

EJE TEMÁTICO: Enseñanza de temas de Química Orgánica y Química Biológica

TALLER DE QUÍMICA ORGÁNICA: OBTENCIÓN DE LACTONAS BICÍCLICAS A PARTIR DE CICLOHEXANODIONAS

Liliana E Luna*, Pamela S. Forastieri y Raquel M. Cravero,

Instituto de Química Rosario (IQUIR), Departamento de Química Orgánica. Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas. UNR. ARGENTINA. e-mail: lluna@fbioyf.unr.edu.ar

En esta instancia se presenta un taller educativo aplicando química de grupo carbonilo integrado con espectroscopía IR y RMN. En este taller el estudiante afianza e integra conceptos mediante una ejercitación aplicando temas que se estudian en el cursado de una misma materia. Se le entrega al alumno un conjunto de espectros de productos obtenidos mediante dos transformaciones secuenciales y el alumno debe postular la transformación ocurrida en base a lo analizado en dicho taller.

Palabras claves: química orgánica, grupo carbonilo, reacción de Michael, espectroscopía.

Introducción y Objetivos

Este taller está destinado a alumnos universitarios que cursan los primeros años de una carrera del área química. Implica la aplicación de conocimientos adquiridos durante el cursado de la asignatura Química Orgánica con respecto a la química de grupo carbonilo de aldehídos, cetonas y derivados de ácidos carboxílicos como así también los fundamentos y la mecánica de la elucidación estructural mediante espectroscopía infrarroja y de resonancia magnética nuclear protónica.

Es nuestro objetivo que el alumno realice un proceso de un modo participativo donde afiance los conocimientos mediante un permanente intercambio con sus compañeros y con el docente a cargo. También se espera que el alumno al compartir lo producido con sus pares se genere una retroalimentación de conocimientos del tema tratado.

Antecedentes y Fundamentos

La metodología taller es escogida para desarrollar esta actividad ya que en esta modalidad los conocimientos se adquieren a través de una práctica concreta. El estudiante presenta un rol activo donde combina la teoría y la práctica.

En nuestro cursado, los alumnos reciben previamente clases teóricas relacionadas a los temas de interés y para el desarrollo de dicha actividad también cuentan tanto con textos de química orgánica [1-4] como con la asistencia de herramientas audiovisuales animadas y modelos moleculares para su mejor entendimiento.

Una de las reacciones involucradas es la reacción del Michael, que es una reacción de adición nucleofílica a compuesto carbonílicos α,β insaturados donde el nucleófilo es un enolato de aldehído o cetona generando compuestos 1,5-dicarbonílicos. Otra de las reacciones involucradas es una adición nucleofílica acíclica intramolecular sobre el éster metílico. Aquí, el grupo oxhidrilo del ácido vinílico actúa como nucleófilo sobre el grupo carbonilo del carboxilato de metilo generando una lactona de seis miembros.

La espectroscopía infrarroja es una metodología muy útil para determinar grupos funcionales de compuestos orgánicos, así podemos establecer la existencia o ausencia de grupos funcionales en un determinado compuesto orgánico.

La espectroscopía de resonancia magnética nuclear de protones es muy utilizada para determinar la estructura de un determinado compuesto orgánico a través de los distintos tipos de hidrógenos presentes en dicho compuesto.

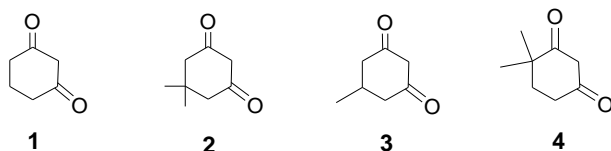
La reacción química a estudiar se analiza como un ejemplo de reacciones de química verde que nos permite introducir al alumno en esta disciplina.

Descripción de la propuesta educativa

El taller está planificado para trabajar con cinco grupos de 4 alumnos cada uno. A cada grupo se le entregan el conjunto de espectros de IR y RMN¹H de uno de los productos obtenidos a partir de las ciclohexanodionas **1-4** junto con una serie de preguntas que sirven de guía para que el grupo realice la actividad planeada para este taller.

A continuación se detalla un ejemplo de la información otorgada a cada grupo utilizando la ciclohexanodiona **2** para la obtención de **6**:

Cuando se hace reaccionar una de las ciclohexanodionas mostradas a continuación con propiolato de metilo en medio acuoso a temperatura ambiente mediante catálisis de L-prolina se obtiene un producto mayoritario que presenta los datos espectrales mostrados en Figura 1 y 2.



- 1) *En base a los datos espectrales determine la estructura del producto obtenido.*
- 2) *Realice un informe detallado de los espectros justificando la estructura del producto postulado.*
- 3) *Escriba la ecuación química que describe la formación de dicho producto.*
- 4) *Si se considera que esta transformación ocurre en varias etapas, escriba las diferentes etapas que involucra esta transformación.*
- 5) *Las condiciones de esta reacción son apropiadas para considerar dicha reacción como una aplicación de la química verde, Explique las propiedades que se deben tener en cuenta para dicha aseveración.*
- 6) *Escriba los mecanismos de reacción de las distintas reacciones planteadas.*
- 7) *Presentar, analizar y debatir con los miembros de los otros grupos de la comisión las respuestas a las preguntas anteriores.*

Figura 1 Espectro IR del compuesto 6

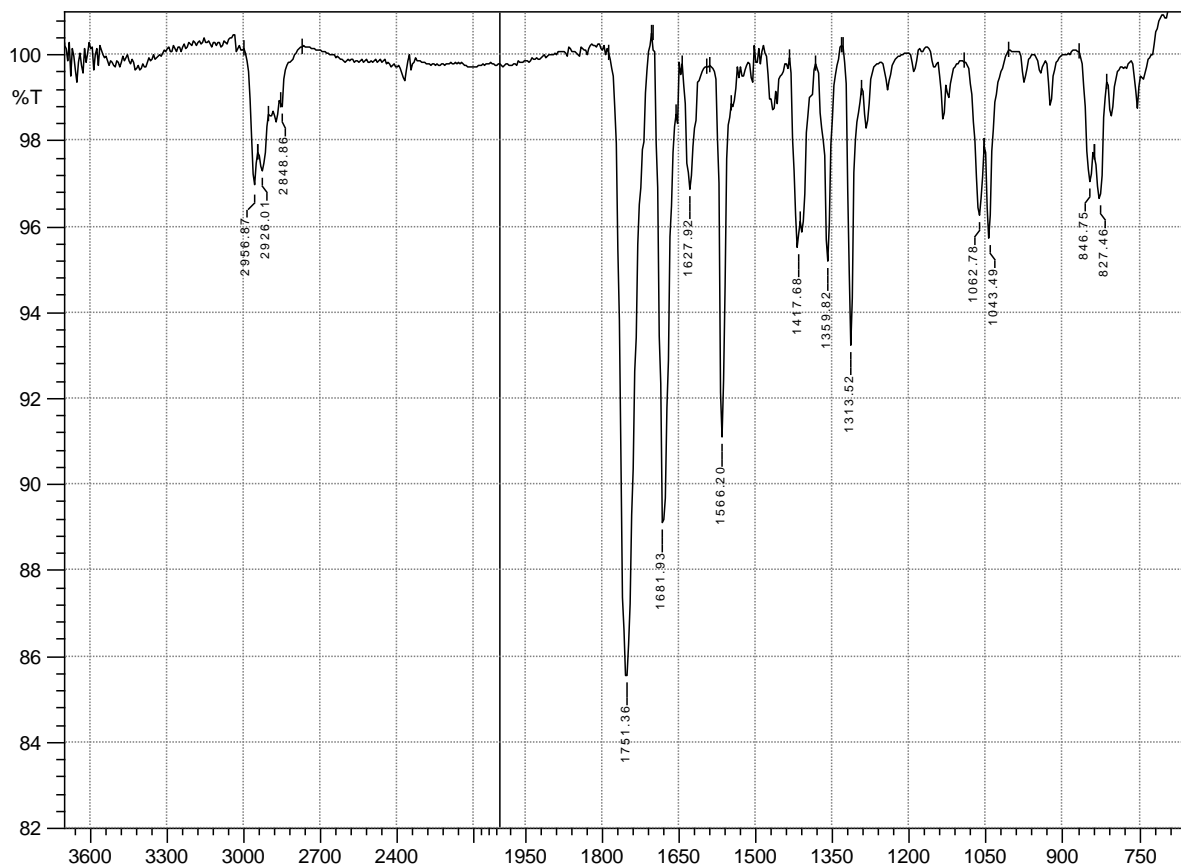
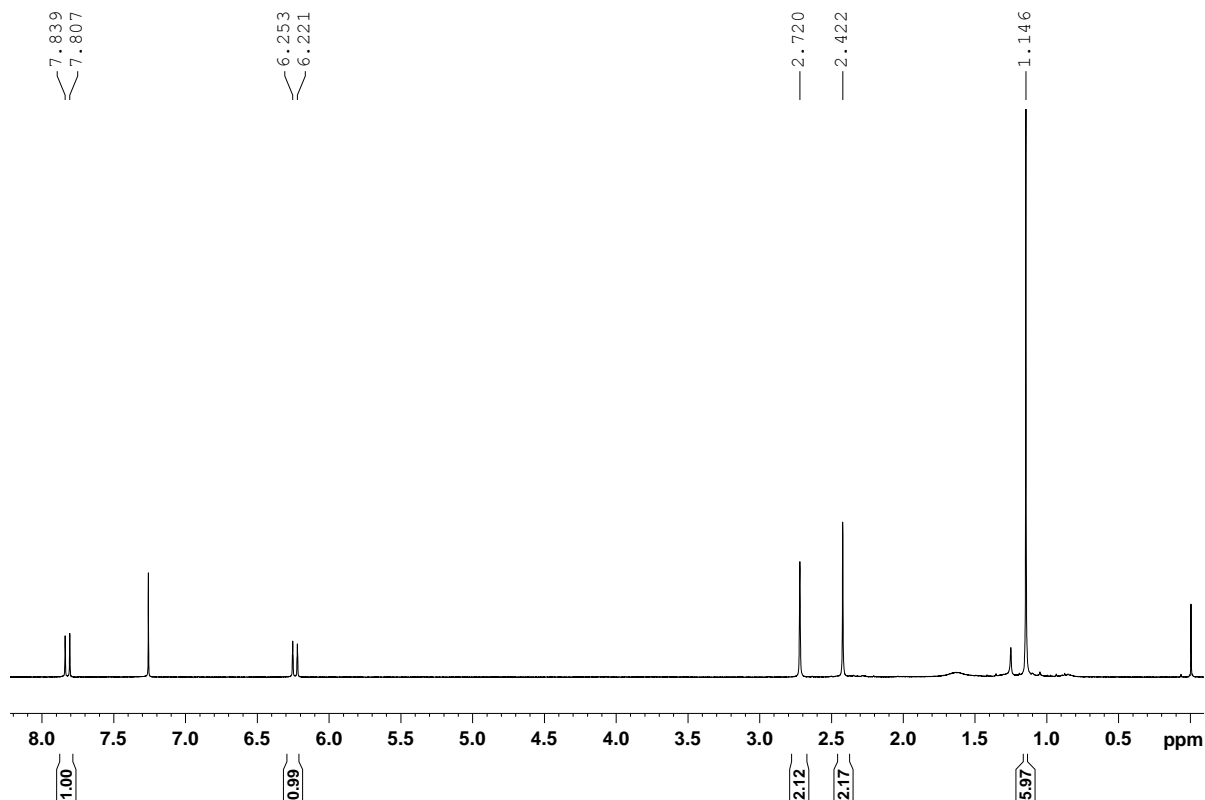
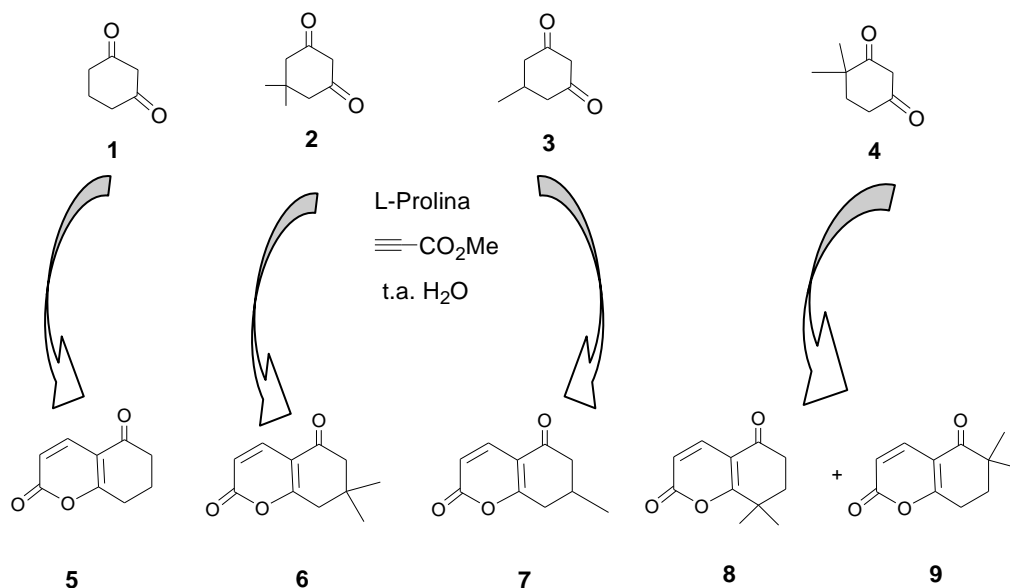


Figura 2: Espectro RMN¹H de compuesto 6

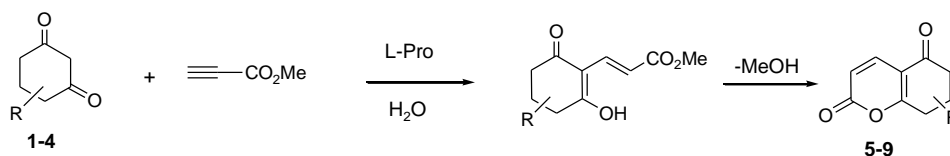


A posteriori del análisis intra e intergrupar de alumnos se puede concluir que todas las ciclohexanodionas sufren reacciones análogas (**Esquema 1**)



Esquema 1: Visualización global de las transformaciones químicas

Las reacciones de las ciclohexanodionas con propiolato de metilo, mediante una adición de Michael generan un monoadducto y este monoadducto reacciona intramolecularmente a través de una sustitución nucleofílica acílica para formar los biciclos finales con pérdida de metanol. (**Esquema 2**)



Esquema 2: Visualización por etapas de la formación de los biciclos 5-9

Se evidencia que dos de los productos obtenidos (8 y 9, **Esquema 1**) provienen de la misma ciclohexanodiona 4, hecho que permite repasar conceptos como regioselectividad y equilibrio tautomérico ceto-enólico

A través de esta actividad se analiza cómo cursa la reacción de Michael, su mecanismo y el rol que cumplen los componentes intervinientes en la reacción; como así también cómo las condiciones de reacción conciben con los requisitos de la *química verde*, permitiendo ahondar en esta modalidad de síntesis y debatir acerca de sus ventajas y desventajas.

Como última etapa se realiza una evaluación del taller basándose en el contenido que se trabajó y en el aprendizaje adquirido por los estudiantes sobre los temas considerados.

Dado que un taller presupone una formación teórica y metodológica que el alumno comparte con el docente y sus pares, el docente a cargo de la actividad no solo debe estar capacitado intelectualmente sino también que debe adecuarse a las cambiantes circunstancias que presente cada grupo o cada alumno para poder guiarlos de forma satisfactoria al trabajo en armonía.

Recordemos que en un taller educativo el papel que desempeña el docente consiste en orientar el proceso, asesorar, facilitar información y recursos a quienes son los principales protagonistas de su propio aprendizaje.[5-6]

El docente cuenta con diversos materiales de apoyo tanto sea específico de química como también referido a lo pedagógico, las indicaciones que incluyen las respuestas a las distintas guías entregadas a los alumnos y los tiempos sugeridos para cada etapa del taller (iniciación, preparación, explicación, interacción, presentación y evaluación).

Expectativas de la propuesta

Se espera que al final de este taller el alumno participe de una discusión completa e integradora de las transformaciones presentadas en cuanto a su programación, desarrollo, corroboración de productos obtenidos en cuanto a sus propiedades químicas y espectroscópicas, como así también el análisis retrosintético.

Mediante este taller se espera que el alumno realice la integración de conocimientos, tales como reactividad de grupo carbonilo tanto de aldehídos y cetonas como de derivados de ácidos, adición nucleofílica, sustitución nucleofílica acílica, tautomería ceto-enólica, elucidación de estructuras orgánicas por espectroscopía IR y Resonancia Magnética Nuclear

También se espera que el alumno logre reconocer el mejoramiento de dichos conocimientos a través del uso del razonamiento y un permanente debate con sus pares y con el apoyo de la bibliografía y el docente a cargo de la actividad.

Conclusiones

En la permanente búsqueda de mejorar tanto el modo de enseñanza-aprendizaje como las distintas formas de razonamiento para llegar a un mismo fin, planteamos este tipo de actividades donde se trata de integrar conocimientos que en el pensamiento del alumno se encuentran naturalmente aislados.

La modalidad taller permite que el alumno manifieste su opinión y confronte permanentemente con sus pares sobre los conceptos aprendidos previamente lo que enriquece el aprendizaje.

La actividad aquí planteada es muy útil para el alumno no solo desde el punto de vista de la temática específica sino también en cuanto a su desempeño en debates orales como así también como expresarse correctamente en cuanto al lenguaje del análisis espectrocópico.

“Enseñar no es transferir conocimiento, sino crear las posibilidades para su propia producción o construcción”
Paulo Freire en Pedagogía de la Autonomía

Referencias Bibliográficas

- [1] S. Ege, *Química Orgánica*, 1° Edición. Editorial Reverté, **1998**. ISBN 84-291-7065-0.
- [2] D. R. Klein, *Organic chemistry*, 1° Edición, John Wiley & Sons, Inc, New York, **2012**. ISBN 978-0-471-7561
- [3] P. Yurkanis Bruice, *Química Orgánica*. 5° edición, Editorial Pearson Prentice Hall, México, **2008**, ISBN: 978-970-26-0791-5.
- [4] F. Carey, *Química Orgánica*,. Editorial McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U. Madrid **1999**. ISBN 84-481-2426-X.
- [5] A. Maya Betancourt. *El taller educativo*, Cooperativa Editorial Magisterio: 2° Ed.. Bogotá, **2007**
- [6] E. Ander- Egg *El taller, una alternativa de renovación pedagógica*, Editorial magisterio Rio de la Plata:, **1999**.