



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

Proyecto de Innovación

Convocatoria 2020/2021

Nº de proyecto: 111

Título del proyecto: Elaboración de materiales docentes para la adquisición y evaluación de competencias de tecnología medioambiental y desarrollo sostenible en Ingeniería Química

Responsable del proyecto: Rubén Miranda Carreño

Centro: Facultad de Ciencias Químicas

Departamento: Ingeniería Química y de Materiales

1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto

El objetivo principal del proyecto es la elaboración de materiales y selección de estrategias docentes para reforzar la adquisición y evaluación, tanto de competencias generales y específicas, como de competencias transversales, relacionadas con la tecnología medioambiental y el desarrollo sostenible en la Ingeniería Química.

El primer bloque del proyecto se centra en la mejora de la adquisición de competencias generales y específicas relacionadas con la tecnología medioambiental y el diseño de procesos “limpios”. Para ello, se desarrollará material docente original específico en las áreas más importantes de la tecnología medioambiental (tratamiento de aguas, contaminación atmosférica y tratamiento de suelos contaminados). También se elaborarán materiales docentes para profundizar en el desarrollo de procesos industriales sostenibles, en concreto, para las biorrefinerías, como un ejemplo de este tipo de industrias. Finalmente, se desarrollará material específico sobre una de las herramientas de gestión ambiental más utilizadas: el análisis de ciclo de vida (ACV), y cuáles son sus aplicaciones potenciales dentro del ámbito del medio ambiente y del desarrollo sostenible.

En el segundo bloque del proyecto, se elaborarán materiales específicos para trabajar las competencias transversales que están más relacionadas con el medio ambiente, como la sensibilización y concienciación medioambiental. A partir de ahí, se presentará el concepto de desarrollo sostenible y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de la ONU. De esta forma, se integran tanto los aspectos ambientales con los sociales y económicos, con el fin de alcanzar un verdadero desarrollo sostenible, que es un punto de partida muy interesante para trabajar también algunos conceptos de ética y responsabilidad profesional. El objetivo es que los estudiantes desarrollen sensibilidad y responsabilidad sobre temas medioambientales, que les permita valorar también el impacto social y medioambiental de las posibles soluciones ante un problema técnico, aportando siempre soluciones innovadoras con un elevado compromiso de sostenibilidad.

El objetivo es que todos los materiales desarrollados se vayan utilizando progresivamente tanto en el Grado como en el Máster de Ingeniería Química de la UCM. Los profesores del equipo de trabajo van a ir incorporando estos materiales gradualmente en sus asignaturas y darán la difusión necesaria, tanto entre sus compañeros del Dpto. de Ingeniería Química y de Materiales, como a docentes de otras universidades, mediante su participación en congresos y jornadas de innovación docente.

Con respecto al desarrollo de competencias transversales, estos trabajos podrían constituir un primer paso a partir del cual intentar involucrar a todos los profesores de del Dpto. de Ingeniería Química y de Materiales de la UCM para realizar un programa específico de actividades formativas para el desarrollo de las competencias transversales de la titulación, más allá del ámbito del medio ambiente, en el desarrollo sostenible y la ética profesional, así como su evaluación. En este sentido es importante que participe en el equipo de trabajo la Coordinadora del Grado en Ingeniería Química de la UCM (M. Oliet) y un miembro de la Comisión Académica del Máster en Ingeniería Química: Ingeniería de Procesos (R. Miranda), así como el Coordinador del Grado en Ingeniería Química de la Universidad de Castilla-La Mancha (F.J. Fernández), con experiencia previa en el desarrollo de este tipo de programas específicos de adquisición de competencias transversales.

Aunque recientemente el Grado en Ingeniería Química de la UCM ha obtenido el sello europeo de calidad internacional en Ingeniería EUR-ACE®, el desarrollo de nuevas

actividades formativas que permitan alcanzar los distintos resultados de aprendizaje (RA) exigidos será cada vez más importante en el ámbito de la gestión de la calidad, la verificación de los títulos y la obtención de sellos de calidad internacionales. La redacción de los RA propuestos para el Sello Internacional de Calidad EUR-ACE®, así como de algunas de las competencias del Grado en Ingeniería Química, es, en ocasiones, muy genérica, de forma que contribuye a que algunos RA tengan asociadas más de una competencia y que alguna pueda servir para alcanzar más de un RA.

Finalmente, otro de los objetivos comunes a este tipo de proyectos de innovación docente es incorporar a los investigadores contratados del Departamento, que realizan ya colaboraciones docentes, a un grupo de innovación educativo, con vistas a que se formen junto con profesores senior en la elaboración de materiales docentes y en la aplicación de diferentes estrategias docentes. Asimismo, gracias a la presencia de jóvenes investigadores en el equipo de trabajo, los profesores se benefician de otros puntos de vista más cercanos a los de nuestros estudiantes, lo que les ayuda a mejorar el proceso de aprendizaje.

2. Objetivos alcanzados

A continuación, se analiza el grado en que se han alcanzado los objetivos planteados en la solicitud de este proyecto de innovación.

Bloque 1: Desarrollo de material docente original específico en las siguientes áreas de la tecnología medioambiental y del desarrollo de procesos de bajo impacto ambiental y elevado grado de sostenibilidad.

- Contaminación hídrica. Se han realizado tres programas (simulaciones) con el fin de que los estudiantes visualicen más fácilmente el efecto de las condiciones de operación en tres de los tratamientos más importantes en la depuración de aguas: la sedimentación, el tratamiento biológico aerobio por lodos activos y el tratamiento anaerobio de flujo ascendente con manto de lodos (UASB). Grado de consecución de los objetivos: 100%.
- Contaminación atmosférica. Se han desarrollado diversos materiales digitales destinados al estudio de la dispersión de contaminantes en la atmósfera y el diseño de chimeneas, que pueden combinarse en una práctica virtual. Esta práctica virtual permite determinar cómo afectan a la concentración de inmisión (concentración a nivel del suelo) las condiciones meteorológicas y la sobre elevación del penacho, utilizando dos métodos diferentes de cálculo. Sin embargo, para que la simulación desarrollada pueda constituir por sí misma una práctica virtual, se están desarrollando todavía mejoras, que incluyen básicamente, incorporar también como evoluciona la concentración de un contaminante frente a la distancia al foco emisor a una altitud dada. Por este motivo, el grado de consecución de los objetivos se considera igual al 75%.
- Tratamiento de suelos. Inicialmente estaba previsto la elaboración de un material docente que resumiera las técnicas de descontaminación de suelos existentes, así como dos simulaciones: una sencilla (para mostrar el efecto de diferentes variables en estos procesos) y una más compleja (para crear una práctica virtual). Se ha elaborado tanto el material docente de referencia sobre técnicas de descontaminación como la simulación de mayor complejidad, que constituye una práctica virtual. Sin embargo, la simulación que mostraba el efecto de diferentes variables en los procesos de descontaminación de suelos no ha sido completada. Por tanto, el grado de consecución de los objetivos se considera igual al 85%.
- Procesos industriales sostenibles. Se ha completado una práctica de laboratorio sobre biorrefinerías, como ejemplo de proceso industrial sostenible, que se introdujo el curso pasado (2019/20) con un vídeo explicativo de la misma. Además, se ha incorporado a la práctica una aplicación que permite el análisis y comparación de los espectros de infrarrojo (FTIR) de los productos obtenidos en la primera sesión de laboratorio. Esta aplicación se usa en una segunda sesión de cálculos y análisis de los resultados obtenidos experimentalmente durante el fraccionamiento de una biomasa. Esta aplicación se ha programada en Python y se ha implementado en Jupyter Notebook. Grado de consecución de los objetivos: 100%.
- Análisis de ciclo de vida (ACV). Se han creado materiales docentes que incluyen las nociones básicas sobre qué es un ACV, cuál es su metodología normalizada y cuáles son sus aplicaciones potenciales dentro del ámbito del medio ambiente y desarrollo sostenible. Asimismo, se han elaborado diferentes casos prácticos

en los que hay que realizar el ACV de diversos procesos industriales, o parte de los mismos, con distintos objetivos, basados en la utilización del software gratuito OpenLCA. En este sentido, ha sido necesario también crear materiales docentes específicos para enseñar a utilizar este software. Finalmente, parte de los casos prácticos creados se han utilizado en una de las asignaturas del Máster de Ingeniería Química: Ingeniería de Procesos. Grado de consecución de los objetivos: 100%.

Bloque 2: Desarrollo de materiales docentes específicos para trabajar competencias transversales relacionadas con el medio ambiente, como la sensibilización y la concienciación medioambiental, con especial énfasis en dar a conocer la importancia de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 de la ONU.

- Creación de materiales específicos para presentar los ODS de la Agenda 2030 de la ONU y el papel de la Ingeniería Química en la consecución de estos objetivos. Se han desarrollado seminarios generales para presentar los ODS de la Agenda 2030 de la ONU y seminarios específicos relacionados con la contribución que tienen las tres titulaciones en las que imparte docencia el equipo de trabajo (Grado en Química, Grado en Ingeniería Química y Grado en Bioquímica) en la consecución de los ODS. Grado de consecución: 100%.
- Organización de conferencias o una exposición en la Facultad de Ciencias Químicas relacionadas con los ODS. En el proyecto se indicaba que, en función de las posibilidades, se llevaría a cabo esta actividad. Aunque esta actividad no se ha podido llevar a cabo durante la ejecución de este proyecto, en parte por la falta de financiación, se ha comenzado a trabajar en estas actividades mediante un proyecto de cooperación al desarrollo de la UCM titulado, “Acciones de formación y sensibilización en sostenibilidad ambiental y desarrollo sostenible” que le ha sido concedido al equipo de trabajo. Las conferencias y la exposición se celebrarán en el último trimestre de 2021. Por tanto, el grado de consecución de los objetivos es del 60%.
- Desarrollo de materiales y casos prácticos en los que se planteen diferentes aspectos de ética profesional, sobre todo aquéllos más relacionados con el impacto social y medioambiental. Inicialmente estaba previsto tomar como referencia los códigos profesionales de mayor importancia en el ámbito de la Ingeniería Química (IChemE y AIChE) para, a partir de ellos, desarrollar diferentes casos prácticos. Aunque se ha trabajado con estos códigos profesionales; sin embargo, a la finalización de este proyecto, todavía no se han completado los casos prácticos de ética profesional. Por tanto, el grado de consecución de los objetivos es del 40%.

3. Metodología empleada en el proyecto

En el bloque 1, para el fortalecimiento de la adquisición de competencias generales y específicas relacionadas con la tecnología medioambiental, se han seleccionado cinco áreas de actuación:

- Contaminación hídrica. Se han creado diferentes simulaciones para visualizar el efecto de las variables de operación más importantes en la eficacia de diferentes tratamientos de depuración de aguas (sedimentación, tratamientos biológicos aerobios y tratamientos biológicos anaerobios).
- Contaminación atmosférica. Se han realizado diferentes simulaciones para analizar la dispersión de los contaminantes atmosféricos y la utilización de chimeneas para este fin.
- Tratamiento de suelos. Se han elaborado materiales docentes básicos sobre las técnicas de descontaminación de suelos existentes y una práctica virtual basada en la descontaminación de suelos mediante procesos de oxidación avanzada a partir de la estimación de los parámetros cinéticos de transporte de contaminantes modelo.
- Procesos industriales sostenibles. Se han elaborado materiales docentes que complementan una primera sesión práctica desarrollada en el laboratorio en el que se realiza el fraccionamiento de una biomasa, como un ejemplo de las operaciones que se llevan a cabo en las biorrefinerías, como ejemplo de procesos industriales sostenibles. Se ha desarrollado una aplicación para el análisis y la discusión de los datos obtenidos en la práctica y, en concreto, de los análisis FTIR.
- Análisis de ciclo de vida (ACV). Se han creado materiales docentes que incluyen las nociones básicas sobre qué es un ACV, cuál es su metodología normalizada y cuáles son sus aplicaciones potenciales dentro del ámbito del medio ambiente y desarrollo sostenible. Asimismo, se han elaborado diferentes casos prácticos en los que hay que realizar el ACV de diversos procesos industriales, o parte de éstos, con distintos objetivos, basados en la utilización del software gratuito OpenLCA.

En los cuatro primeros casos, las simulaciones y aplicaciones se han programado o bien en Matlab, o en Python y después se han implementado en Jupyter Notebook. En el caso de los análisis de ciclo de vida se ha utilizado un software libre comercial (OpenLCA).

En el bloque 2 del proyecto se han creado materiales específicos para presentar los ODS de la Agenda 2030 de la ONU y el papel de la Ingeniería Química y los Ingenieros Químicos en la consecución de un buen número de estos objetivos (presentaciones y casos prácticos para utilizar en seminarios y tutorías). Como se ha comentado anteriormente, también se ha trabajado en el desarrollo de la concienciación ambiental mediante la incorporación de alumnos en las actividades del proyecto de cooperación al desarrollo de la UCM sobre sostenibilidad ambiental y ODS, con el objetivo de que participen en la preparación de la exposición y participen en las diferentes jornadas y mesas redondas que se organicen. Aunque se pretendían completar casos prácticos para estudiar aspectos de ética profesional, sobre todo aquéllos más relacionados con el impacto social y medioambiental, no se han podido completar estos materiales durante la ejecución del proyecto.

4. Recursos humanos

El proyecto de innovación ha sido realizado por el equipo de trabajo descrito en la solicitud del proyecto, compuesto por seis profesores del Departamento de Ingeniería Química y de Materiales y tres investigadores predoctorales o postdoctorales, que también colaboran en tareas docentes dentro del mismo Departamento, y cuyo objetivo es convertirse en profesores universitarios. Los miembros del grupo innovador cubren la mayor parte de etapas profesionales de un docente, desde Profesores Ayudantes Doctores a Profesores Titulares y Catedráticos.

La participación de un docente de otra universidad, que además es coordinador del Grado en Ingeniería Química (F.J. Fernández), también ha enriquecido el proyecto de innovación puesto que aporta una visión complementaria a los docentes de la UCM, además de aportar su experiencia previa en el desarrollo de materiales docentes tanto para el desarrollo de competencias generales y específicas en el ámbito medioambiental, como de forma especial, para la adquisición de competencias transversales en el Grado en Ingeniería Química.

Tal y como se describe en la propuesta del proyecto, los miembros han participado en diferentes equipos de trabajo, formados atendiendo al perfil complementario de todos los miembros del equipo. En el bloque 1 del proyecto, se han establecido cinco grupos de trabajo diferentes compuestos por dos o tres personas, un grupo diferente para cada una de las cinco áreas de actuación (contaminación hídrica, contaminación atmosférica, tratamiento de suelos, procesos industriales sostenibles y análisis de ciclo de vida). En el bloque 2 del proyecto ha trabajado un único grupo de profesores formado por los cuatro profesores de más experiencia y/o que ocupan cargos de gestión tanto en el Grado como en el Máster en Ingeniería Química: M. Oliet (Coordinadora del Grado en Ingeniería Química), R. Miranda (Comisión Académica del Máster en Ingeniería Química: Ingeniería de Procesos), F.J. Fernández (Coordinador del Grado en Ingeniería Química de la Universidad de Castilla-La Mancha) y M.V. Alonso (Catedrática).

5. Desarrollo de actividades

Las actividades se han desarrollado, de forma general, de acuerdo con el cronograma indicado en la solicitud de este proyecto de innovación, con reuniones periódicas de seguimiento de todos los miembros del grupo innovador, especialmente al inicio del periodo de realización del proyecto.

En el bloque 1 se ha trabajado en las siguientes cinco áreas de actuación:

1) Contaminación hídrica. El objetivo era realizar distintos programas (simulaciones) para visualizar el efecto de las variables de operación más importantes en la eficacia de diferentes tratamientos de depuración de aguas, y la realización de una práctica virtual específica para uno de los tratamientos de depuración de aguas de mayor importancia. A lo largo del proyecto, se han elaborado diferentes programas de simulación que permiten que los estudiantes observen cómo la modificación de las variables de operación de los procesos afecta a los resultados obtenidos, en concreto a la eficacia de los tratamientos. En concreto, se han elaborado las siguientes simulaciones sobre tratamientos de aguas: sedimentación, tratamiento biológico aerobio (lodos activos) y tratamiento biológico anaerobio (aplicado a vinazas). Estas simulaciones, dada su complejidad, pueden utilizarse también como prácticas virtuales que completen las experiencias previas realizadas en el laboratorio.

2) Contaminación atmosférica. El objetivo, en este caso, era la realización de una serie de casos prácticos y prácticas virtuales para observar el efecto de diferentes variables en la dispersión de contaminantes y el diseño de chimeneas. En este sentido, a lo largo del proyecto, se han desarrollado materiales digitales que permiten el estudio de la dispersión de la contaminación atmosférica mediante programación Matlab. En la Figura 1 se muestra una de las aplicaciones desarrolladas, mediante la cual los estudiantes pueden determinar la concentración de inmisión de un contaminante para un foco emisor especificado. Esta aplicación permite determinar cómo afectan a la concentración de inmisión las condiciones meteorológicas y la sobreelevación del penacho mediante dos métodos de estimación. Actualmente, está en proceso de mejora, para poder incluir la evolución de la concentración de contaminante vs. la distancia al foco emisor a una altitud dada, con la que podría utilizarse como práctica virtual complementaria a una práctica de laboratorio.

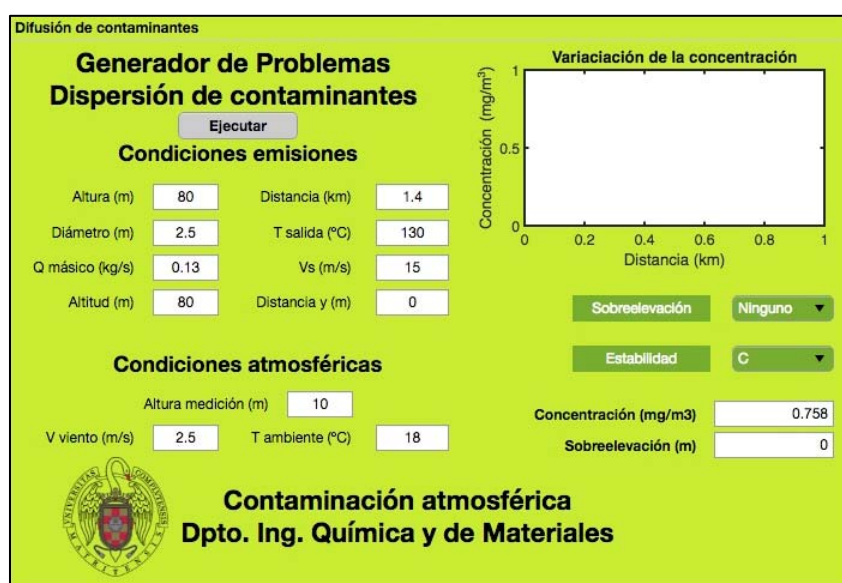


Figura 1. Aplicación para la determinación de la difusión de contaminantes en aire.

3) Tratamiento de suelos. En primer lugar, se ha realizado una presentación que resume el fundamento teórico y las aplicaciones de las principales técnicas de descontaminación de suelos. Además, se ha creado una práctica virtual basada en la estimación de los parámetros cinéticos y de transporte en un suelo contaminado por hidrocarburos poliaromáticos usando lenguaje Python. En primer lugar, la simulación calcula los valores de equilibrio de una serie de compuestos modelo a partir de datos bibliográficos para analizar su transferencia de materia a la corriente acuosa. Posteriormente, se ha modelizado la descontaminación del suelo mediante la reacción de Fenton mediante los parámetros cinéticos, nuevamente obtenidos bibliográficamente. Por último, a partir de datos experimentales obtenidos en laboratorio (el proceso de experimentación se simula con la grabación de un video, en el que se explica la metodología experimental, y los métodos de análisis y extracción de suelo), el estudiante obtiene el modelo cinético de reacción en el suelo y de transferencia de materia al agua donde también tiene lugar la reacción.

4) Procesos industriales sostenibles. En este bloque se pretendía completar una práctica de laboratorio tradicional sobre la biorrefinería, mediante el desarrollo de una aplicación que permitiera un análisis avanzado y automatizado de los resultados obtenidos en la primera sesión experimental, usando nuevamente programación en Python e implementación en Jupyter Notebook. En la práctica tradicional de laboratorio se lleva a cabo un fraccionamiento de una biomasa (heno) utilizando un proceso alcalino, en el cual se obtiene una corriente sólida con celulosa y una corriente líquida con lignina. La determinación de la cantidad de lignina extraída se lleva a cabo mediante un espectrofotómetro UV-Visible, mientras que la fase sólida se caracteriza mediante el uso de espectrofotometría infrarroja. En los espectros de la materia prima y de la fase sólida obtenida tras el tratamiento deben identificarse las bandas de absorbancia características para determinar la eficacia del procesado de fraccionamiento. Esta tarea, manual y normalmente muy tediosa, que implicaba la exportación de los datos obtenidos por el espectrofotómetro de un software a otro, se ha sustituido ahora por una aplicación que permite la utilización directa de los datos en el formato predeterminado del espectrofotómetro y la comparación de forma directa, rápida y eficaz, de los espectros obtenidos antes y después del tratamiento de fraccionamiento (Figura 2).

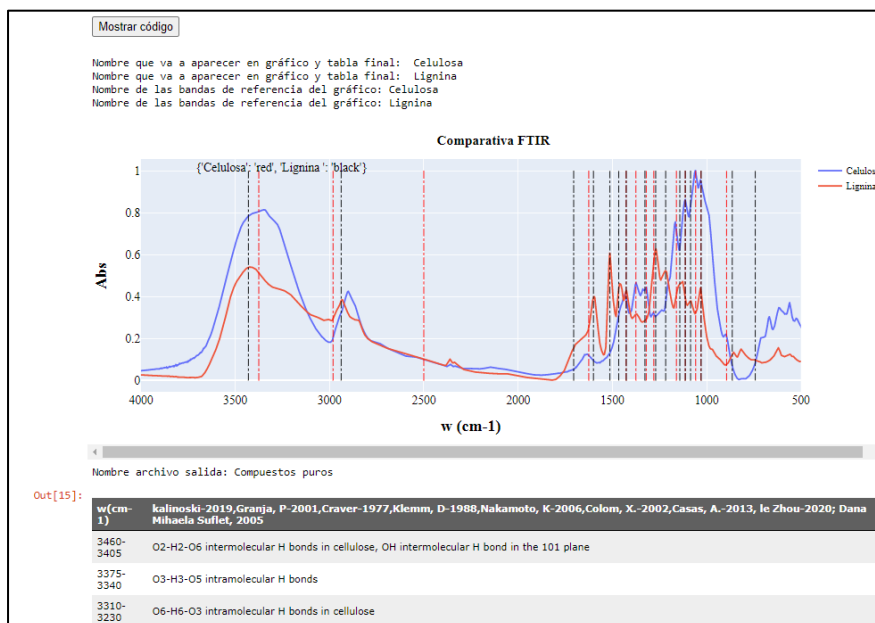


Figura 2. Ejemplo del espectro interactivo para el análisis de datos de FTIR de la fase sólida obtenida durante el fraccionamiento de la biomasa por tratamiento alcalino.

5) Análisis de ciclo de vida (ACV). En este bloque se pretendían desarrollar materiales docentes específicos mediante una herramienta de gestión medioambiental como el ACV. Tal y como se mencionaba en la solicitud del proyecto, en primer lugar se han creado unos materiales docentes que incluyen las nociones básicas sobre qué es un ACV, cuál es su metodología normalizada y cuáles son sus aplicaciones potenciales dentro del ámbito del medio ambiente y desarrollo sostenible, incluyendo la descripción de los software más utilizados (comerciales: Simapro y Gabi, y libre: OpenLCA). Asimismo, se han elaborado diferentes casos prácticos en los que hay que realizar el ACV de diversos procesos industriales, o parte de los mismos, con distintos objetivos, basados en la utilización del software gratuito OpenLCA. En este sentido, ha sido necesario también crear materiales docentes específicos para enseñar a utilizar este software.

En el bloque 2 del proyecto se han creado materiales docentes generales sobre los ODS y específicos para cada uno de los Grados impartidos en la Facultad de CC. Químicas (Química, Ingeniería Química, y Bioquímica). Se ha impartido un seminario de 1 h de duración en cada una de estas titulaciones, en la que los alumnos tenían que hacer después un entregable en el que reflexionaran sobre las principales contribuciones de sus titulaciones a la consecución de los ODS. En el Máster de Ingeniería Química, además de una charla sobre este tema (30 min), se celebró una sesión de debates (3 h) donde los estudiantes discutían sobre diferentes aspectos relacionados con los ODS, con especial énfasis en la contribución de la Ingeniería Química y la sostenibilidad ambiental.

Como se ha comentado anteriormente, no se ha podido organizar una exposición ni un ciclo de jornadas y mesas redondas relacionadas con los ODS y la sostenibilidad ambiental, especialmente debido a la falta de financiación. Sin embargo, este equipo de trabajo solicitó un proyecto en la XVII Convocatoria de proyectos de cooperación que contribuyan a la consecución de los objetivos de desarrollo sostenible de la UCM 2021 que les fue concedido. Consecuentemente, durante el último trimestre de 2021, no sólo se va a realizar el ciclo de jornadas y mesas redondas, o la exposición (en la Biblioteca de la Facultad de Ciencias Químicas), sino que también se van a llevar a cabo una gran variedad de actividades ligadas a este proyecto (concursos de fotografía, talleres de formación y concienciación, visitas técnicas, etc.). Es importante reseñar que al equipo de trabajo de este proyecto de cooperación se han incorporado diferentes estudiantes de Grado y Máster de la Facultad de CC. Químicas que han venido colaborando con gran interés desde el inicio del proyecto.

Además, el equipo de trabajo ha formulado una propuesta de actividad formativa para la Escuela de Doctorado de la UCM relacionada con los ODS, titulada, “I+D+i como solución a los desafíos planteados por los objetivos de desarrollo sostenible” que presentará para el próximo curso.

Por último, el equipo de trabajo ha realizado una comunicación oral relacionada con los trabajos desarrollados en este proyecto:

M.V. Alonso, J.C. Domínguez, J. García, R. Miranda, M. Oliet, V. Rigual. “Materiales docentes para el autoaprendizaje y la enseñanza virtual: Notebooks y aplicaciones”. Jornada Aprendizaje Eficaz con TIC en la UCM. Madrid, 23 de junio de 2021.