



LA GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA A TRAVÉS DEL APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS EN LA ASIGNATURA DE ÁLGEBRA LINEAL

Maria Isabel García-Planas^{1*}, **Judit** Tabena Torres²

¹ Departamento de Matemáticas, ETSEIB, UPC

² Departamento Expresión Gráfica Arquitectónica-I, ETSAB, UPC

* Avinguda Diagonal, 647, Barcelona, maria.isabel.garcia@upc.edu, 934017803

Resumen:

Desde las enseñanzas científico-técnicas hay que abordar las competencias transversales de sostenibilidad y compromiso social, para que los estudiantes entiendan y tomen consciencia de las problemáticas globales. Utilizando la herramienta de aprendizaje basado en proyectos (PBL), a partir de un caso práctico, se pueden explicar y evaluar en el aula las competencias transversales relacionadas con las problemáticas globales de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS).

Durante el curso académico 2016-17, los estudiantes de primero del grado de Ingeniería Industrial que se imparte en la ETSEIB-UPC, han desarrollado y trabajado aspectos vinculados a la gestión sostenible del agua, a través de la asignatura de Álgebra Lineal.

Realizando el proyecto “Viabilidad a largo plazo de una posible construcción de un embalse” se pone en relación los conocimientos que adquieren de Álgebra Lineal con las competencias transversales. Los estudiantes analizan, comprenden y dan su propia opinión, tanto sobre la viabilidad del embalse como de los problemas que pueden derivarse tanto a nivel social como político en el territorio, tomando parte con sus opiniones de la importancia de su rol como ingenieros en la sociedad global.

Las diferentes actividades del proyecto se hacen visibles mediante un e-portafolio que cada estudiante crea para tal fin. El profesor hace el seguimiento de esta actividad retroalimenta y que evalúa con e-rúbricas, a través del sistema de gestión de aprendizaje (LMS) de ATENEA (MOODLE adaptado para la UPC).

Palabras Clave: Sostenibilidad, Álgebra Lineal, PBL, e-portafolio, aprendizaje por competencias.



1. Introducción:

La Comisión Mundial para el Medio ambiente y el Desarrollo definió (Informe “Nuestro Futuro Común” (1987)) el concepto de Desarrollo Sostenible, como “el desarrollo que satisface las necesidades actuales de las personas sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas”.

Ofrecer una educación basada en conocimientos puramente técnicos es insuficiente para responder a la complejidad de los problemas asociados con el Desarrollo Sostenible (Crofton, 2000). Por lo que desde el ámbito educativo, resulta fundamental integrar unos Objetivos de Desarrollo Sostenible con el fin de contribuir a la construcción de un futuro mejor. También existe una creciente demanda por parte de los estudiantes para repensar el contenido y la forma de los cursos impartidos en los grados de ingeniería (Trimingham et al., 2016). Para hacer frente a todo ello se requiere de una formación que ayude a contemplar los problemas ambientales y del desarrollo en su globalidad.

La Universidad de Aalborg (Dinamarca) con su cátedra Unesco para Aprendizaje Basado en Problemas en Ciencias de la Ingeniería y Sostenibilidad, ha sido pionera en la aplicación de la metodología PBL y la integración de la sostenibilidad en la enseñanza de la ingeniería y la ciencia. Dicha cátedra no sólo se dedica a la vertiente docente, sino que también recoge investigación y publicaciones propias sobre la efectividad de la metodología. Desde 1974, esta Universidad ha implementado y practicado PBL como la metodología pedagógica de aprendizaje durante todo el período de estudio, teniendo también como objetivo que todos los estudiantes adquieran competencias en sostenibilidad a lo largo de su educación. (<http://vbn.aau.dk/en/organisations/unesco-chair--problem-basedlearning%28a77a51e4-88b6-46bd-944e-54d639be4432%29.html>)

El objetivo del proyecto es el de sensibilizar y fortalecer el concepto de sostenibilidad, no sólo en su aspecto social, económico y ambiental, sino también desde el punto de vista de la ingeniería, introduciendo la competencia desde el inicio de los estudios. Para ello se aprovecha la asignatura de álgebra lineal para incluir en su guía docente la competencia transversal sobre sostenibilidad y compromiso social para que ayude al estudiante a conocer y comprender la complejidad de los fenómenos económicos y sociales típicos de la sociedad del bienestar; que consiga la capacidad para relacionar el bienestar con la globalización y la sostenibilidad; y la habilidad para usar de forma equilibrada y compatible la técnica, la tecnología, la economía y la sostenibilidad. De manera que las competencias que adquieran y los valores que desarrollen los estudiantes de hoy, van a ser las bases de la sociedad de mañana. El objetivo del desarrollo sostenible que se aborda en este proyecto es el del desarrollo sostenible del agua.

2. Integración de la sostenibilidad en los planes de estudio de la educación en ingeniería

A partir de que la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo presentara en la Asamblea General en 1987 el Informe “Nuestro Futuro Común” conocido como Informe Brundtland, el concepto de desarrollo sostenible ha ido cobrando mayor interés y recibiendo mayor atención. El desarrollo sostenible se define como el desarrollo que satisface las necesidades de la generación actual sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras. Sin embargo, la no comprensión e inclusive mala interpretación de esta definición ha retrasado la implementación de prácticas sostenibles en el marco de la Educación Superior.

No hay duda del papel que las universidades deben desempeñar en relación con el desarrollo sostenible, a través de la educación y el desarrollo de las competencias que contribuirán a un futuro más sostenible



(Barth y Reickman, 2012). Las universidades deben actuar como agentes de cambio fomentando los principios del desarrollo sostenible dentro de sus instituciones y en la sociedad.

La Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) es un proceso de aprendizaje basado en los principios subyacentes a la sostenibilidad. Este proceso engloba una amplia variedad de experiencias y programas. Como indica El Manual de Educación para la Sostenibilidad editado por la UNESCO para el Decenio de las Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sostenible (2005-2014), la EDS se fundamenta en cinco clases de aprendizaje para facilitar una educación de calidad y fomentar el desarrollo humano sostenible, que son: “aprender a conocer”, “aprender a ser”, “aprender a convivir”, “aprender a hacer” y “aprender a transformarse uno mismo y a la sociedad”. La Educación para el Desarrollo Sostenible, en su sentido más amplio, está por lo tanto, ligada al desarrollo equilibrado, en el que tiene en cuenta las dimensiones sociales, culturales, medioambientales y económicas de una calidad de vida mejorada para las generaciones presentes y futuras

La EDS es particularmente importante en la educación de ingeniería que debe incluir aspectos sociales, ambientales y económicos para formar ingenieros socialmente responsables, ya que son básicos en la sociedad del desarrollo. Como consecuencia, los programas de educación en ingeniería deben estar orientados hacia la sostenibilidad compartiendo las competencias entre distintas disciplinas, promoviendo la interdisciplinariedad y compartiendo valores entre ellos para formar para un futuro sostenible.

2.1 Gestión sostenible del agua a través de la asignatura de álgebra lineal

Uno de los objetivos de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (<http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>) es “garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos”. Para poder hacer frente a la diversidad de problemas que conlleva la gestión del agua es necesaria la adopción de un enfoque multidisciplinar e integral para su resolución.

Con el objetivo de concienciar desde el inicio de sus estudios y debido al carácter multidisciplinar de la problemática del agua, es posible desde el Álgebra lineal, asignatura de primer curso del grado de Ingeniería Industrial, desarrollar y trabajar aspectos vinculados a la gestión sostenible del agua.

Se pueden desarrollar distintos modelos matemáticos para distintas problemáticas del agua como pueden ser: caudal de ríos, lagos, embalses, redes de drenaje, redes de abastecimiento, plantas de tratamiento, entre todos. Estos modelos se desarrollan para conseguir entender mejor las relaciones causa - efecto, evaluar escenarios y encontrar soluciones alternativas para distintos problemas relacionados con el agua.

Muchos de estos modelos son lineales o son linealizables, por lo que pueden ser tratados mediante el Álgebra lineal.

3. Metodología:

Con el objetivo de abordar los Objetivos de Desarrollo Sostenible en una asignatura de matemáticas hacemos una propuesta docente de aprendizaje basado en proyectos. El proyecto propuesto para desarrollar por los estudiantes a lo largo del curso es la “Viabilidad a largo plazo de una posible construcción de un embalse”, ver figura 1. Para llevar a cabo el ejercicio se incorporan técnicas de aprendizaje colaborativo para conseguir que el proyecto que constituye el núcleo central de la asignatura se desarrolle en el marco del aprendizaje basado en proyectos (PBL).



Figura 1. PBL, presentació projecto a realitzar

Si bien la clase magistral ofrece ciertas ventajas frente a otros métodos docentes, debido a que es un método rápido, barato y eficiente de transmitir información a un gran número de alumnos de forma simultánea. También es bien sabido que la atención de los alumnos sólo se puede mantener por períodos cortos de 15 a 20 minutos separados por pequeños espacios de 1-2 minutos en los que los estudiantes dejan de prestar atención; además estos periodos de atención se van reduciendo, llegando a durar menos de cinco minutos al final de una clase (Khan, 2012). A pesar de todo, la clase magistral tiene su sentido y puede ser usada, pero no debería ser el único método empleado en el aula. Una alternativa a la enseñanza directa, está la enseñanza basada en proyectos que ayuda a contribuir de forma eficaz eficaz al desarrollo de las competencias tanto transversales como específicas y generales de los contenidos de la guía docente de la asignatura.

La metodología del aprendizaje basado en proyectos permite trabajar distintas competencias de forma cooperativa y se puede incidir en la comprensión de que no es sostenible un triunfo que conlleve el fracaso de otros, lo cual exige sustituir la competitividad por la cooperación. A su vez permite contemplar problemas ambientales y de desarrollo en su globalidad, teniendo en cuenta su estrecha relación y con el uso del álgebra lineal podemos analizar sus repercusiones a corto, medio y largo plazo.

Se aprovecha pues la asignatura de álgebra lineal para incluir en su guía docente la competencia transversal sobre sostenibilidad y compromiso social que ayude al estudiante a conocer y comprender la complejidad de los fenómenos económicos y sociales típicos de la sociedad del bienestar; que consiga la capacidad para relacionar el bienestar con la globalización y la sostenibilidad; y la habilidad para usar de forma equilibrada y compatible la técnica, la tecnología, la economía y la sostenibilidad. Hay que



tener en cuenta que las competencias adquiridas y los valores desarrollados por el estudiante de hoy, van a ser las bases de los profesionales de la sociedad de mañana.

De forma más concreta, a los estudiantes se les plantea el siguiente proyecto: En un cierto país, se plantea construir un embalse para regular la cuenca de uno de sus ríos con el objetivo de satisfacer las necesidades de agua para regadío. Dando la capacidad máxima del embalse, las cantidades requeridas para el riego y la cantidad que se debe dejar salir para el mantenimiento de los estándares de calidad de agua para otros usos, siempre y cuando el nivel de agua del embalse más la aportación semanal por el agua del río no llegue a unos mínimos que no permita la salida de agua; se trata de estudiar utilizando álgebra lineal, la viabilidad del embalse analizando por una parte, la estabilidad del embalse bajo las condiciones dadas y por otra imponiendo la variación en el tiempo de la aportación de agua del río a causa del cambio climático. Además, se les plantea hacer una valoración del beneficio social contraponiendo los beneficios a obtener por el regadío frente al conflicto social que provocan las expropiaciones y la consiguiente desubicación de los habitantes de la zona. Por último, se les propone hacer una valoración del problema extrapolado el caso una gran presa.

Para que este método educativo funcione correctamente, el proyecto debe estar bien estructurado, con la cantidad de información suficiente para facilitar la comprensión del problema y del entorno del mismo y que permita la inmersión del estudiante en el entorno del mismo. Evidentemente, el proyecto debe tratar un problema que se pueda ir resolviendo desde los conocimientos iniciales de la asignatura de álgebra lineal a los que el estudiante irá adquiriendo durante el proceso de realización del proyecto. Además, debe tratarse de un problema que no sea trivial, en que la solución no sea evidente. El problema debe ser motivador y que se convierta en un desafío que con esfuerzo, pueda superar y que el estudiante llegue a una reflexión final personal y única.

La evaluación del proyecto se realiza mediante rúbricas que permiten evaluar de forma cualitativa a la vez que permiten la significación de competencias profesionales, así como exige al estudiante una autoevaluación permanente al identificar los estándares o criterios a conseguir en sus actividades, y la realización de argumentaciones que son aplicadas con estos criterios y estándares (J. Taberna, S. Domínguez García, M.I. García-Planas. 2016). La calificación obtenida sobre el proyecto, tiene un peso del 30% de la nota final de la asignatura en la que también se tiene en cuenta la utilización de software matemático en la realización de los cálculos. El resto de la nota se obtiene mediante exámenes que obliga el centro a realizar. La normativa obliga a la realización de un examen parcial a mediados de curso y otro a final de curso, estas calificaciones representan el 30% y el 40% respectivamente, de la nota final.

4. Resultados

Los resultados sobre el proceso de adquisición de la competencia transversal sobre sostenibilidad y compromiso social por parte de los estudiantes es satisfactorio. Concretamente respecto el objetivo del desarrollo sostenible “La gestión sostenible del agua” los alumnos a través del aprendizaje basado en proyectos implementado en la asignatura de Álgebra Lineal, han adquirido conciencia y han podido abordar, profundizar y difundir la temática propuesta en el aula a través del campus virtual de la UPC.

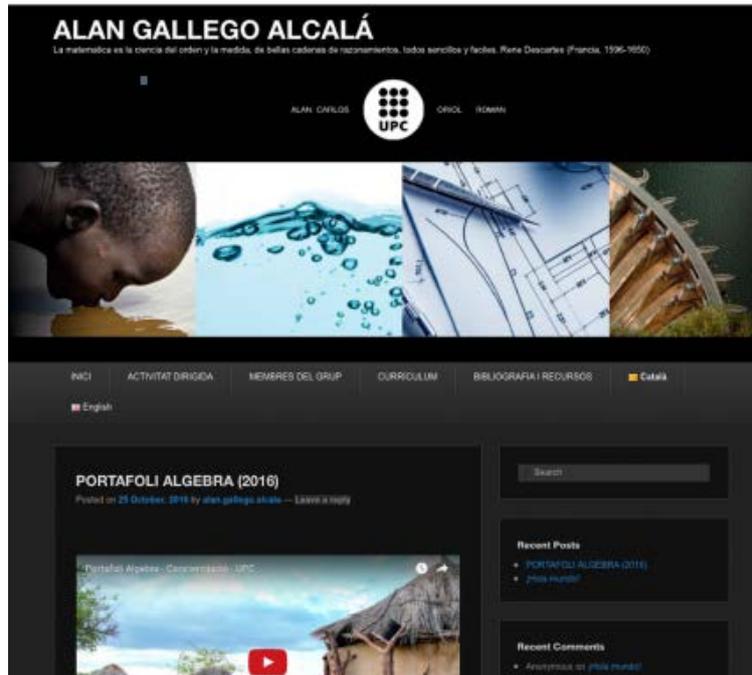


Figura 2. Ejemplo de e-portafolio realizado por el estudiante Alan Gallego

Aquí exponemos una de las evidencias, una reflexión final de un e-portafolio de un estudiante sobre el proyecto desarrollado: “En el ámbito social, la construcción de un embalse necesita de la disponibilidad de una gran superficie o terreno, que puede comportar el desalojo de pequeñas comunidades o pueblos o la destrucción de parte de un ecosistema. Si además el embalse es deficiente, comportará un importante gasto económico, no sólo por su financiación a largo plazo, sino para su mantenimiento”. Con su capacidad crítica y análisis el estudiante demuestra la adquisición de la competencia transversal de la sostenibilidad y el compromiso social a la que se quería llegar con la implantación de la metodología activa del PBL.

Al finalizar el curso se ha realizado una encuesta de satisfacción no obligatoria la cual ha sido respondida por un 20,7% del alumnado, cifra bastante elevada teniendo en cuenta los porcentajes habituales en que se mueven las encuestas a estudiantes no obligatorias.

Entre otras cuestiones se les ha preguntado si a raíz de la realización del proyecto, han tomado conciencia sobre la problemática global del agua, la respuesta es bastante satisfactoria puesto que un 64,6% de las respuestas lo valoran positivamente.

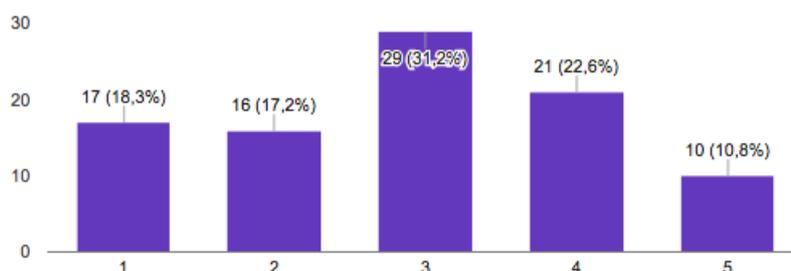


Figura 3. Resultados a la pregunta sobre la problemática global del agua (valores: 1-poco, 5-mucho)



Otra cuestión planteada ha sido si una vez realizado el proyecto les parece que las matemáticas son una buena herramienta para colaborar en el logro de una mayor sostenibilidad del agua. Frente a esta pregunta los estudiantes han sido unánimes pues un 94,6% están de acuerdo y dentro estos un 46,8% están completamente de acuerdo esta cantidad representa un 49,5% del total

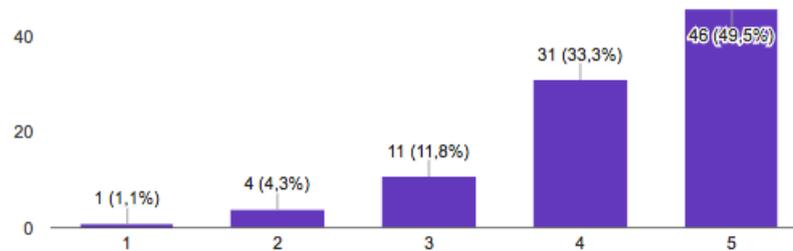


Figura 4. Resultados a la pregunta sobre si las matemáticas pueden ayudar a mejorar la sostenibilidad del agua (valores: 1-poco, 5-mucho)

Es importante también destacar que in 76,3% de los alumnos que han respondido la encuesta consideran que la realización del proyecto les ha impulsado a trabajar en equipo.

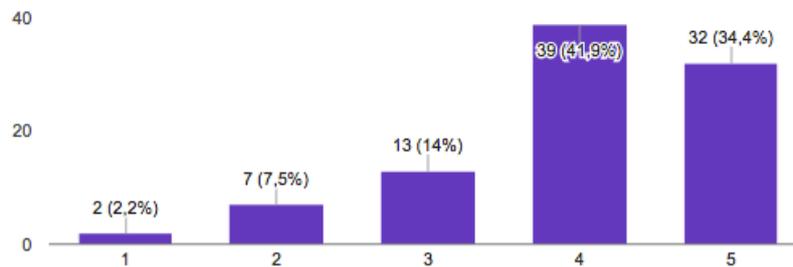


Figura 5. Resultados a la pregunta sobre si el PBL les impulsaba a trabajar en equipo (valores: 1-poco, 5-mucho)

5. Conclusiones:

Como conclusión queremos destacar que ha sido una experiencia muy positiva que ha puesto el granito de arena para que por una parte los estudiantes tomen conciencia sobre la problemática global del agua, y por otra se consolide la introducción en el currículo del estudiante la competencia transversal sobre sostenibilidad y compromiso social.

Es importante acentuar el cambio de actitud de los estudiantes respecto años anteriores.

Por último, queremos recalcar que por los trabajos realizados por los estudiantes y por las respuestas en la encuesta realizada podemos decir que el resultado de la iniciativa ha sido excelente, tanto a nivel de aprendizaje como en el de implicación por parte del estudiante en la realización del proyecto.



5. Agradecimientos:

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por “Integrar y promover las problemáticas globales en las enseñanzas científico-técnicas”

Referencias

Barth, M. & Rieckmann, M. (2012): “Academic staff development as a catalyst for curriculum change towards education for sustainable development: an output perspective”, en Journal of Cleaner Production Vol. 26, pp 28-36

Colombo, C.R., Alves, A.C., van Hattum-Janssen, N. & Moreira, F., 2014. Active Learning Based Sustainability Education: a Case Study. Recuperado el 10 de febrero de 2017 de http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/30173/1/paee2014_submission_55.pdf

Crofton, Fiona S., 2000. Educating for sustainability: opportunities in undergraduate engineering. Journal of Cleaner Production, 8, 2000, pp. 397 - 405.

J. Taberna, S. Domínguez García, M.I. García-Planas. 2016. El uso del tic para una evaluación en competencias en la educación superior. XIII Fecies

Khan, S. (2012). Why Long Lectures Are Ineffective. Time Ideas, 2 de octubre. Recuperado de <http://ideas.time.com/2012/10/02/why-lectures-are-ineffective/>

Trimingham, R.; Lazzarini, B.; Pérez-Foguet, A.; Noble, N.; Boni, A.; SIERRA-Castañer, M.; Mongera, F.; Zolezzi, G.: “Integrating the Global Dimension in Engineering Education: Experiences from a Collaborative Project”, Teaching Education for Sustainable Development at University Level, Book Chapter, Springer, Switzerland, 2016, pp. 175 - 190. doi: 10.1007/978-3-319-32928-4_12

Comisión Brundtland (1987) Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo Nuestro Futuro Común.

El Manual de Educación para la Sostenibilidad editado por la UNESCO para el Decenio de las Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sostenible (2005-2014). Recuperado el 20 de enero de 2017 http://www.urv.cat/media/upload/arxiu/catedradesenvolupamentsostenible/Informes%20VIP/unescet_xea-manual_unesco_cast_education_for_sustainability_manual.pdf

Objetivos de desarrollo sostenible. 17 objetivos para transformar nuestro mundo. Recuperado el 15 de enero de 2017 de <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>