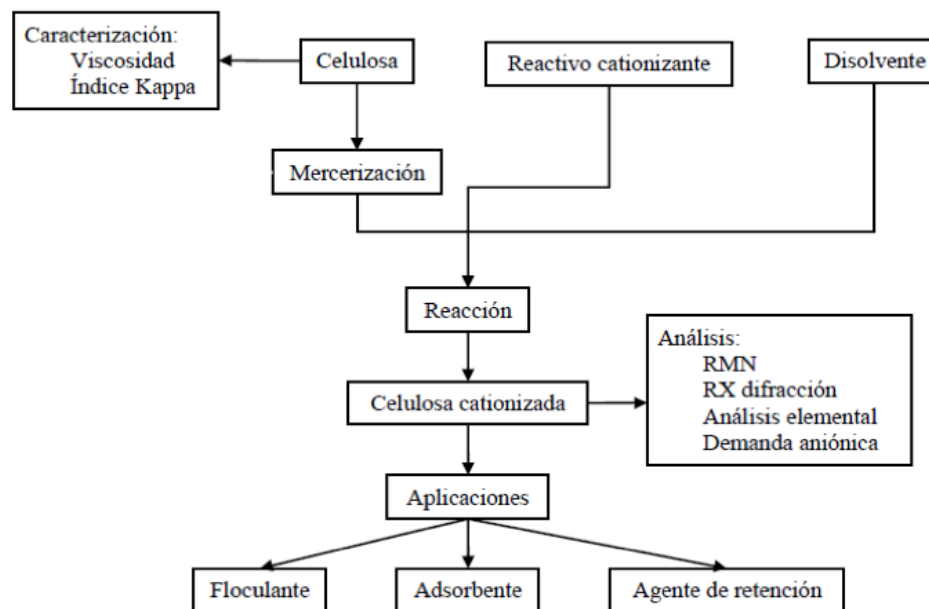


Figura 1. Esquema experimental.



3.2.3. Tercera fase: recogida y tratamiento de datos.

Tras la realización de los ensayos, se recogen los datos correspondientes y se realiza un análisis para discriminar aquellos que puedan causar error en la interpretación de los resultados. Una vez revisada y tratada la información, se procede al tratamiento de datos mediante programas de análisis estadístico tales como el BMDP (Moral, Monte, Cabeza & Blanco, 2010; Moral, Cabeza, Aguado & Tijero, 2015). En esta fase, el alumno dispone en todo momento del apoyo de los tutores, tanto en la discriminación de datos, como en el aprendizaje del uso de programas de análisis e interpretación de resultados.

3.2.4. Cuarta fase: informe.

Se elabora el informe que debe incluir las siguientes secciones principalmente:

- **Título:** Debe describir el contenido de forma específica, clara y concisa en unas 5 o 15 palabras, de manera que permita identificar el tema fácilmente.
- **Resumen (abstract):** Debe hacer una breve referencia al problema que se va a investigar y debe contener de manera resumida y estructurada el planteamiento del problema, los objetivos del estudio y el método que se utilizará para dar respuesta. Se sugiere que se confeccione al concluir la elaboración del proyecto. No debe exceder las 250 palabras.
- **Introducción:** Se plantea la problemática general del estudio, se explica la importancia teórica y práctica, se determinan las aplicaciones, el alcance y los aportes de la investigación, se reflejan los antecedentes y la situación actual, se formula el problema de investigación y se determinan la factibilidad, utilidad y conveniencia de este. Es necesario describir resultados o hallazgos de estudios preliminares relacionados con el problema, en publicaciones nacionales y extranjeras, por lo que requiere una revisión actualizada y relevante de la literatura existente. En este sector se hace especial hincapié en la búsqueda de bibliografía de alto impacto y de investigadores de prestigio avalado en el área de investigación concreta.
- **Experimental:** Este apartado debe describir de forma detallada los materiales empleados para realizar la investigación y los métodos seleccionados. Asimismo, debe contemplar el diseño del procedimiento experimental y las técnicas que se emplearán para alcanzar los objetivos propuestos. Este conocimiento es fundamental ya que el diseño metodológico es la base para planificar todas las actividades que demanda el proyecto y para determinar los recursos humanos y financieros requeridos. La exposición del procedimiento experimental debe realizarse con suficiente detalle para garantizar que sea replicado por cualquier investigador interesado. Este apartado debe incluir únicamente las modificaciones realizadas a las metodologías descritas previamente en literatura (indicadas con su correspondiente referencia). El alumno debe ser capaz de discernir si los procedimientos seleccionados son los más adecuados. Finalmente, deberá indicarse el proceso a seguir en la recolección de la información, así como en la organización, sistematización y análisis de los datos.



De esta forma, la estructura típica incluye varios apartados en los que principalmente se indica: i) reactivos empleados, ii) equipos utilizados en la investigación, iii) procedimiento experimental que debe indicar la definición operacional de las variables, el tipo y cómo se ha realizado su medida (ejemplo: Tablas 3 y 4), iv) tratamiento de datos y v) análisis químicos.

Concentración de sosa (%)	Celulosa de fibra media (C ₁)			α-Celulosa (C ₂)		
	Tiempo (min)			Tiempo (min)		
	60	120	180	60	120	180
10 (A -1)	T-1	T-2	T-3	T-1	T-2	T-3
20 (A -2)	T-1	T-2	T-3	T-1	T-2	T-3
30 (A -3)	T-1	T-2	T-3	T-1	T-2	T-3

Tabla 3. Condiciones de mercerización de la celulosa.

Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tiempo	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

Tabla 4. Tiempo de muestreo.

- Resultados, discusión y conclusiones: La sección de resultados debe comenzarse con una descripción de los resultados más destacables. En caso de que se hayan descartado algunos datos, debe decirse qué datos se descartaron e indicar el criterio de exclusión. Debe seguirse la descripción del tratamiento de los datos con un resumen claro y conciso mediante una estadística descriptiva. En un experimento sencillo, esto a menudo se realiza indicando los valores medios y las desviaciones estándar para cada condición a continuación del tratamiento de los datos. En un estudio más complejo (con varias medidas dependientes y distintas condiciones de operación), la estadística descriptiva se indica a menudo en una tabla para facilitar su interpretación. A veces, será mejor utilizar gráficos en lugar de describir los resultados en tablas o en el texto. El alumno expondrá los datos en los tres formatos y decidirá cuál es más adecuado. Todas las tablas y figuras deben estar claramente numeradas, y deben incluir un título que identifique a las variables pertinentes, las condiciones de operación y las unidades de medida. Además, los ejes deben estar correctamente identificados. Por otra parte, cada vez que se incluye un gráfico o una tabla, debe referirse a ella en el texto del informe para que el lector sea capaz de discernir cuándo se hace referencia a una figura o tabla.



Se recomienda que en la sección discusión, se interpreten los resultados del estudio y se discuta de forma crítica su significado. Es importante que su análisis se refiera a las cuestiones tratadas en el planteamiento del problema y en las preguntas de investigación, ya que esto presenta las razones para llevar a cabo el estudio y los resultados deberían proporcionar más detalles acerca de estos puntos. Es decir, deben vincularse los argumentos expuestos en esta sección, con los temas de estudio del planteamiento del problema, preguntas de investigación e hipótesis planteadas en secciones previas de la investigación. Además, puede ser relevante indicar los principales resultados presentados por otros autores y discutir críticamente las diferencias observadas.

Las conclusiones principales, según las recomendaciones de Assan, buscan llevar al examinador o al lector a un nuevo nivel de percepción acerca de la investigación. Un resumen de los principales resultados obtenidos en el estudio no es satisfactorio. El lector difícilmente necesitará recordar los resultados que acaba de consultar ya que la misma naturaleza del estudio puede dictar el contenido general de la conclusión. Por el contrario, las conclusiones deberían reafirmar la declaración de la investigación y ofrecer respuestas a las preguntas planteadas en la investigación. Finalmente, es conveniente que se justifique el método utilizado por el estudio y las repercusiones que los resultados propuestos tienen en un sistema real.

3.3. Evaluación de los resultados

Durante la ejecución de esta investigación se evaluaron los siguientes ítems en los que participa activamente el alumno:

- 1- Elaboración estado del arte (10% de la calificación final).
- 2- Manejo del alumno con el equipamiento de laboratorio (20% de la calificación final).
- 3- Recogida de datos (cuaderno de laboratorio, informes periódicos en Excel...) (10% de la calificación final).
- 4- Discriminación y tratamiento de datos (20% de la calificación final).
- 5- Discusión de resultados (20% de la calificación final).
- 6- Escritura informe (10% de la calificación final).
- 7- Exposición del informe (10% de la calificación final).

Las altas calificaciones obtenidas por el alumnado ponen de manifiesto un alto nivel de integración de los nuevos conceptos, buenas aptitudes para realizar futuras investigaciones en el ámbito de la Ingeniería Química y un mayor nivel de autonomía en el manejo del instrumental típico del laboratorio en éste área. Finalmente, la evaluación del profesorado y del personal colaborador se realiza mediante una encuesta que se entrega al alumno al concluir la exposición de su Trabajo Fin de Máster y una vez que éste conoce su calificación. Los resultados de la encuesta muestran un alto grado de satisfacción del alumnado que valora muy positivamente el proceso escogido para la realización de su investigación y una gran disposición a continuar su labor investigadora.



4. Conclusiones.

El proceso de selección en el aprendizaje basado en proyectos es una parte fundamental ya que gracias al mismo, el alumnado puede integrarse en una línea de investigación acorde a su formación y experiencias previas dentro del campo de la Ingeniería Química. Asimismo, la diversidad de ofertas dentro de la línea de investigación para la cual ha sido seleccionado, así como las reuniones previas con los tutores en las que se expone la línea argumental de cada proyecto, provoca un alto grado de satisfacción que se traduce en una elevada implicación por parte del alumnado durante el desarrollo del mismo.

El desarrollo de un “estado del arte” como etapa previa al desarrollo del proyecto capacita al alumnado para la comprensión del desarrollo experimental así como de los objetivos concretos que se pretenden conseguir. La recogida y tratamiento de datos es una etapa determinante, en la cual se ha de tutorizar al alumnado haciendo especial hincapié en el aprendizaje de tratamientos estadísticos que le permitan una mayor comprensión y análisis de los resultados obtenidos para su posterior discusión y elaboración de conclusiones.

Aprender investigando representa una propuesta amplia articulada de forma flexible en torno a preguntas, problemas, etc. que permiten profundizar en temáticas que inquietan e interesan a todos los participantes en la experiencia. Esta apreciación positiva se deduce su carácter dialogado. Se consideran facilitadores de este tipo de estrategias la asistencia a tutorías que permite resolver dudas y conflictos. Por otra parte, proponen un cambio radical respecto al horario de clase, asignando más tiempo al trabajo del alumno, así como la exigencia de mayor coordinación con los docentes. Asimismo, cabe destacar que salvar las limitaciones implica antes un compromiso informado y reflexivo de la adopción de ciertas medidas técnicas.

Para evaluar la perspectiva del alumnado se realizan encuestas a los participantes. Se constata un elevado nivel de satisfacción del alumnado que participó en la experiencia de investigación y una clara diferenciación con otras clases impartidas en aulas, calificando a la experiencia de enseñanza más activa, práctica, dinámica, amena y que potencia la participación y la libertad de opinión.

Referencias.

- Assan, J. (2009). *Writing the Conclusion Chapter: the Good, the Bad and the Missing*. Liverpool: Development Studies Association.
- Ballesteros, M., Moral, A. (2014). Using simulation software to implement an active learning methodology in the university teaching. *International Journal of Innovation in Education*, 1, 87-98.
- Canario, R. (2000). *Los alumnos como factor de innovación. Construyendo el cambio: perspectiva y propuestas de innovación educativa*. Sevilla: Secretariado de Publicaciones.
- Cañal, P., Pozuelos, F. & Travé, G. (2003). Aportaciones del Proyecto Curricular Investigando Nuestro Mundo al cambio en la educación primaria. *Investigación en la Escuela*, 51, 5-13.
- Cases, E. (1981). *Ciencias de la naturaleza (I). Guía para el desarrollo de actividades y experiencias*. Ministerio de Educación y Ciencia: Dirección General de Educación Básica.



- Ciari, B. (1977). *Modos de enseñar*. Barcelona: Avance.
- Freinet, C. (1980). *Técnicas Freinet de la escuela moderna*. Madrid: Siglo XXI Editores.
- George, K. D. (1977). *Las Ciencias Naturales en la Educación Básica. Fundamento y método*. Madrid: Santillana.
- G.I.E. (1991). *Proyecto Curricular IRES*. Sevilla: Díada.
- Gil, D. (1986). La metodología científica y la enseñanza de las ciencias. Unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las Ciencias*, 4, 111-121.
- Gil, D. (1993). Contribución de la Historia y de la Filosofía de las Ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza / aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11, 197-212.
- Gil, D. (1994a). Relaciones entre conocimiento escolar y conocimiento científico. *Investigación en la Escuela*, 23, 19-31.
- Gil, D. (1994b). ¿Área o disciplinas en la enseñanza de las ciencias? Nuevas reflexiones. *Infancia Aprendizaje*, 65, 59-64.
- Hernández, F. & Ventura, M. (1992). *La organización del currículum por proyectos de trabajo*. Barcelona: GRAO-ICE.
- Quinquer, D. (1997). *Estrategias de enseñanza: los métodos interactivos en Benjamín P. Pages J. (coord.): Enseñar y aprender Ciencias Sociales, Geografía e Historia en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.
- Kilpatrick, W. H. (1921). *The project method*. New York: Columbia University.
- Kolmos, A. (2004). Estrategias para desarrollar currículos basados en la formulación de problemas y organizados en base a proyectos. *Educación*, 33, 77-96.
- Merchán, F.J. & García, F.F. (1994). *Las unidades didácticas de Ciencias Sociales en el Proyecto IRES. Enseñar y aprender. Ciencias Sociales. Algunas propuestas de Modelos Didácticos*. Madrid: Mare Nostrum.
- Moral, A., Monte, M.C., Cabeza, E., Blanco, A. (2010). Morphological characterization of pulps to control paper properties, *Cellulose Chemistry and Technology*, 473-480.
- Moral, A., Cabeza, E., Aguado, R., Tijero, A. (2015). NIRS characterization of paper pulps to predict kappa number. *Journal of Spectroscopy*. Issue: Spectroscopy Applied to Engineering Materials (SAEM). In press.
- Piaget, J. A. (1974). *Dónde va la educación*. Barcelona: Teide.
- Porlán, R. & Cañal, P. (1986). Más allá de la investigación del medio. *Cuadernos de Pedagogía*, 142, 8-12.
- Pozuelos, F. J. (2001). *La investigación escolar: una alternativa para innovar en el aula. Razones e instrumentos para un nuevo marco educativo*. Huelva: Servicio de Publicaciones.
- Prada, M.D. (1977). *La enseñanza de las ciencias y sus relaciones interdisciplinarias en la segunda etapa de EGB*. Ministerio de Educación y Ciencia: Dirección General de Educación Básica.
- Rae, G. & McPhillily, W. N. (1978). *El aprendizaje en la escuela. Un enfoque sistemático*. Madrid: Santillana.
- Tort, A. (1996). Del activismo a la investigación. *Cuadernos de Pedagogía*, 253, 72-77.

