

Implementación de los ODS en las Asignaturas de Laboratorio de Química Orgánica en el Grado de Química de la UV

Implementation of the SDGs in the Organic Chemistry Laboratory Subjects in the Chemistry Degree of the UV

Amparo Sanz-Marco^{a,*}, Carlos Vila^a, Marc Montesinos-Magraner^b, Alicia Monleón^c, Gonzalo Blay^a, Luz Cardona^a, Isabel Fernández^a y José Ramón Pedro^a

^aDepartament de Química Orgànica, Facultat de Química, Universitat de València, C/ Dr. Moliner 50, 46100-Burjassot, Spain, Amparo Sanz-Marco: amparo.sanz-marco@uv.es, orcid.org/0000-0002-1729-598X; Carlos Vila: carlos.vila@uv.es, orcid.org/0000-0001-9306-1109; Gonzalo Blay: gonzalo.blay@uv.es, orcid.org/0000-0002-7379-6789; José Ramón Pedro: jose.r.pedro@uv.es, orcid.org/0000-0002-6137-866X, ^bDepartamento de Química Orgánica y Química Inorgánica, Facultad de Ciencias, Universidad de Alcalá de Henares, Av. De León, 4A, 28805-Alcalá de Henares, Spain, marc.montesinos@uah.es, orcid.org/0000-0003-1713-6257 y ^cAIMPLAS · Instituto Tecnológico del Plástico, Parc Tecnològic, C/ Gustave Eiffel 4, 46980-Paterna, Spain, alicia.monleon@uv.es.

How to cite: Nombre Autor, Nombre Autor y Nombre Autor. 2022. Título de la Comunicación. En libro de actas: *VIII Congreso de Innovación Educativa y Docencia en Red*. Valencia, 6 - 8 de julio de 2022. <https://doi.org/10.4995/INRED2022.2022.15910>

Abstract

The importance of the Sustainable Development Goals (SDGs) and their necessary implementation in the University environment drives us to develop innovative projects for the dissemination and implementation of the SDGs in the Chemistry Degree at the University of Valencia (UVEG). Specifically, an educational innovation project (UV-SFPIE_PID-1639436) has been carried out related to the SDGs and their implementation in the subjects in the area of organic chemistry where two compulsory experimental subjects called "Laboratory of Organic Chemistry I" and "Laboratory of Organic Chemistry II". These subjects consist of experimental practices on the theoretical knowledge acquired in the different Organic Chemistry subjects. The educational innovation project has consisted of updating and redesigning the practices of these experimental subjects of the Degree in Chemistry from the perspective of sustainability. This new design has made it possible to implement the SDGs in teaching, making students aware of these important objectives and their application in a more practical way. In this way, their awareness of sustainability and the development of a greener chemistry has been increased, making them participate in the implementation of these SDGs in teaching.

Keywords: Sustainable Development Goals (SDGs); Laboratory; Chemistry Degree; Organic Chemistry; green chemistry; teaching innovation

Resumen

La importancia que tienen los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y su necesaria implementación en el ámbito universitario nos impulsa a desarrollar proyectos para la difusión e implementación de los ODS en el Grado de Química en la Universitat de València (UVEG). En concreto, se ha llevado a cabo un proyecto de innovación educativa (UV-SFPIE_PID-1639436) relacionado con los ODS y su implementación en las asignaturas en

el área de Química Orgánica donde se imparten dos asignaturas obligatorias experimentales denominadas “Laboratorio de Química Orgánica I” y “Laboratorio de Química Orgánica II”. Estas asignaturas consisten en prácticas experimentales sobre los conocimientos teóricos adquiridos en las diferentes asignaturas de Química Orgánica. El proyecto de innovación educativa ha consistido en actualizar y rediseñar algunas prácticas de estas asignaturas experimentales del Grado en Química desde el enfoque de la sostenibilidad y la química verde. Este nuevo diseño ha permitido implementar los ODS en docencia universitaria dando a conocer a los estudiantes estos objetivos tan importantes y su aplicación de una forma más práctica. De este modo se ha ampliado su concienciación sobre la sostenibilidad y sobre el desarrollo de una química más verde, haciéndoles partícipes de la implementación de estos ODS en la docencia.

Palabras clave: Objetivos de desarrollo sostenible (ODS); Laboratorio; Grado Química; Química Orgánica; Química verde; Innovación docente.

Introducción

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) descritos en la Agenda 2030, son una iniciativa de Naciones Unidas que tienen como objetivo promover la prosperidad y proteger el medioambiente dando así continuidad a los objetivos de Desarrollo del Milenio. En total son 17 objetivos que engloban 169 metas pudiéndose diferenciar tres grandes áreas: 1) Personas, Paz y Alianzas enfocada hacia el fin de la pobreza, educación igualitaria y de calidad y la alianza mundial hacia el desarrollo sostenible (ODS 1, 2, 3, 4, 5, 16 y 17); 2) Planeta, esta área esta dirigida hacia la sostenibilidad y hacer frente al cambio climático (ODS 6, 12, 13, 14 y 15) y 3) Prosperidad para hacer frente a todo tipo de desigualdad, fomentar una economía sostenida y sostenible y garantizar el acceso a una energía asequible y sostenible para todos (ODS 7, 8, 9, 10 y 11).¹



Figura 1. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) descritos en la Agenda 2030.

Dentro del ámbito de la educación superior, la Universitat de València está comprometida con la integración de los ODS en la comunidad universitaria dando a conocer esta iniciativa entre el personal trabajador de la Universidad y el alumnado a través de la realización de cursos de formación, congresos, exposiciones,

proyectos de innovación educativa, comercios sostenibles, etc. Todas estas iniciativas tienen como finalidad de proporcionar a toda la comunidad universitaria el conocimiento y habilidades necesarias para abordar e implantar este enorme desafío del desarrollo sostenible.²

Un método para dar a conocer e implantar los ODS en el estudiantado es la inclusión de estos en la docencia que se imparte en los distintos grados de la universidad. En este contexto, en los diferentes grados donde se imparten asignaturas experimentales como son el Grado de Química, Farmacia, Biología entre otras, se puede implementar la sostenibilidad en cuanto a los residuos que se generan en los laboratorios prácticos de esta área de docencia. En concreto, en el Grado en Química en el área de Química Orgánica, el alumnado en las prácticas de laboratorio se le exige que sea consciente de la toxicidad de los reactivos que deben utilizar en las prácticas y del tratamiento de los residuos para lograr la mínima contaminación posible. Este método se calificaría como paliativo, ya que se enseña a reducir el impacto de los residuos en el medio ambiente pero no a reducir los residuos o el coste energético necesario (método de química verde).³ Este método paliativo es insuficiente dentro para una correcta integración de los ODS en la docencia universitaria.

Con el fin de introducir los ODS y llevar a cabo prácticas de laboratorio más sostenibles se ha desarrollado un proyecto de innovación educativa llamado “Implementación de los ODS en los Laboratorios de Química Orgánica del Grado de Química: Prácticas sostenibles y consumo responsable” (UV-SFPIE_PID-1639436) en las asignaturas “Laboratorio de Química Orgánica I” (Código 36455), y “Laboratorio de Química Orgánica II” (Código 34207) del Grado de Química de la Universitat de València. La asignatura “Laboratorio de Química Orgánica I” de 4.5 créditos se imparte en el segundo cuatrimestre del segundo curso en la que en el curso académico 2021-2022 se han matriculado 104 alumnos y la asignatura “Laboratorio de química orgánica II” de 6 créditos se imparte en el primer cuatrimestre del tercer curso en la que en el curso académico 2021-2022 se han matriculado 104 alumnos. En concreto, los ODS que se han introducido en esta innovación docente son aquellos que está relacionados con una química sostenible o química verde como son el **ODS 3**: Salud y bienestar, el **ODS 12**: Producción y consumo responsables, el **ODS 13**: Acción por el clima y el **ODS 15**: Vida de ecosistemas terrestres.

Objetivos

El objetivo general de este proyecto de innovación educativa ha sido implementar prácticas de laboratorio innovativas y sostenibles acordes con los diferentes ODS dentro de las diferentes asignaturas de Laboratorio de Química Orgánica (**método de química verde**). En esta línea, esta iniciativa docente ha pretendido dar a conocer al alumnado los ODS con el fin de demostrar un compromiso con la conservación y con el desarrollo sostenible y concienciar de la importancia de la sostenibilidad a través de una química más verde.

La química verde está muy relacionada con los ODS ya que su objetivo principal es la sostenibilidad dado que implica el diseño reacciones químicas para obtener el producto deseado eliminando o reduciendo al máximo el uso de sustancias tóxicas, reducir el consumo energético y la generación de residuos. Esta química busca alternativas a la química tradicional donde para obtener un determinado producto se utilicen un menor número de reactivos, reactivos menos tóxicos y/o nocivos para el medio ambiente o reducir el coste energético, es decir, **una química más sostenible**.

Las asignaturas experimentales obligatorias Laboratorio de Química Orgánica I (LQOI) y Laboratorio de Química Orgánica II (LQOII) se imparten en grupos reducidos de 12 alumnos como máximo. Concretamente este proyecto se ha implantado a modo de prueba piloto en un grupo de 6 alumnos (Grupo DL3) en la asignatura LQOI y en un grupo de 11 alumnos (Grupo CL3) en la asignatura LQOII.

Con el desarrollo de este proyecto de innovación docente se pretende incluir los ODS en las prácticas de laboratorio de química orgánica del grado de química y a su vez dar a conocer y concienciar al alumnado sobre la sostenibilidad y el desarrollo de una química más verde. Se fomentará en el alumnado las siguientes competencias en Sostenibilidad: 1) Competencia de pensamiento crítico, tomarán conciencia de otras posibilidades más sostenibles en la realización de las prácticas de laboratorio. 2) Competencia integrada de resolución de problemas, investigarán con el fin de buscar alternativas más sostenibles a las prácticas realizadas en años anteriores.

Este proyecto de innovación educativa se encuentra dentro de la línea estratégica de actualización de la docencia con el fin de satisfacer las exigencias demandadas en la actualidad como son los ODS.

Como objetivos específicos se plantearon la introducción de los siguientes puntos dentro de estas asignaturas experimentales.

-Seminario teórico donde se presenta al alumnado la química verde, los ODS y la Agenda 2030.

-Realización de una práctica sostenible donde se profundiza sobre los aspectos de química verde y sostenibilidad.

Desarrollo de la innovación

La metodología docente que se lleva a cabo en estas asignaturas experimentales y donde se ha llevado a cabo la innovación docente es la siguiente:

Seminario teórico: Al comienzo de las asignaturas se imparte un seminario teórico (4 h) donde se explican las normas de seguridad, los objetivos de la asignatura y se explican las prácticas que se van a realizar en las sesiones experimentales. En este seminario se ha impartido como parte de este proyecto una presentación sobre los ODS y la química verde, haciendo hincapié en aquellos objetivos relacionados con la química verde como son el **ODS 3:** Salud y bienestar, el **ODS 12:** Producción y consumo responsables, el **ODS 13:** Acción por el clima y el **ODS 15:** Vida de ecosistemas terrestres.

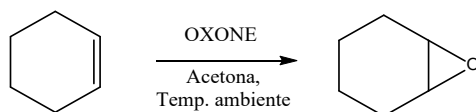
Sesiones experimentales: Estas sesiones duran 4.5 h en las cuales se lleva a cabo un seminario inicial donde los alumnos explican el concepto teórico que se va a aplicar en la práctica así como los procedimientos experimentales que se van a utilizar durante la práctica. En este proyecto de innovación se ha empleado una sesión experimental para realizar una práctica sostenible.

En la asignatura de LQOI se ha diseñado una práctica nueva sostenible en la que el estudiantado pone en práctica un concepto teórico adquirido en la asignatura Química Orgánica I que se imparte en el primer cuatrimestre. Esta práctica se ha realizado en una sesión de 4.5 h en la que los alumnos han sintetizado un compuesto de interés y en la que además de explicar el concepto teórico aplicado se ha hecho un seminario donde los alumnos han identificado las claves de la práctica para que esta fuese sostenible.

En concreto, esta nueva práctica consistía en el estudio de la epoxidación de alquenos.⁴ Para llevar a cabo la reacción de epoxidación se suelen emplear ácidos peroxicarboxílicos, los cuales son caros, tóxicos y al llevarse a cabo la reacción se transforman en ácidos como productos secundarios los cuales normalmente habría que separarlos del producto deseado por purificación por cromatografía de columna lo cual genera una gran cantidad de residuos. Además, este tipo de reacciones se llevan a cabo en disolventes clorados, los cuales suelen ser tóxicos y nocivos.

Con el fin de evitar este tipo de reactivos y disolventes, en esta nueva práctica se ha llevado a cabo la epoxidación de ciclohexeno empleando oxone como alternativa a los ácidos peroxicarboxílicos y acetona

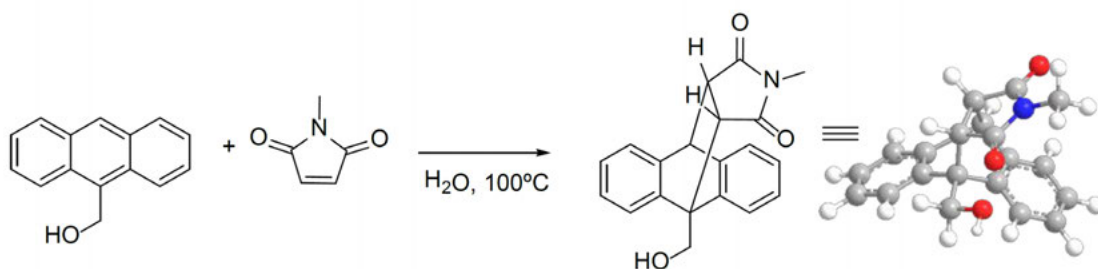
como disolvente de reacción como alternativa a los disolventes clorados (Esquema 1). El oxone es una mezcla de sales inorgánicas, este reactivo es más seguro de utilizar y se puede eliminar del producto deseado a partir de una extracción líquido-líquido, una técnica que en general genera menos residuos que la cromatografía de columna. Además, evitamos el uso de disolventes de reacción nocivos para la salud empleando acetona como alternativa. En cuanto a coste energético de la reacción, esta se lleva a cabo a temperatura ambiente no siendo necesario un coste energético extra al tener que enfriar o calentar una reacción. En cuanto a términos de efectividad de la práctica, el producto sintetizado en la práctica sostenible se obtuvo un rendimiento similar al obtenido en el resto de prácticas por lo se puede interpretar que la efectividad de la química realizada no tiene porque estar reñida con la implementación de la sostenibilidad en esta.



Esquema 1. Práctica ODS del LQOI utilizando la reacción de epoxidación de ciclohexeno.

En la asignatura de LQOII se ha diseñado una práctica alternativa a la ya planteada en años anteriores donde se ha incluido el mismo concepto teórico que se quiere impartir en la asignatura pero desde un punto de vista más sostenible. Esta práctica se ha realizado en una sesión de 4.5 h en la que los alumnos han realizado la práctica alternativa. A continuación, se les ha mostrado el procedimiento de la práctica planteada en años anteriores y los alumnos han identificado las modificaciones realizadas en estas nuevas prácticas con el fin de que identifiquen los ODS introducidos.

La práctica en la que se ha desarrollado el proyecto de innovación docente trata sobre el estudio de la reacción de Diels-Alder.⁵ La reacción de Diels-Alder es una reacción con excelente economía atómica y que es extraordinariamente útil química orgánica sintética. Esta reacción de cicloadición forma simultáneamente dos nuevos enlaces carbono-carbono y conduce a un nuevo anillo insaturado de seis miembros, una estructura que se encuentra en muchos productos naturales y moléculas con actividad biológica. Al tener tanta importancia dentro de la Química Orgánica, esta reacción se estudia en los laboratorios prácticos. La mayoría de ejemplos de esta reacción se basan en la utilización de benceno, tolueno o xileno como disolventes. Debido a las limitaciones de tiempo de los laboratorios docentes, los experimentos tradicionales de Diels-Alder implican el uso de reactivos extremadamente reactivos (como por ejemplo, ciclopentadieno o 1,3-butadieno) que requieren procedimientos de preparación especializados. En cambio, en el experimento diseñado en la práctica de los ODS para llevar a cabo la reacción de Diels-Alder se usa el 9-antraceno-10-ol como dieno (dieno poco reactivo) y la *N*-metilmaleimida como dienófilo y esta reacción se puede llevar a cabo en poco tiempo (1 hora) por que se utiliza agua como disolvente.



Esquema 2. Práctica ODS del LQOII utilizando la reacción de Diels-Alder.

Esta práctica se basa en la aceleración de la velocidad de estas reacciones utilizando el agua como disolvente, debido al efecto hidrofóbico.

Evaluación: Con el fin de evaluar esta concienciación sobre una química más sostenible, se ha llevado a cabo una serie de encuestas a los estudiantes implicados en este proyecto de innovación docente. Así mismo, se han realizado unas encuestas de satisfacción al profesorado participe de esta iniciativa, así como al alumnado con el fin de evaluar el proyecto desarrollado.

Resultados

Las nuevas prácticas diseñadas realizadas por los estudiantes en ambas asignaturas han sido realizadas con éxito. La metodología de estas nuevas prácticas aunque han sido modificadas desde el punto de vista de la sostenibilidad, esto no ha implicado una modificación del grado de dificultad de las técnicas experimentales empleadas para realización de estas por lo que el alumnado no ha mostrado mayor grado dificultad al realizarlas. Además de la propia observación del docente al impartir esas sesiones también se ha visto reflejado en las encuestas, donde a los alumnos se les ha formulado la pregunta ¿Te ha resultado más difícil la práctica de los ODS con respecto al resto realizadas en esta asignatura?. A partir de las respuestas obtenidas se puede concluir que el alumnado ha tenido la precepción de que la dificultad de estas prácticas sostenibles introducidas era similar la resto de prácticas realizadas en estas asignaturas.

En cuanto a la implantación de los ODS en estas asignaturas experimentales se ha realizado la siguiente encuesta presencial para cada asignatura experimental:

- 1) P1: ¿Conocías los ODS antes de realizar esta asignatura?
- 2) P2: ¿Te ha sido útil la práctica para conocer el concepto teórico de forma experimental?
- 3) P3: ¿Crees que la implantación de los ODS hace más difícil la práctica?
- 4) P4: ¿Recomendarías la realización de estas prácticas a otros alumnos?
- 5) P5: ¿Crees que la sostenibilidad se debería implantar en todas las prácticas de la asignatura?

Donde los alumnos debían contestar del 1 al 5 siendo 1 muy desacuerdo y 5 muy acuerdo.

En concreto, en la asignatura LQOI participaron en la encuesta los 6 alumnos que habían realizado la práctica sostenible y habían asistido al seminario donde se explicaron los ODS, 100% de participación. A continuación, se muestra en una gráfica los resultados concretos de las encuestas realizadas en esta asignatura.

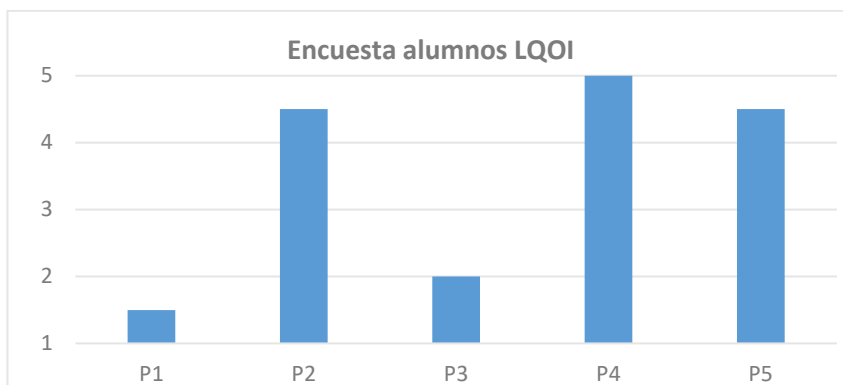


Figura 2. Encuesta a los 6 alumnos que han participado en este proyecto de innovación docente en la asignatura Laboratorio de Química Orgánica I.

En la asignatura de LQOII participaron en la encuesta de valoración el 100% de los alumnos que participaron en este proyecto docente obteniendo los resultados que se muestran en la siguiente gráfica.

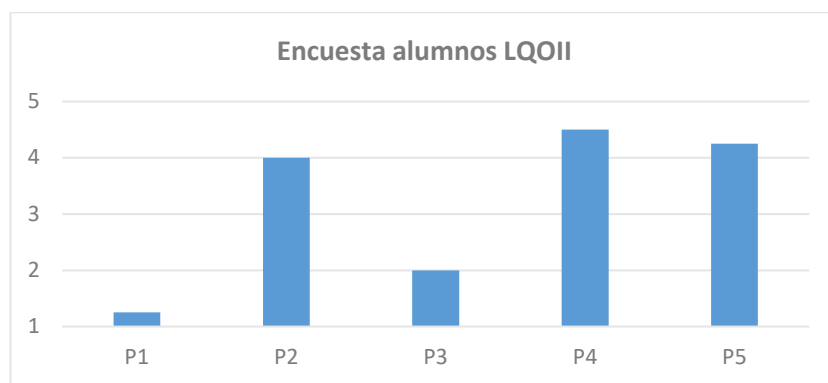


Figura 3. Encuesta a los 11 alumnos que han participado en este proyecto de innovación docente en la asignatura Laboratorio de Química Orgánica II.

En ambas asignaturas experimentales el alumnado ha contestado de forma similar obteniendo dos conclusiones generales: 1) los alumnos desconocían los ODS, pero les ha resultado relativamente útil para aplicarlos de manera experimental. 2) Asimismo, los alumnos han tomado conciencia de la importancia de la sostenibilidad de los procesos químicos, debido a que todos ellos creen que la sostenibilidad debe implantarse en las prácticas de las asignaturas del Grado en Química.

Conclusiones

Con este proyecto se ha conseguido dar a conocer al alumnado los objetivos de desarrollo sostenible de un forma general así como de una manera más aplicada implementándolos en las asignaturas experimentales del área de química orgánica del grado de química de la UV. Las prácticas sostenibles diseñadas han sido realizadas con éxito por el estudiantado sin observarse una mayor dificultad con respecto al resto de prácticas, empleando técnicas experimentales de acuerdo con su nivel de conocimiento.

La efectividad de estas nuevas prácticas ha sido similar al resto de prácticas realizadas en estas asignaturas por lo que prueba que es posible diseñar prácticas sostenibles y efectivas que expliquen los mismos conceptos teóricos.

Implementación de los ODS en las Asignaturas de Laboratorio de Química Orgánica en el Grado de Química de la UV

Los alumnos han mostrado su interés por la sostenibilidad y han tomado conciencia de su importancia en la química y el gran impacto que se puede obtener desde nuestra área de conocimiento. Gracias a este proyecto no solo han tomado conciencia de cómo tratar los residuos generados durante las prácticas sino que es posible limitar estos residuos generando entre el estudiantado una visión de la química más amplia, moderna y sobretodo sostenible.

Con el fin de realizar unas prácticas más sostenibles donde se reduzca el coste energético y los residuos y la toxicidad de ellos lo máximo posible se pretende ampliar este proyecto de innovación educativa al resto del alumnado matriculado en las asignaturas experimentales “Laboratorio de Química Orgánica I” y “Laboratorio de Química Orgánica II” así como el diseño y realización de nuevas prácticas sostenibles con el fin de reemplazar por completo las prácticas tradicionales que no muestran ser sostenibles.

Dado que la mayoría del alumnado no conocían los ODS previamente a la realización de estas asignaturas, esto nos impulsa a implementar en un futuro estos objetivos de una manera más amplia y teórica en las diferentes asignaturas de teoría de química orgánica del Grado de Química.

Referencias

1. NACIONES UNIDAS. *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/> [Consulta: 28/03/2022]
2. UNIVERSITAT DE VALÈNCIA. *Uvsostenibilitat*. <https://www.uv.es/uv-sostenibilidad/es/universidad-sociedad/compromiso-social/ods-si.html> [Consulta: 28/03/2022]
3. a) ZUIN, V. G.; EILKS, I.; ELSCHAMI, M. Y KÜMMERER K. (2021) “Education in green chemistry and in sustainable chemistry: perspectives towards sustainability” *Green Chem.* issue 23, p. 1594. b) LILIASARI, S. Y AMSAD L.N. (2020) “ Innovative organic synthesis course for sustainable development in chemistry education to enhance students’ critical thinking skills” *J. Phys.: Conf. Ser.* issue 1521, p. 042055.
4. ISAC-GARCIA, J.; DOBADO, J. A.; CALVO-FLORES, F. G.; MARTINEZ-GARCIA, H. (2016) *Experimental Organic Chemistry: Laboratory Manual*. Elsevier Inc.
5. MCKENZIE, L. C.; HUFFMAN, L. M.; HUTCHISON, J. E.; ROGERS, C. E.; GOODWIN, T. E.; SPESSARD, G. O. (2009) “Greener solutions for the organic chemistry teaching lab: exploring the advantages of alternative reaction media” *J. Chem. Edu.* issue 4, p. 488.