



UNIVERSIDAD  
**COMPLUTENSE**  
MADRID

Proyecto de Innovación

Convocatoria 2022/2023

Nº de proyecto: 307

Título del proyecto: “La “indagación guiada” en el Laboratorio de Química Orgánica II  
(Grado en Química, Doble Grado en Química y Bioquímica)”

Responsable: Beatriz M. Illescas Martínez

Facultad de Ciencias Químicas

Departamento de Química Orgánica

## 1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto

El objetivo principal del proyecto es cambiar la metodología pedagógica de las prácticas del Laboratorio de Química Orgánica II introduciendo un método de aprendizaje basado en la indagación guiada.

Para elaborar un currículum de prácticas de laboratorio mediante la indagación guiada, se puede, no sólo elaborar prácticas nuevas que cumplan los principios pedagógicos buscados, sino también transformar prácticas ya existentes, editando el material de laboratorio de forma que incluya actividades propias de esta metodología. En este sentido, es muy importante desarrollar el material de laboratorio con instrucciones precisas y proporcionar a los estudiantes la información necesaria para poder llevar a cabo la práctica con éxito, ya que en caso contrario la experiencia puede resultar frustrante para ellos. Por ello, algunos autores sugieren la necesidad de dar tiempo a los estudiantes para que puedan experimentar, plantear cuestiones, cometer errores e interiorizar conceptos mediante el autoaprendizaje. Así mismo, la reflexión, las relaciones interpersonales y la discusión de los resultados son considerados esenciales.

Por otro lado, para cambiar a este modelo de aprendizaje, es también necesario un cambio en el rol del profesor. El profesor debe actuar como guía, supervisando el trabajo de los estudiantes y aportando los datos y conceptos que el alumno puede necesitar en el proceso. Este nuevo papel que jugará el profesor respecto al enfoque tradicional requerirá la elaboración de una guía de ayuda que facilite la adaptación del profesorado, acostumbrado a una metodología de aprendizaje centrada en el profesor, además de tutorizar a los nuevos profesores que se van incorporando al Departamento, facilitando así su labor docente.

Actualmente, el currículum de la asignatura de Laboratorio de Química Orgánica II consta de siete prácticas, de las cuales una fue introducida el curso pasado mediante un proyecto Innova-Docencia. En este nuevo proyecto, nos planteamos continuar con el análisis de las prácticas actuales y desarrollar los cambios necesarios para implementar una metodología de indagación guiada, tanto en lo referente a las prácticas realizadas, como al material puesto a disposición de los alumnos.

En este sentido, la introducción de esta metodología pedagógica requiere que los alumnos tengan unos conocimientos previos que les permitan elaborar hipótesis y plantear y diseñar por sí mismos los experimentos o problemas que se les propongan, lo que implica llevar cabo de forma previa una búsqueda de bibliografía. Por ello, se plantea diseñar e implementar, en colaboración con el personal de la Biblioteca de la Facultad de CC Químicas, un seminario online dedicado a la búsqueda bibliográfica para que los alumnos puedan abordar con éxito las tareas que deberán asumir posteriormente en el laboratorio.

Por último, y como sistema de medición de la calidad de las mejoras introducidas, se crearán encuestas de evaluación para recibir la retroalimentación de los profesores y alumnos que se enfrenten a esta nueva metodología en nuestro Departamento.

En resumen, para conseguir el objetivo del proyecto proponemos los siguientes objetivos específicos:

- 1) Hacer una propuesta de nuevas prácticas de laboratorio, buscando aquellas que mejor se ajusten a un método de indagación guiada.
- 2) Diseñar y planificar una sesión online de formación del alumnado en la búsqueda bibliográfica en Química Orgánica: empleo de bases de datos *Scopus*, *Scifinder*, etc.
- 3) Diseñar y elaborar el material docente necesario para las prácticas, siguiendo las pautas de la indagación guiada: planteando interrogantes, introduciendo etapas de diseño experimental, trabajo de investigación autónomo e interpretación y discusión de los resultados.
- 4) Diseñar y elaborar nuevo material docente destinado al profesorado, incorporando sistemas de mentoría destinados al personal docente de nueva incorporación.
- 5) Realizar encuestas para valorar la experiencia desde la perspectiva tanto del alumnado como del profesorado.

## 2. Objetivos alcanzados

El objetivo principal de este proyecto, que consta de varias fases, consiste en un cambio metodológico del proceso de enseñanza-aprendizaje empleado en el Laboratorio de Química Orgánica II (QOII). En este sentido, durante el curso 2021-22, se inició dicha transformación, desarrollando una práctica piloto y el material docente necesario para realizar el cambio metodológico propuesto. En este segundo proyecto, continuación del anterior, nos propusimos seguir modificando tanto las prácticas de laboratorio, como el material docente empleado. Una vez implementada esta nueva metodología, la evaluación por parte de profesores y estudiantes nos permitirá ajustar aquellos aspectos que son susceptibles de mejora y proponer nuevas estrategias de innovación.

A continuación, se analizan los logros alcanzados con relación a los objetivos específicos:

**Objetivo 1.** Hacer una propuesta de nuevas prácticas de laboratorio, buscando aquellas que mejor se ajusten a un método de indagación guiada.

Se ha realizado una intensa búsqueda bibliográfica de prácticas relacionadas con los contenidos de la asignatura Química Orgánica II. Tras valorar procedimientos, costes y toxicidad de reactivos y productos, se han seleccionado varias posibles prácticas.

*Indicadores del Objetivo 1:*

- Tabla resumen de prácticas seleccionadas ([Anexo I](#)).

**Objetivo 2.** Diseñar y planificar una sesión online de formación del alumnado en la búsqueda bibliográfica en Química Orgánica: empleo de bases de datos *Scopus*, *Scifinder*, etc.

Se ha diseñado, junto con los miembros del equipo de trabajo pertenecientes a la Biblioteca de la Facultad de CC. Químicas, una sesión online de búsqueda bibliográfica con el personal de Scifinder, como base de datos más útil en química. Esta sesión se ha complementado con la elaboración de material docente para trabajar individualmente los contenidos de interés para el Laboratorio de QOII.

*Indicadores del Objetivo 2:*

- Material docente creado para llevar a cabo una búsqueda bibliográfica aplicada al Laboratorio de QOII ([Anexo II](#)).

**Objetivo 3.** Diseñar y elaborar el material docente necesario para las prácticas, siguiendo las pautas de la indagación guiada: planteando interrogantes, introduciendo etapas de diseño experimental, trabajo de investigación autónomo e interpretación y discusión de los resultados

Una vez probadas las prácticas seleccionadas, se ha elaborado el nuevo guion, descartando aquellas que no han dado buenos resultados experimentales.

*Indicadores del Objetivo 3:*

- Tabla resumen de los cambios realizados en la programación del Laboratorio de QOII ([Anexo III](#)).
- Guion de prácticas del curso 2022-2023. A modo de ejemplo, se incluye en esta memoria el guion preparado para la Práctica 4 ([Anexo IV](#)), así como la ficha de actividades a rellenar por el alumno ([Anexo](#)

V) y un mapa resumen de las actividades realizadas en relación a esta misma práctica ([Anexo VI](#)).

**Objetivo 4.** Diseñar y elaborar nuevo material docente destinado al profesorado, incorporando sistemas de mentoría destinados al personal docente de nueva incorporación.

En colaboración con el coordinador de las prácticas del Laboratorio de QOII, se ha preparado una reunión para todos los profesores de la asignatura donde se han explicado las novedades introducidas, así como los posibles problemas que puedan surgir. Se ha modificado el guion del profesor de la asignatura, incluyendo toda la información necesaria.

*Indicadores del Objetivo 4:*

- Guion dirigido a los profesores de prácticas (a modo de ejemplo se muestra el guion del profesor para una de las prácticas). Ver [Anexo VII](#)).

**Objetivo 5.** Realizar encuestas para valorar la experiencia desde la perspectiva tanto del alumnado como del profesorado.

*Indicadores del Objetivo 5:*

- Encuestas realizadas a los estudiantes ([Anexo VIII](#)).
- Encuestas realizadas a los profesores ([Anexo IX](#)).
- Resultados de las encuestas de los estudiantes ([Anexo X](#)).
- Resultados comparados de las encuestas de profesores y alumnos ([Anexo XI](#))

### 3. Metodología empleada en el proyecto

La metodología empleada en el proyecto se ha desarrollado en cinco fases, según se detalla a continuación. A lo largo de todo el proyecto se han mantenido reuniones de coordinación entre los miembros del equipo, así como asignación de tareas y discusión y evaluación de los resultados.

**FASE 1.** Análisis de la situación actual de las prácticas del Laboratorio de QOII. Búsqueda bibliográfica de prácticas ajustadas al programa de la asignatura. Responsables: B. Illescas, M.P. Martínez, M.J. Rodríguez, R. Gómez, B. Lora, A. Luna, A.B. Descalzo, H. Vázquez, S. Cembellín.

- Análisis de las prácticas de laboratorio llevadas a cabo actualmente y de las competencias a adquirir por parte de los estudiantes.
- Propuesta de prácticas adaptadas al programa y a la duración del laboratorio.

**FASE 2.** Diseño y experimentación de las prácticas seleccionadas en la Fase 1. Responsables: B. Illescas, M.P. Martínez, B. Lora, S. Cembellín. Implicados: J. Santos, J. Cabrera, J. Patino, S. Serrano, R. Foronda, G. Nieto, D. García, D. Calderón.

- Selección y planificación experimental de las prácticas a implementar.
- Puesta a punto y experimentación de las nuevas prácticas.
- Recopilación de condiciones experimentales y análisis de resultados de las prácticas ensayadas (cromatografía, espectros de RMN, espectros de masas, etc.)

**FASE 3.** Diseño y elaboración de un seminario online de búsqueda bibliográfica en el área de conocimiento de Química Orgánica. Responsables: A.B. Descalzo, M.P. Martínez, H. Vázquez. Implicados: R. López, M.E. García.

- Diseño de una sesión online orientada a la búsqueda bibliográfica.
- Elaboración del material necesario para realizar una búsqueda bibliográfica guiada.

**FASE 4.** Elaboración del cronograma de prácticas, y diseño y creación del material docente siguiendo la metodología propuesta. Responsables: B. Illescas, M.P. Martínez, M.J. Rodríguez, R. Gómez, B. Lora, A. Luna, A.B. Descalzo, H. Vázquez, S. Cembellín.

- Elaboración del cronograma para el desarrollo de las prácticas.
- Diseño y elaboración de actividades y material docente destinado al alumnado de prácticas de Química Orgánica II.
- Propuesta y elaboración del material docente destinado al profesorado de prácticas de Química Orgánica II.

**FASE 5.** Análisis de resultados y elaboración de la Memoria final del proyecto. Responsable: B. Illescas.

- Evaluación de los resultados de las encuestas sobre las nuevas prácticas, análisis de los puntos débiles, y propuesta de elementos de mejora.
- Redacción de la Memoria final del proyecto.

#### **4. Recursos humanos**

##### **Equipo docente:**

**Responsable:** Beatriz M. Illescas Martínez, Catedrática de Universidad.

**Equipo de trabajo:** M<sup>a</sup> Paloma Martínez Ruiz (Catedrática de Universidad); M<sup>a</sup> Josefa Rodríguez Yunta (Profesora Titular de Universidad); Rafael Gómez Aspe (Profesor Titular de Universidad); Beatriz Lora Maroto (Profesora Titular de Universidad); Amparo Luna Costales (Profesora Titular de Universidad); Ana Belén Descalzo López (Profesora Titular de Universidad); Henar Vázquez Rodríguez (Profesora Contratada Doctora); José Santos Barahona (Profesor Contratado Doctor); Sara Cembellín Santos (Profesora Contratada Doctora).

El equipo docente está compuesto por nueve profesores, que constituyen la comisión de prácticas del Departamento de Química Orgánica, con amplia experiencia en la impartición de prácticas de laboratorio de Química Orgánica, así como en la coordinación de las mismas. Se han unido al equipo dos profesores de nueva incorporación al departamento.

**Investigadores Postdoctorales:** Justo E. Cabrera González. Investigador del programa de atracción de talento de la CAM.

**Estudiantes Predoctorales:** Jennifer Patino Alonso, Sergio Serrano Buitrago, Román Foronda Sainz, Gema Nieto Ortiz, Diego García Matesanz.

**PAS:** Ruth López Zazo, Directora de la Biblioteca de Química, y M. Eugenia García Escobar, Jefa de Proceso e Información Bibliográfica

Delia Calderón Saturio, Técnico Superior de Laboratorio.

## 5. Desarrollo de las actividades

Según la metodología indicada anteriormente, el desarrollo del proyecto se ha organizado en varias fases, dentro de las cuales se han llevado a cabo diferentes actividades.

### FASE 1

<i>Actividad 1.1.</i>	Análisis de las prácticas de laboratorio llevadas a cabo actualmente y de las competencias a adquirir por parte de los estudiantes. Búsqueda bibliográfica de las prácticas y evaluación de las mismas.
<i>Actividad 1.2.</i>	Propuesta de prácticas adaptadas al programa y a la duración del laboratorio (ver <a href="#">Anexo I</a> ).

### FASE 2

<i>Actividad 2.1.</i>	Selección y planificación experimental de las prácticas a implementar
<i>Actividad 2.2.</i>	Puesta a punto y experimentación de las nuevas prácticas. Al llevar a cabo la experimentación de las nuevas prácticas, se encontraron problemas en alguna de ellas, por lo que se decidió establecer varios grupos piloto para probarlas con los alumnos. Estos grupos fueron dirigidos por los profesores integrantes de este proyecto.
<i>Actividad 2.3.</i>	Recopilación de condiciones experimentales y análisis de resultados de las prácticas ensayadas (cromatografía, espectros de RMN, espectros de masas, etc.) Los grupos piloto probaron diferentes condiciones para llevar a cabo algunas de las prácticas. La información obtenida tras cada turno ha ido permitiendo mejorar el procedimiento. Finalmente, los mejores resultados se han recogido en el guion de prácticas (ver <a href="#">Anexo IV</a> ).

### FASE 3

<i>Actividad 3.1.</i>	Diseño de una sesión online orientada a la búsqueda bibliográfica. Se llevaron a cabo varias reuniones de los profesores responsables, los participantes en este proyecto por parte de la biblioteca de la Facultad de CC. Químicas, y los representantes de Scifinder, la base de datos a disposición de los alumnos y más ampliamente utilizada en química. Se establecieron las bases de la sesión de búsqueda bibliográfica.
<i>Actividad 3.2.</i>	Elaboración del material necesario para realizar una búsqueda bibliográfica guiada. Con los criterios establecidos, se preparó el material para llevar a cabo una búsqueda bibliográfica guiada (ver <a href="#">Anexo II</a> ). Se programó una sesión de formación online sobre el uso de Scifinder con los miembros de la empresa y un grupo de alumnos. Posteriormente, esta sesión fue reproducida por los profesores de la asignatura Química Orgánica II integrantes de este proyecto.

### FASE 4

<i>Actividad 4.1.</i>	Elaboración del cronograma para el desarrollo de las prácticas. Los cambios introducidos en la programación del laboratorio de Química Orgánica II se encuentran recogidos en el <a href="#">Anexo III</a> .
<i>Actividad 4.2.</i>	Diseño y elaboración de actividades y material docente destinado al alumnado de prácticas de Química Orgánica II. A modo de ejemplo, se muestra el guion elaborado para la Práctica 4 ( <i>Síntesis y</i>

	<i>caracterización de productos de condensación aldólica entre especies desconocidas</i> (ver <a href="#">Anexo IV</a> ), la ficha de actividades a rellenar por el alumno (ver <a href="#">Anexo V</a> ) y un esquema-resumen de las actividades propuestas para la misma práctica (ver <a href="#">Anexo VI</a> ).
<i>Actividad 4.3</i>	Propuesta y elaboración del material docente destinado al profesorado de prácticas de Química Orgánica II. A modo de ejemplo, se muestra el guion del profesor elaborado para la Práctica 4 (ver <a href="#">Anexo VII</a> ).

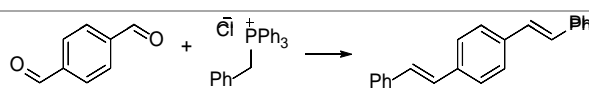
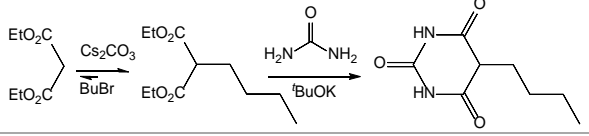
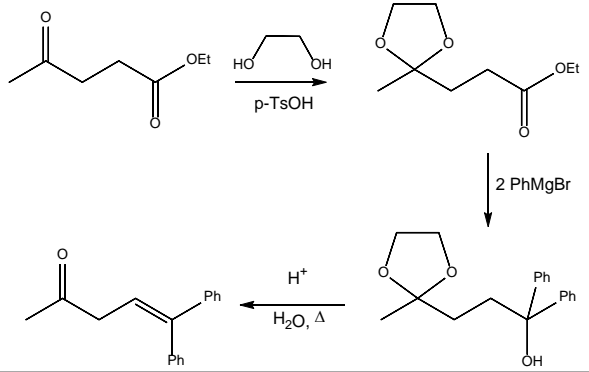
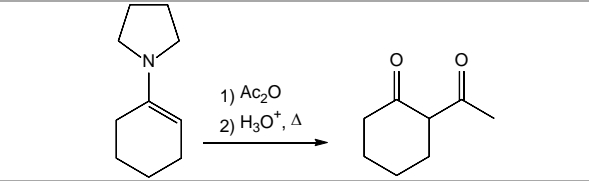
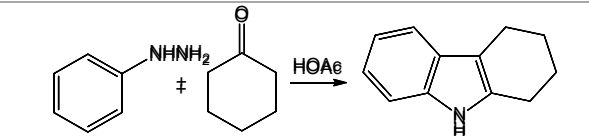
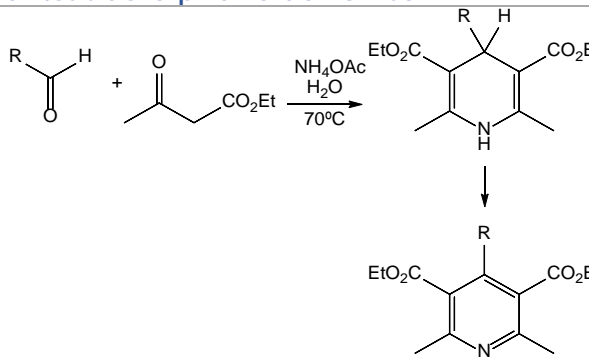
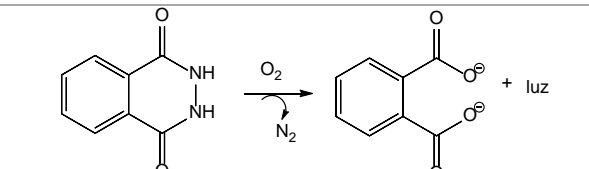
## FASE 5

<i>Actividad 5.1.</i>	Evaluación de los resultados de las encuestas sobre las nuevas prácticas, análisis de los puntos débiles, y propuesta de elementos de mejora (ver <a href="#">Anexos VIII, IX, X, XI</a> ). Se realizaron encuestas a profesores (online) y alumnos (presenciales) para evaluar las nuevas prácticas introducidas, así como los elementos de mejora. En general, el grado de satisfacción con las prácticas de Química Orgánica II es alto, tanto por parte de los alumnos como de los profesores, como se puede observar en los Anexos correspondientes. Cabe destacar que con los cambios introducidos se consigue incrementar la implicación del alumno en el desarrollo de las prácticas. Además, se han introducido mejoras, no sólo en cuanto a la metodología aplicada en el laboratorio, sino también en cuanto a la seguridad de las prácticas realizadas. Por último, se valora también positivamente el desarrollo del guion del profesor, especialmente por aquellos profesores de reciente incorporación al departamento.
<i>Actividad 5.2.</i>	Redacción de la Memoria final del proyecto.

## 6. Anexos

<i>Anexo I</i>	Tabla resumen de prácticas seleccionadas
<i>Anexo II</i>	Material docente creado para llevar a cabo una búsqueda bibliográfica aplicada al Laboratorio de QOII
<i>Anexo III</i>	Tabla resumen de los cambios realizados en la programación del Laboratorio de QOII
<i>Anexo IV</i>	Guion preparado para la Práctica 4
<i>Anexo V</i>	Ficha de actividades para la Práctica 4
<i>Anexo VI</i>	Mapa resumen de actividades de la Práctica 4
<i>Anexo VII</i>	Guion del Profesor para la Práctica 4
<i>Anexo VIII</i>	Encuestas realizadas a los estudiantes
<i>Anexo IX</i>	Encuestas realizadas a los profesores
<i>Anexo X</i>	Resultados de las encuestas de los estudiantes
<i>Anexo XI</i>	Resultados comparados de las encuestas de profesores y alumnos

**Anexo I.** Tabla resumen de prácticas seleccionadas.

Reacción de Wittig	Número Sesiones	Objetivo
	1	Disminuir la toxicidad de los reactivos usados actualmente
<b>Síntesis del ácido 5-n-butilbarbitúrico</b>		
	2	Optimizar las condiciones de reacción en las dos etapas de la síntesis del derivado de barbitúrico
<b>Protección de Grupos Funcionales</b>		
	3	Realizar un procedimiento de síntesis orgánica en varias etapas. Realizar una reacción en atmósfera anhidra. Utilizar una etapa de protección/desprotección de grupos funcionales. Disminuir la toxicidad de los reactivos usados actualmente
<b>Acilación de enamina</b>		
	1	Optimizar las condiciones de la reacción de acilación de una enamina. Realizar una purificación mediante destilación a vacío.
<b>Síntesis del Indol de Fisher</b>		
	1	Introducir una práctica de laboratorio sobre heterociclos. Utilización de la cristalización en mezcla de disolventes como método de purificación
<b>Síntesis de la piridina de Hantzsch</b>		
	2	Realizar la síntesis de un heterociclo mediante un procedimiento de green chemistry. Utilización de la cristalización en mezcla de disolventes como método de purificación
<b>Quimioluminiscencia: luminol</b>		
	1	Ampliar los contenidos de la práctica de quimioluminiscencia

## Anexo II. Material docente creado para llevar a cabo una búsqueda bibliográfica aplicada al Laboratorio de QOII

### Diapositiva 1

**Curso de Introducción a:**

  
  
(Chemical Abstracts Service)

*Ejemplos. Aplicados a búsquedas de dos fármacos:*

- Diazepam (Valium®).
- Fluoxetina (Prozac®).



LABORATORIO DE QUÍMICA ORGÁNICA II UCM

### Diapositiva 2

**Información general: Biblioteca UCM. Biblioguías:**

¿Qué es SciFinder? <https://biblioguias.ucm.es/scifinder/inicio#s-lg-box-15302026>



UNIVERSIDAD  
COMPLUTENSE  
BIBLIOTECA

Biblioguías

🔍 Buscar y encontrar📖 Estudiar e investigar🕒 Bibliotecas y horarios👤 Nosotros🔗 Ayuda

Biblioteca Complutense / Biblioguías UCM / Guías de recursos / SciFinder-n: guía básica / Inicio

### SciFinder-n: guía básica

Herramienta de investigación que permite explorar las bases de datos de CAS que contienen literatura de Química y varias disciplinas relacionadas con ella.

**Inicio**

SciFinder n

¿Qué es?

Contenido

Migración desde SciFinder

¿Cómo registrarse?

¿Cómo acceder?

Búsquedas

Historial de búsqueda

Más información

Contacto

#### SciFinder n

La nueva versión de SciFinder-n está disponible para los usuarios de la Universidad Complutense bajo las siguientes condiciones:

- Si ya es usuario de SciFinder web puede acceder a SciFinder-n con las mismas credenciales. No es necesario realizar un nuevo registro de usuario.
- Cada usuario posee su propio registro individual.
- Se entra siempre a través de la Biblioteca UCM. Además, es necesario disponer de una cuenta de correo acabada en @ucm.es
- Acceso a SciFinder-n [¿?](#)

¿Qué es?



LABORATORIO DE QUÍMICA ORGÁNICA II UCM

### Diapositiva 3

**Tutoriales y vídeos en la web del CAS:**

¿Qué es SciFinder? <https://biblioguias.ucm.es/scifindern/inicio#s-lg-box-15302026>

Videos tutoriales **por tema:**

**Training Topics**

- GETTING STARTED
- REACTION SEARCHING
- PATENT SEARCHING
- SUBSTANCE SEARCHING
- REFERENCE SEARCHING
- BIOSEQUENCE SEARCHING

*SciFinder* es una herramienta **muy potente** para búsquedas de:

- Reacciones de síntesis.
- Compuestos químicos.

LABORATORIO DE QUÍMICA ORGÁNICA II UCM

### Diapositiva 4

**Vamos a ver 2 ejemplos con 2 fármacos**

**Tarea 1. El diazepam.**

Nº de CAS: **439-14-5**

**Tarea 2. La fluoxetina.**

Nº de CAS: **54910-89-3**

(Nº de CAS = Nº del *Chemical Abstract Service*)

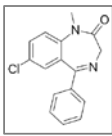
LABORATORIO DE QUÍMICA ORGÁNICA II UCM

## Diapositiva 5

**Tarea 1**

Búsqueda para una benzodiazepina, el diazepam (Valium®).

1) Buscar la sustancia por nº de CAS.


  
Nº CAS: 439-14-5

Searching for...  
All Answer Types

Substances  
Reactions  
References  
Suppliers

439-14-5

Buscar



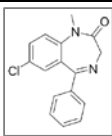
LABORATORIO DE QUÍMICA ORGÁNICA II UCM

## Diapositiva 6

**Tarea 1**

Búsqueda para una benzodiazepina, el diazepam (Valium®).

1) Buscar la sustancia por nº de CAS.

  
Nº CAS: 439-14-5

Searching for...  
All Answer Types

Substances  
Reactions  
References  
Suppliers

439-14-5


Buscar

**Resultado:** All Search Type Results for "439-14-5"  
Top two answers by relevance from each answer type.

Substances (1)

1

439-14-5




C12H13ClN2O  
Diazepam

32K References   394 Reactions   46 Suppliers

View All Substances   **394 reacciones**

> 32.000 refer. bibliográficas      46 proveedores comerciales



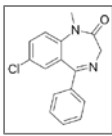
LABORATORIO DE QUÍMICA ORGÁNICA II UCM

Diapositiva 7

**Tarea 1**

Búsqueda para una benzodiazepina, el diazepam (Valium®).

1) Buscar la sustancia por nº de CAS.



Nº CAS: 439-14-5

Searching for... All Answer Types

Search by Keyword, Substance Name, CAS RN, Patent Number, PubMed ID, AN, CAN, and/or DOI. Learn More

439-14-5 [X] [Draw] [Q]

**Buscar**

**Resultado:** All Search Type Results for "439-14-5"  
Top two answers by relevance from each answer type.

Substances (1)

439-14-5

Click: "View all substances"

32.000 refer. bibliográficas

394 reacciones

46 proveedores comerciales

View All Substances

Key Physical Properties

Property	Value	Condition
Molecular Weight	284.74	-
Melting Point (Experimental)	132 °C	-
Boiling Point (Predicted)	497.4±45.0 °C	Press: 760 Torr
Density (Predicted)	1.26±0.1 g/cm <sup>3</sup>	Temp: 20 °C Press: 760 Torr
pKa (Predicted)	3.88±0.10	Most Basic Temp: 25 °C

Experimental Properties | Spectra

UCM

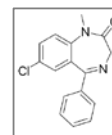
LABORATORIO DE QUÍMICA ORGÁNICA II

Diapositiva 8

**Tarea 1**

2) De esos datos: anotar el peso molecular, puntos de fusión y ebullición, densidad y pKa. *Nota:* algunos valores aparecen como "predicted": no son experimentales (reales), sino estimados teóricamente.

3) Además de datos físico-químicos, proporciona datos **espectrales**:



Key Physical Properties	Value	Condition
Molecular Weight	284.74	-
Melting Point (Experimental)	132 °C	-
Boiling Point (Predicted)	497.4±45.0 °C	Press: 760 Torr
Density (Predicted)	1.26±0.1 g/cm <sup>3</sup>	Temp: 20 °C Press: 760 Torr
pKa (Predicted)	3.88±0.10	Most Basic Temp: 25 °C

Experimental Spectra

**<sup>1</sup>H-NMR, <sup>13</sup>C-NMR, IR, Mass, UV-Vis...**

Click en "Spectra"

Experimental Properties | Spectra

View Proton NMR Spectrum (1) BICRAD

View Proton NMR Spectrum (2) ACD

Proton NMR Spectrum - 3 Sources (3) CAS, IC

Sources

(1) Copyright Ekin Rad Laboratories. All Rights Reserved

(2) Sultali, Temozon A.; Magnets, Resonance in Chemistry (1985) 27(2), 265-5, Caplus

(3) Lacton, Line S.; Journal of Combinatorial Chemistry, (2007) 20(4), 1094-1103, Caplus

(4) Triati, M. C.; Bollettino Chimico Farmaceutico, (1962) 12(12), 83-A, Caplus

(5) Kowalska, Temozon; Chemical & Pharmaceutical Bulletin, (1965) 13(12), 2503-13, Caplus

(6) Riccardi, Angelo; Chemistry & Industry (London, United Kingdom), (1968)(1), 495-A, Caplus

(7) Brunser, Mikkel; D03831533, 41, 198A, Caplus

Predicted Properties

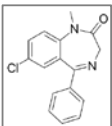
Predicted Spectra

UCM

LABORATORIO DE QUÍMICA ORGÁNICA II

Diapositiva 9

**Tarea 1**



2) De esos datos: anotar el peso molecular, puntos de fusión y ebullición, densidad y pKa. *Nota:* algunos valores aparecen como "predicted": no son experimentales (reales), sino estimados teóricamente.

3) Además de datos físico-químicos, proporciona datos **espectrales**:

Key Physical Properties	Value	Condition
Molecular Weight	284.74	-
Melting Point (Experimental)	132 °C	-
Boiling Point (Predicted)	497.4±5.0 °C	Pre
Density (Predicted)	1.26±0.1 g/cm <sup>3</sup>	Tem
pKa (Predicted)	3.46±0.10	Mos

**Experimental Spectra**

**<sup>1</sup>H-NMR, <sup>13</sup>C-NMR, IR, Mass, UV-Vis...**

P. ej.: si vamos a "View Proton NMR Spectrum" sale lo siguiente:

View Proton NMR Spectrum (1) BORD

View Proton NMR Spectrum (2) ACD

Proton NMR Spectrum - 3 Sources (3) CAS, IC

Sources

(1) Copyright Bio-Rad Laboratories. All Rights Reserved.

(2) S. J. L. Terence A. Maguire, *Magnetics Resonance in Chemistry* (1995), 2(4), 265-5, Caplus.

(3) Lactobion, Line S.; *Journal of Combinatorial Chemistry*, (2007), 9(6), 1094-1103, Caplus.

(4) Thrall, M. C.; *Bulletin of Chemical Pharmacology*, (1962), 12(12), 834, Caplus.

(5) Kuwayama, Tomonari; *Chemical & Pharmaceutical Bulletin* (1965), 33(12), 5563-10, Caplus.

(6) Pecunoso, Angelo; *Chemistry & Industry (London, United Kingdom)* (1969)(1), 435-6, Caplus.

(7) Brunson, Michel; *DE3831531*, A1, 1989, Caplus.

**Predicted Properties**

**Predicted Spectra**

**LABORATORIO DE QUÍMICA ORGÁNICA II** **UCM**

Diapositiva 10

**Tarea 1**

**<sup>1</sup>H-NMR en CDCl<sub>3</sub>:**

CAS SciFinder® Substances Enter a query...

439-14-5

C10H13ClN2O

CAS Name: Diazepam

Conditions

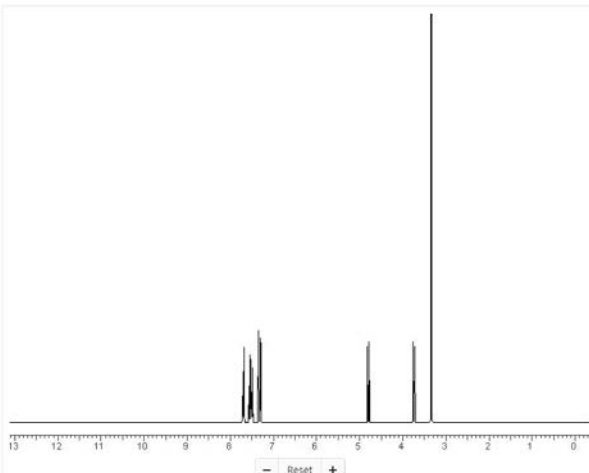
Solvent: Chloroform-d (855-89-6)

Spectrum Summary

Spectrum ID: MRC23\_88.h

Peak Data: 7.7 (2H), 7.55 (2H), 7.5 (2H), 7.33, 7.3, 4.8, 3.74, 3.34 (3H) ppm

Source: Spectral data were obtained from Advanced Chemistry Development, Inc.

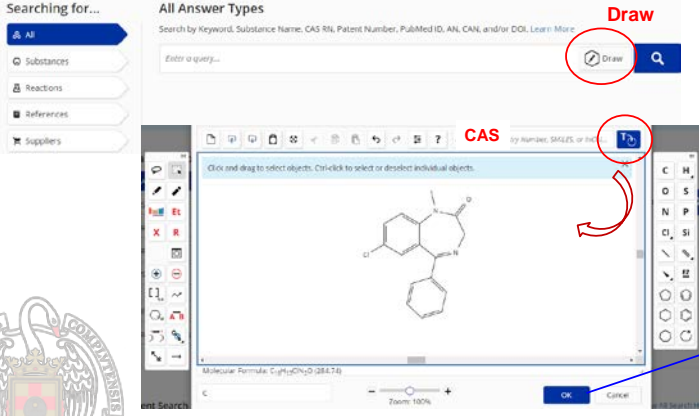


**LABORATORIO DE QUÍMICA ORGÁNICA II** **UCM**

## Diapositiva 11

**Tarea 1**

4) Arriba a la izquierda: "Return to home" y dibujar la estructura química del diazepam a mano (**Draw**). **Nota:** observar que si se dispone del nº de CAS no es necesario dibujarla a mano: **se puede generar la estructura química a partir del CAS:**



Hacer la búsqueda por estructura química dando **OK**.

LABORATORIO DE QUÍMICA ORGÁNICA II UCM

## Diapositiva 12

**Tarea 1**

**Resultado:**

Return to Home



Show only

- Substances (124)
- Reactions (231)**
- References (32,626)
- Suppliers (90)

Mostrar las reacciones

All Search Type Results for drawn structure

Top two answers by relevance from each answer type.

1	2
439-14-5	65854-76-4
	
<chem>C15H11ClN2O</chem> Diazepam	<chem>C16H13ClD3N2O</chem> 7-Chloro-1,3-dihydro-1-methyl-5-(phenyl-2,3,4,5,6-dj-2H-1,4-benzodiazepin-2-one
32K References   394 Reactions   46 Suppliers	26 References   20 Reactions   20 Suppliers

LABORATORIO DE QUÍMICA ORGÁNICA II UCM

## Diapositiva 13

**Resultado:**

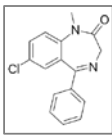
Return to Home

Show only

- Substances (124)
- Reactions (231)
- References (32,826)
- Suppliers (90)

Mostrar las reacciones



**Tarea 1**



**All Search Type Results for drawn structure**

Top two answers by relevance from each answer type.

Substances (124)

1	2
439-14-5	65854-76-4
	
C <sub>16</sub> H <sub>11</sub> ClN <sub>2</sub> O Diazepam	C <sub>16</sub> H <sub>9</sub> ClD <sub>5</sub> N <sub>2</sub> O 7-Chloro-1,3-dihydro-1-methyl-5-(phenyl-2,3,4,5,6-d <sub>5</sub> )-2H-1,4-benzodiazepin-2-one
32K References	26 References
394 Reactions	20 Reactions
46 Suppliers	20 Suppliers

“As Drawn”: aparecen **231** reacciones. Son muchas, **refinamos** la búsqueda (**Filter by**):

**Filtros:**

- Sustancia como reactivo o producto.
- Rendimiento de reacción.
- Nº de pasos de síntesis.
- ... etc.

**Reactions search for drawn structure**

References -

Structure Match

**As Drawn (231)**

Substructure (1267)

Filter Behavior

**Filter by** Exclude

LABORATORIO DE QUÍMICA ORGÁNICA II


UCM

## Diapositiva 14

**Filtros:**

- 1) Filtramos por “*Substance Role*”, como “**Product**” (nos interesa que el diazepam aparezca como producto de reacción, no como reactivo).
- 2) Filtramos por “*Document type*”, seleccionamos “**Journal**” (descartamos así patentes y comunicaciones a congresos).
- 3) Filtramos por “*Language*” → “**English**”.
- 4) Si queremos que los precursores de la reacción sean comerciales (normalmente interesa), podemos filtrar por ... “*Commercial Availability*” → “**All starting materials**”.
- 5) Filtramos por año de publicación: **2017**.

**Tarea 1**



LABORATORIO DE QUÍMICA ORGÁNICA II

UCM

## Diapositiva 15

**Filtros:****Tarea 1**


- 1) Filtramos por "*Substance Role*", como "**Product**" (nos interesa que el diazepam aparezca como producto de reacción, no como reactivo).
- 2) Filtramos por "*Document type*", seleccionamos "**Journal**" (descartamos así patentes y comunicaciones a congresos).
- 3) Filtramos por "*Language*" → "**English**".
- 4) Si queremos que los precursores de la reacción sean comerciales (normalmente interesa), podemos filtrar por ... "*Commercial Availability*" → "*All starting materials*".
- 5) Filtramos por año de publicación: **2017**.
  
- 6) Filtramos por "*Reagent*" → "*Pyridine*".

Ya sólo debe aparecer **una única** publicación:

Denitrogenative Suzuki and carbonylative Suzuki coupling reactions of benzotriazoles with boronic acids

By: Wang, Yuanhao; et al  
Chemical Science (2017), 8(5), 3852-3857

Full Text ▾



LABORATORIO DE QUÍMICA ORGÁNICA II UCM

## Diapositiva 16

**Filtros:****Tarea 1**

- 1) Filtramos por "*Substance Role*", como "**Product**" (nos interesa que el diazepam aparezca como producto de reacción, no como reactivo).
- 2) Filtramos por "*Document type*", seleccionamos "**Journal**" (descartamos así patentes y comunicaciones a congresos).
- 3) Filtramos por "*Language*" → "**English**".
- 4) Si queremos que los precursores de la reacción sean comerciales (normalmente interesa), podemos filtrar por ... "*Commercial Availability*" → "*All starting materials*".
- 5) Filtramos por año de publicación: **2017**.
  
- 6) Filtramos por "*Reagent*" → "*Pyridine*".

Ya sólo debe aparecer **una única** publicación:

Denitrogenative Suzuki and carbonylative Suzuki coupling reactions of benzotriazoles with boronic acids

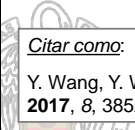
By: Wang, Yuanhao; et al  
Chemical Science (2017), 8(5), 3852-3857

Full Text ▾

Citar como:

Y. Wang, Y. Wu, Y. Li, Y. Tang, *Chem. Sci.* **2017**, 8, 3852-3857.

Desplegable: podemos **acceder al artículo**, p. ej. por **DOI** (*Digital Object Identifier*).



LABORATORIO DE QUÍMICA ORGÁNICA II UCM

## Diapositiva 17

**Casas Comerciales. Proveedores****Tarea 1**

Hemos hecho una búsqueda en la que **los reactivos de partida están disponibles comercialmente**. ¿Qué información proporciona SciFinder? En la última pantalla:

Scheme 1 (1 Reaction) Steps: 1 Yield: 48%

CC(=O)N  
• HCl  
[Suppliers \(100\)](#)

+

O=C1C=CC=C(C=C1)N  
[Suppliers \(83\)](#)

→

O=C1C=CC=C(C=C1)N  
[Suppliers \(46\)](#)

Reaction Summary Steps: 1 Yield: 48% [Denitrogenative Suzuki and carbonylative Suzuki coupling reactions of benzotriazoles with boronic acids](#)

1.1 Reagents: [Pyridine](#); 110 °C

By: Wang, Yuanhao; et al  
Chemical Science (2017), 8(5), 3852-3857

[View Reaction Detail](#) [Full Text](#)

Al entrar aquí: aparece un listado de casas comerciales en las que está disponible (en 83). Se pueden filtrar por preferencias. P. ej.: por "Country / Region". Por motivos prácticos (impuestos, moneda...), conviene que sean países de la EU. Seleccionamos p. ej. **Bélgica** (en España no está disponible):

LABORATORIO DE QUÍMICA ORGÁNICA IIUCM

## Diapositiva 18

**Casas Comerciales. Proveedores****Tarea 1**

**Resultado:** Link a la web del proveedor.  
Cantidad disponible y precio.

Suppliers search for "1022-13-5"

Filtering: Country/Region: Belgium x Clear All Filters

Filter Behavior: Filter by Exclude

1 Result

Supplier	Substance	Purity	Purchasing Details	Availability
TCI Europe Research Chemicals (1) Belgium Last Updated: 12 Apr 2022	1022-13-5 5-Chloro-2-(methylamino) benzophenone	95-98%	<a href="#">Order From Supplier</a> 25 g, EUR 43	Maintained in stock Ships within 1 week

Disponible en TCI.

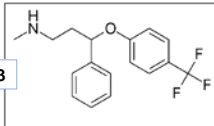
LABORATORIO DE QUÍMICA ORGÁNICA IIUCM

## Diapositiva 19

Realizar una búsqueda similar para la **fluoxetina (Prozac®)**.

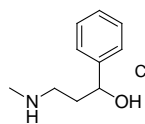
**Tarea 2**

Nº CAS: 54910-89-3



- 1) Buscar por nº CAS, por nombre o bien, dibujar la estructura.
- 2) Ver datos físico-químicos y espectrales.
- 3) Buscar por "Reactions".
- 4) Filtrar por "Substance Role" como "Product" (nos interesa que la fluoxetina aparezca como producto de reacción).
- 5) Filtramos por "Document type" → "Journal".
- 6) Filtramos por "Language" → "English".
- 7) Filtrar por "Commercial Availability" → "All starting materials".
- 8) En lugar de por año de publicación, esta vez, filtrar definiendo uno de los reactivos de partida: "Search within Results" → "Draw".

! compuesto sea dibujamos:



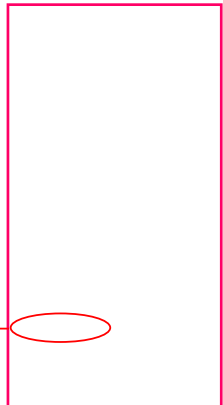
CAS: 42142-52-9

LABORATORIO DE QUÍMICA ORGÁNICA II UCM

## Diapositiva 20

**Tarea 2**

8) "Search within Results" → "Draw"



Seleccionamos "As Drawn" y "Search".

9) Finalmente: filtrar por: "Publication Year" → 2011.

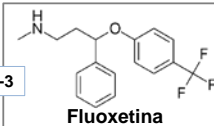
➡ Debe salir entonces ya **una única referencia**.

LABORATORIO DE QUÍMICA ORGÁNICA II UCM

## Diapositiva 21

**Tarea 2**

Nº CAS: 54910-89-3



**Fluoxetina**

- I. Descargar el artículo que se ha obtenido finalmente y ***citar en formato***:  
"N1. Apellido1, N2. Apellido2..., *Revista*, año, vol., pág. inic. – final".
- II. Dibujar el **esquema de reacción** con las condiciones experimentales (*T*, *t*, rendimiento...) para la síntesis de la fluoxetina (únicamente el *último paso*) según el artículo obtenido.
- III. Proporcionar datos físico-químicos de la fluoxetina (PM, P<sub>F</sub>...).
- IV. Proporcionar **datos espectrales** de <sup>1</sup>H-NMR, IR y Mass.
- V. Seleccionar 1 **casa comercial** para el reactivo de partida dibujado (CAS: 42142-52-9, 3-(methylamino)-1-phenyl-1-propanol). Indicar el **precio para 25 g**.

LABORATORIO DE QUÍMICA ORGÁNICA IIUCM

## Diapositiva 22

### Búsqueda Bibliográfica Práctica 4

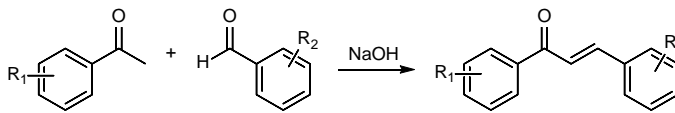
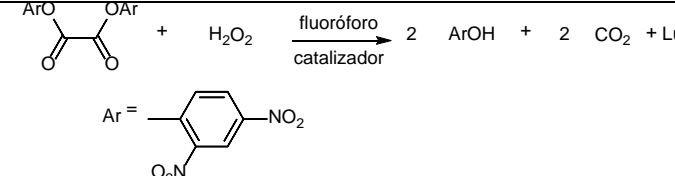
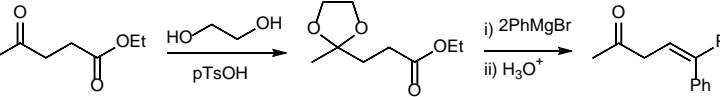
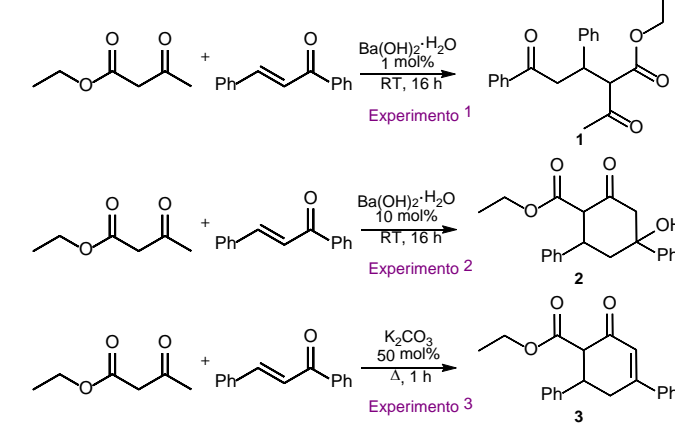
Realizar una búsqueda bibliográfica en SciFinder-n del producto obtenido en la reacción de condensación aldólica y proporcionar los siguientes datos:

- a) Nº de CAS, peso molecular y punto de fusión (indicar si es experimental o teórico) del producto esperado.
- b) Número de referencias iniciales obtenidas.
- c) Una referencia bibliográfica (si existe) que describa los datos de <sup>1</sup>H-RMN del producto.  
Citar en formato: "Autor1, Autor2, ... AutorN, revista, año, volumen, pág. inicial-final".
- d) Refinar la búsqueda por reacciones, y filtrar por "Substance role – Product". Filtrar además por tipo de documento "Journal" y por idioma "English" e indicar el número de citas totales obtenidas.
- e) Buscar la cita más reciente y dibujar el esquema sintético que conduce al producto (únicamente el esquema, no el procedimiento; si hay varios pasos de síntesis, dibujar sólo el último). Indicar las condiciones de reacción (*T*, *t*, disolvente, uso de ácido/base/catalizador, etc...) y el rendimiento de la síntesis. Dar el nombre de la cita en el formato indicado en c).

LABORATORIO DE QUÍMICA ORGÁNICA II1 UCM

**Anexo III.** Tabla resumen de los cambios realizados en la programación del Laboratorio de QOII

QOII	Ses.	Modificaciones	Ses.	Prácticas Nuevas	Esquema
<p><b>Práctica 1:</b> Síntesis malónica: síntesis del ácido 5-n-butilbarbitúrico.</p>	2	<p>Modificación condiciones:</p> <p>1ª etapa: Cs<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></p> <p>2ª etapa: <sup>t</sup>BuOK</p>	1	<p><b>Práctica 1 (Nueva):</b></p> <p>Acilación de compuestos carbonílicos vía enamina</p>	
<p><b>Práctica 2:</b> Reacciones de Wittig y Knoevenagel: aplicación a la obtención de polímeros y oligómeros π-conjugados con propiedades fotoluminiscentes.</p>	2	<p>Se ha modificado el guion, simplificado el número de compuestos preparados y optimizado los procedimientos de purificación.</p>	2		
<p><b>Práctica 3:</b> El acoplamiento de Suzuki. Una aplicación de "green chemistry".</p>	1		1	<p><b>Práctica 3 (Nueva):</b></p> <p>Síntesis de Indoles de Fisher: Obtención de tetrahidrocarbazol</p>	

<p><b>Práctica 4 (Nueva, 2021-2022):</b> Síntesis y caracterización de productos de condensación aldólica entre especies desconocidas</p>	1	Modificación de reactivos de partida	1+1	<p><b>(Nueva)</b> Sesión de búsqueda bibliográfica en aula y diseño del material de trabajo</p>	
<p><b>Práctica 5:</b> Química y luz: síntesis de fluoresceína. Quimioluminiscencia.</p>	1	Se combina con la práctica 6	0,5		
<p><b>Práctica 6:</b> reacción de Diels-Alder regioselectiva. Síntesis de <math>\alpha</math>-terpineol.</p>	4		4	<p><b>Práctica 6 (Nueva):</b> Protección de grupos funcionales</p>	
<p><b>Práctica 7 (Nueva, 2021-2022):</b> Anelación de Robinson</p>			2		

## PRÁCTICA 4: Química de Enolatos III

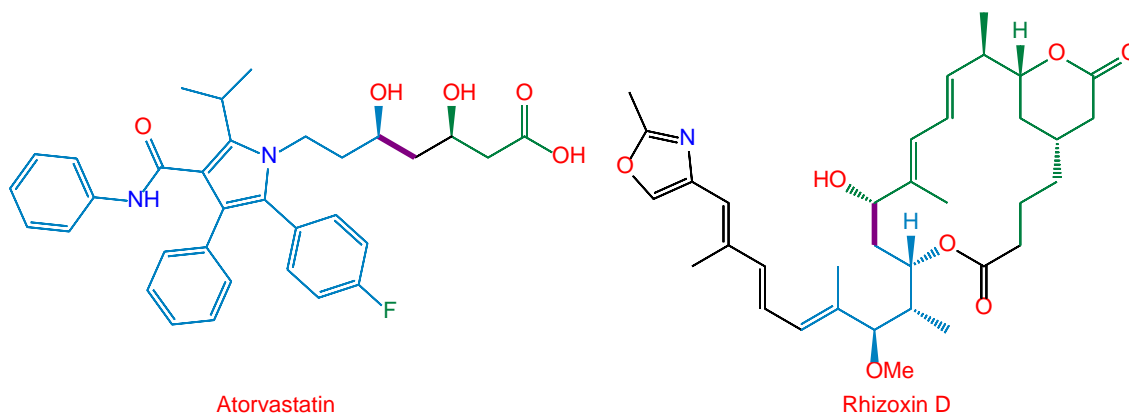
### Síntesis y caracterización de productos de condensación aldólica entre especies desconocidas

(1 Sesión)

#### 1. INTRODUCCIÓN Y FUNDAMENTO

##### 1.1. Reacción de condensación aldólica

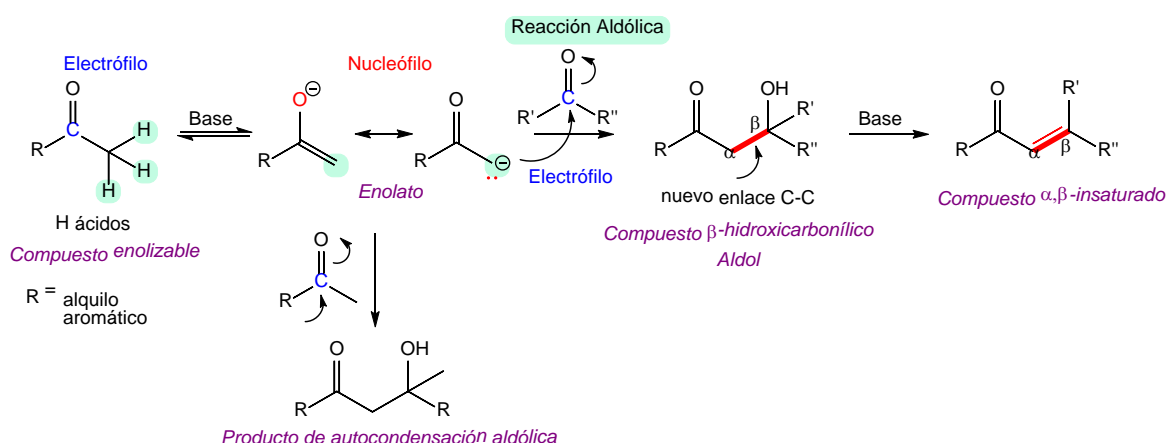
La reacción de condensación aldólica es una de las reacciones más importantes de formación de enlaces C-C y ha sido muy empleada en la síntesis de productos naturales y sintéticos de estructuras complejas y con alto grado de estereocontrol, muchos de ellos con aplicaciones farmacéuticas (Figura 1). Por ejemplo, para sintetizar el fármaco anticolésterol Lipitor (atorvastatina), aprobado en 1996, la empresa Pfizer empleaba dos reacciones aldólicas, permitiendo la producción de cantidades del fármaco en la escala de los multigramos. Para la síntesis del anticancerígeno Rhizoxin D, se recurrió a una reacción aldólica asimétrica para acoplar los dos fragmentos principales.



**Figura 1.** Estructura de dos medicamentos en cuya síntesis se emplean reacciones de condensación aldólica (los enlaces C-C formados se muestran con un color diferente).

La reacción aldólica supone la adición del enol/enolato de un compuesto carbonílico (nucleófilo) a un aldehído o cetona (electrófilo). El producto inicial de la reacción es un compuesto  $\beta$ -hidroxicarbonílico (aldol) que, bajo ciertas condiciones, puede deshidratarse para generar el correspondiente compuesto carbonílico  $\alpha,\beta$ -insaturado.

Los compuestos carbonílicos pueden enolizar en medio ácido o básico (Figura 2). Los protones en alfa del carbono carbonílico son ligeramente ácidos ( $pK_a \sim 25$ ) y cuando se tratan con bases fuertes dan lugar a carbaniones, cuya carga negativa estará principalmente en el oxígeno y que reciben el nombre de enolatos. Cuando se emplea una base como NaOH ( $pK_a \sim 15$ , compárese con el  $pK_a$  de los protones en alfa del carbono carbonílico), sólo se forma una pequeña porción de enolato; sin embargo, en presencia de reactivos electrófilos puede reaccionar, desplazándose el equilibrio hacia la formación de más enolato. Por tanto, aunque la base (NaOH) no sea lo suficientemente fuerte para formar los enolatos cuantitativamente, la reacción con una especie electrófila es aún posible.

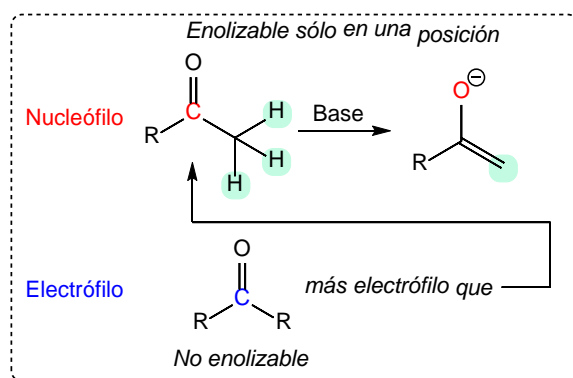


**Figura 2.** Formación de un nuevo enlace C-C: la enolización del compuesto carbonílico en medio básico da lugar a especies nucleófilas que pueden conducir al producto de condensación aldólica.

Cuando la reacción aldólica se produce entre un enolato y un compuesto carbonílico de la misma especie, se denomina *autocondensación*. Por el contrario, cuando la reacción tiene lugar entre enolatos y carbonilos de especies diferentes, recibe el nombre de *condensación aldólica cruzada*. Esta última tiene mucha más utilidad sintética, siempre y cuando pueda evitarse la formación de mezclas de hasta 4 productos distintos.

## 1.2. Reacción de condensación aldólica cruzada

En una reacción de condensación aldólica cruzada se emplean dos compuestos carbonílicos distintos, uno actuando como **nucleófilo** (en su forma de enol o enolato), y el otro como **electrófilo**.



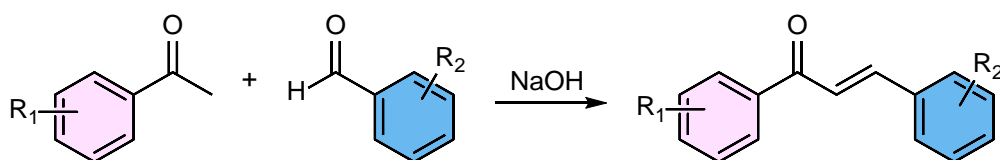
**Figura 3.** Requisitos para el reactivo nucleófilo y el electrófilo para poder realizar una reacción de condensación aldólica cruzada.

Para poder llevar a cabo una condensación aldólica cruzada con éxito, deben cumplirse los siguientes requisitos:

- Sólo uno de los reactivos debe ser enolizable (el que actuará como nucleófilo), y debe generar sólo un enolato. Cuando el nucleófilo es una cetona, se eligen cetonas simétricas, en las que sólo es posible formular un enolato, o aquellas en las que sólo uno de los lados es enolizable (acetofenona, por ejemplo).
- El reactivo electrófilo debe ser no enolizable y más electrófilo que el primero. Por regla general, los aldehídos son más electrófilos que las cetonas.

## 2. OBJETIVO

En este experimento se llevará a cabo la reacción de condensación aldólica cruzada entre un aldehído **A** y una cetona **B** de estructuras desconocidas. Antes de la sesión experimental de laboratorio se realizará un trabajo previo de elucidación estructural de los reactivos mediante técnicas espectroscópicas, búsqueda bibliográfica, formulación del mecanismo y propuesta del producto principal y productos secundarios de la reacción.



## 3. TRABAJO PREVIO:

**3.1. Elucidación estructural de los reactivos de partida y propuesta de los posibles productos de reacción. Búsqueda bibliográfica sobre la reacción.**

El trabajo se realizará siguiendo los pasos detallados en la Ficha de Trabajo (Anexo 3), y las instrucciones del profesor. Una vez completada y corregida, la ficha se incorporará a la Memoria de Laboratorio como introducción a la Práctica 4.

### 3.2. Completar el cuadro de reactivos y disolventes.

- Calcular las cantidades de reactivos necesarias.
- Completar en el cuaderno el cuadro de reactivos para cada reacción (Anexo 1) incluyendo las frases y recomendaciones de seguridad correspondientes.

## 4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

### 4.1. Aparatos y material

Matraz redondo de 25 mL boca B-14	Tubos de ensayo (pruebas de recristalización)
Pieza de agitación	Embudo cónico
Pipeta de 1 mL (M.G.)	Magnetoagitador (M.U.)
Pipeta de 5 mL	Cubeta de cromatografía en capa fina (CCF)
Probeta de 25 mL	Capilares para CCF
Büchner	Cromatofolios
Papel de filtro	Capilares de punto de fusión
Kitasato	Tubos de RMN (caracterización)
Erlenmeyers 50 o 100 mL	

### 4.2. Reactivos y disolventes

Aldehído A	Hexano
Cetona B	Acetato de etilo
Etanol 96%	Metanol
Disolución acuosa NaOH 50%	Cloroformo deuterado

### 4.3. Procedimiento Experimental

NOTA: Antes de iniciar la reacción, hay que consultar con el profesor las condiciones idóneas para la realización de los análisis por cromatografía en capa fina (CCF) y la recristalización de los productos.

*Síntesis:* En un matraz de fondo redondo de 25 mL se agregan 500 mg del aldehído **A**, la cantidad estequiométrica necesaria de la cetona **B**, y 5 mL de etanol al 96 %. Después de conectar la agitación,<sup>1</sup> se añaden 0,5 mL de una disolución acuosa de NaOH al 50% y la mezcla se deja agitando vigorosamente a temperatura ambiente. Transcurridos 10 min desde la aparición de un precipitado estable, se detiene la reacción y se analiza mediante CCF una muestra del bruto de reacción disuelto en etanol.<sup>2</sup>

*Separación y Aislamiento:* Una vez completada la reacción, se añaden unos 5 mL de agua fría (0 °C, mezcla agua/hielo) y se deja agitando durante 5 min. La suspensión o sólido obtenido se filtra en un embudo Büchner y se lava con aproximadamente 20 mL de agua fría (0 °C).<sup>3</sup>

*Purificación:* Una vez recristalizado todo el sólido en el disolvente o mezcla de disolventes elegido (5-10 mL aprox.; puede ensayarse AcOEt, EtOH o MeOH), el sólido recogido en el embudo Büchner se lava con la mínima cantidad fría del disolvente elegido (en el caso de mezclas, en el disolvente en el que no es soluble), se seca y se pesa para calcular el rendimiento.

*Caracterización física:* Determinar el punto de fusión y el  $R_F$  del producto obtenido, y compararlos con los datos recogidos en la bibliografía.

**Caracterización espectroscópica:** Siguiendo el mismo formato de recogida de datos que el empleado para la elucidación de la estructura de los reactivos **A** y **B** (ver Ficha de trabajo del Anexo 3), determine la estructura del producto puro obtenido en la reacción aldólica mediante las técnicas de MS, IR (KBr) y RMN (<sup>1</sup>H-RMN, <sup>13</sup>C-RMN y DEPT-135 en disolución de CDCl<sub>3</sub>), para determinar la estructura del producto obtenido y su pureza (analizar para ello las señales sobrantes en los espectros de RMN).

---

<sup>1</sup> Algunas reacciones requieren que se agreguen 2-5 mL adicionales de etanol tras agregar la base, ya que se forma un producto sólido en cantidad suficiente para entorpecer la agitación.

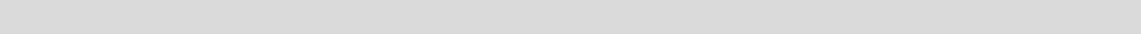
<sup>2</sup> Si la mezcla de reacción presenta sólido, se puede disolver añadiendo 1 mL de DCM a la muestra.

<sup>3</sup> Algunos sólidos obtenidos son viscosos y quedan pegados al agitador magnético, pero se filtra todo igualmente, se recupera el sólido con el agitador y se continúa siguiendo el procedimiento general.

## 5. CUESTIONES

1. ¿Cuál sería el mecanismo del proceso de condensación aldólica en medio ácido?
2. Dibuje la estructura de al menos dos compuestos carbonílicos que sólo puedan dar lugar a la formación de un enolato. Dibuje al menos dos compuestos carbonílicos no enolizables y más electrófilos que los anteriores.
3. ¿Qué valores de  $R_f$  son adecuados para poder seguir adecuadamente la reacción? ¿El producto de reacción será más o menos polar que los reactivos?
4. Explique qué conclusiones pueden obtenerse del análisis de la mezcla de reacción mediante CCF.
5. Indique el procedimiento seguido para elegir el disolvente de recristalización y justifique su elección.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- (1) Clayden, J.; Greeves, N.; Warren, S. *Organic Chemistry*, 2<sup>nd</sup> Ed., Oxford University Press, 2012 (ISBN 978-0199270293).
  - (2) Ruiz, K. A.; López, M.; Suppan, G.; Makowski, K. *J. Chem. Educ.* **2020**, *97*, 3806 – 3809.
  - (3) Angelo, N. G.; Henchey, L. K.; Waxman, A. J.; James W. Canary, J. W.; Arora, P. S. *J. Chem. Educ.* **2007**, *84*, 1816 – 1818.
- 

## Anexo V. Ficha de Actividades Práctica 4.

### (Síntesis y caracterización de productos de condensación aldólica entre especies desconocidas)

*Instrucciones para la cumplimentación de la ficha de trabajo:* Leer detenidamente las instrucciones de cada apartado de la ficha. Hay que rellenar la ficha de trabajo **a mano** (no se admitirán formatos electrónicos) empleando los cuadros, espacios o tablas incluidos en la misma. En los casos en los que el espacio destinado a cada apartado sea insuficiente, pueden añadirse más hojas o modificar los cuadros y tablas antes de imprimirla.

#### 1. Elucidación Estructural de los reactivos de partida:

Apoyándose en los puntos clave recogidos en la siguiente tabla, analice los espectros proporcionados por el profesor y determine la estructura de los reactivos **A** y **B**. Si necesita más columnas, puede añadirlas.

**Tabla. Guía para la elucidación estructural de los reactivos y productos de reacción**

Análisis de espectros	Puntos clave	Objetivo
Análisis de los <b>reactivos</b> mediante GC-MS	Determinación de la masa molecular de los reactivos. Análisis de los picos más relevantes	Cálculo del NEDE. Identificación de fragmentos de la estructura
Análisis de los <b>reactivos</b> mediante IR	Presencia o ausencia de grupos funcionales adicionales	Identificación de otros grupos funcionales en los reactivos
Análisis de los <b>reactivos</b> mediante <sup>1</sup> H RMN	Presencia del singlete característico de aldehídos a $\delta \sim 9$ ppm.	Identificación del tipo de compuesto carbonílico de partida
	Presencia y análisis de señales en las zonas aromática y alifática	Identificación del tipo de esqueleto y estructura de los reactivos
Análisis del <b>producto</b> mediante IR	Presencia de banda de alcohol o de olefina	Confirmación de formación del aldol o el compuesto $\alpha,\beta$ -insaturado
Análisis del <b>producto</b> mediante <sup>1</sup> H RMN	Identificar las señales que vienen de los reactivos y señales que son nuevas del producto	Identificación del sitio de reacción en la cetona de partida
	Observación del patrón de acoplamiento de la zona olefínica	Confirmación de formación del compuesto $\alpha,\beta$ -insaturado. Determinación de la estereoquímica del doble enlace

### 1.1. Elucidación de la estructura del Reactivo A:

#### 1.1.1. Datos espectroscópicos del Reactivo A

IR:

Señal	Frecuencia (cm <sup>-1</sup> )	Asignación

MS:

Señal	m/z	%	Asignación

<sup>1</sup>H RMN:

Señal	δ (ppm)	Integral	Multiplicidad	J (Hz)	Fragmento estructural
a					
b					
c					
...					

<sup>13</sup>C RMN:

Señal	δ (ppm)	Asignación	Señal	δ (ppm)	Asignación
1					
2					
3					
...					

1.1.2. Estructura propuesta para el Reactivo A:

1.2. Elucidación de la estructura del Reactivo B:

1.2.1. Datos espectroscópicos del Reactivo B:

IR:

Seña l	Frecuencia (cm <sup>-1</sup> )	Asignación

MS:

Señal	<i>m/z</i>	%	Asignación

<sup>1</sup>H RMN:

Señal	$\delta$ (ppm)	Integral	Multiplicidad	<i>J</i> (Hz)	Fragmento estructural
<b>a</b>					
<b>b</b>					
<b>c</b>					
...					

<sup>13</sup>C RMN:

Señal	$\delta$ (ppm)	Asignación	Señal	$\delta$ (ppm)	Asignación
<b>1</b>					
<b>2</b>					
<b>3</b>					
...					

1.2.2. Estructura propuesta para el Reactivo **B**:

--

**1.3. Determinación de las especies nucleófila y electrófila**

Una vez elucidada la estructura de los reactivos de partida, indique:

<i>Estructura especie nucleófila</i>	<i>Estructura especie electrófila</i>

**1.4. Propuesta del producto principal y los productos secundarios de la reacción:**

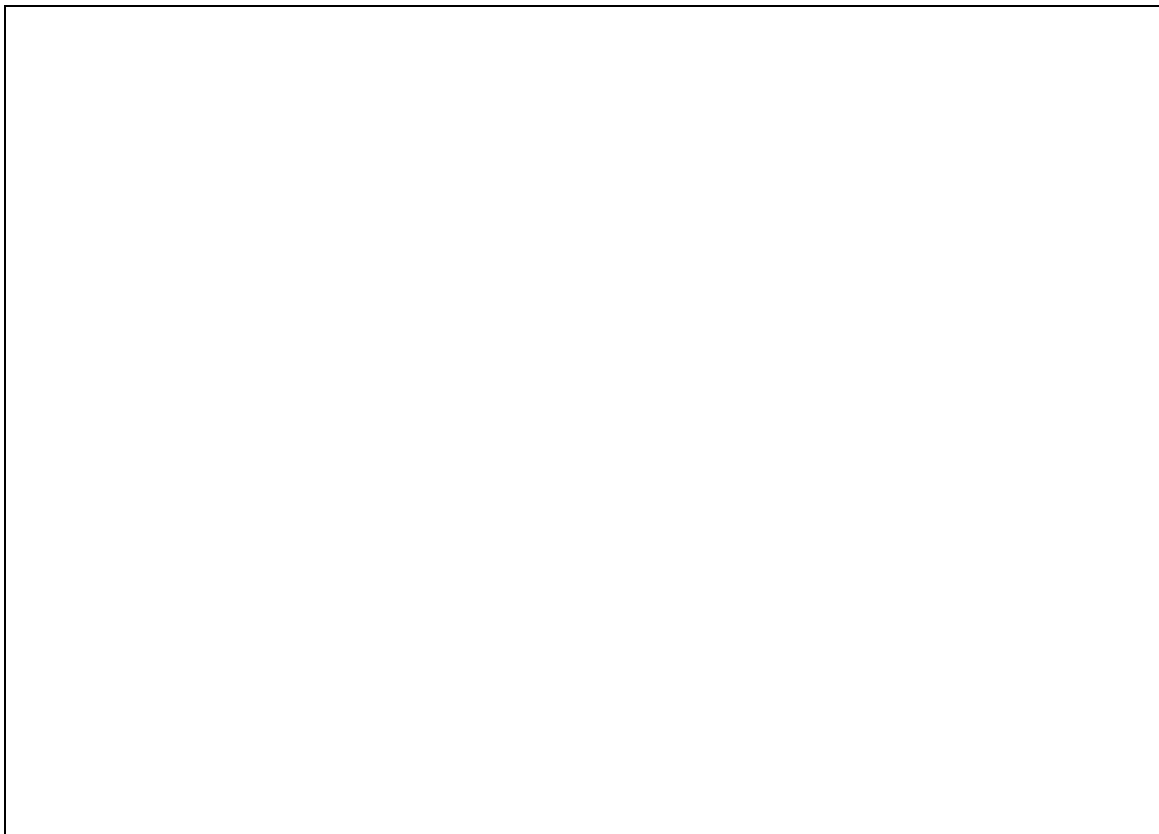
- Represente todos los posibles productos de reacción, y proponga cuál de ellos será mayoritario

--

**1.5. Mecanismo de la reacción:**

Detalle el mecanismo de la reacción que conduce a la formación del producto mayoritario esperado.

**Mecanismo de reacción:**

A large empty rectangular box with a thin black border, intended for drawing the reaction mechanism. The box is currently blank.

## 2. Búsqueda bibliográfica:

Realizar una búsqueda bibliográfica en SciFinder-n del producto obtenido en la reacción de condensación aldólica y proporcionar los siguientes datos:

a) Nº de CAS, peso molecular y punto de fusión (indicar si es experimental o teórico) del producto esperado.

b) Número de referencias iniciales obtenidas.

c) Una referencia bibliográfica (si existe) que describa los datos de  $^1\text{H}$ -RMN del producto.

Citar en formato: "Autor1, Autor2, ... AutorN, revista, año, volumen, pág. inicial-final".

d) Refinar la búsqueda por reacciones, y filtrar por "Substance role – Product". Filtrar además por tipo de documento "Journal" y por idioma "English" e indicar el número de citas totales obtenidas.

e) Buscar la cita más reciente y dibujar el esquema sintético que conduce al producto (únicamente el esquema, no el procedimiento; si hay varios pasos de síntesis, dibujar sólo el último). Indicar las condiciones de reacción (T, t, disolvente, uso de ácido/base/catalizador, etc...) y el rendimiento de la síntesis. Dar el nombre de la cita en el formato indicado en c).

### 3. Caracterización estructural del producto de la reacción aldólica cruzada

Datos espectroscópicos del Compuesto:

IR:

Señal	Frecuencia (cm <sup>-1</sup> )	Asignación

MS:

Señal	m/z	%	Asignación

<sup>1</sup>H RMN:

Señal	δ (ppm)	Integral	Multiplicidad	J (Hz)	Fragmento estructural
<b>a</b>					
<b>b</b>					
<b>c</b>					
...					

<sup>13</sup>C RMN:

Señal	δ (ppm)	Asignación	Señal	δ (ppm)	Asignación
1			5		
2			....		
3					
4					

*Estructura propuesta para el Compuesto:*

Una vez realizada la síntesis y caracterizado el producto de la reacción, comparar los datos obtenidos con los descritos en la publicación detallada en el apartado 2c) (si existe), para determinar si se ha obtenido el compuesto esperado.

**Anexo VI.** Guion del Profesor para la Práctica 4.

#### **PRÁCTICA 4: Química de enolatos IV (1 sesión).**

#### **Síntesis y caracterización de productos de condensación aldólica entre especies desconocidas.**

##### **Organización**

En esta práctica cada alumno llevará a cabo la reacción de condensación aldólica entre un aldehído y una cetona de estructuras desconocidas. Cada alumno tiene asignados dos reactivos diferentes (un aldehído y una cetona) de los que aparecen en la Tabla 1 (solo se harán las reacciones entre los reactivos cuyo cruce aparece sombreado). Para identificar la estructura de estos reactivos, el alumno trabajará con los espectros de FTIR,  $^1\text{H}$  RMN,  $^{13}\text{C}$  RMN y MS proporcionados en el Anexo 4 del guion de prácticas (sólo imprime los que le tocan).

Una vez identificados los reactivos de partida, el alumno **propondrá los posibles productos de reacción** teniendo en cuenta el mecanismo del proceso (aldol, compuesto  $\alpha,\beta$ -insaturado *cis/trans*). El alumno tendrá que entregar este trabajo previo al profesor (Apartado 1 de la Ficha de la Práctica 4) en la fecha que éste determine.

Una vez corregida, y confirmada la naturaleza de los reactivos, el estudiante **realizará una búsqueda bibliográfica en Scifinder** siguiendo el Apartado 2 de la ficha, para localizar la información acerca del/los producto/s de la reacción y sus características principales. En el Campus Virtual disponen de la información sobre búsqueda bibliográfica proporcionada en la sesión previa.

Después de hacer la reacción, y una vez aislado y purificado el producto, el profesor proporcionará al alumno los espectros del producto final de la reacción (por correo electrónico, o ya impresos; la colección de espectros estará en el apartado de profesores del Campus Virtual), con los cuales deberá rellenar las tablas, elucidar la estructura y comprobar si coincide con el previsto (la búsqueda bibliográfica realizada permitirá comparar los resultados experimentales del alumno con los descritos en la bibliografía, y terminar de rellenar la ficha). Es importante en esta práctica la puesta en común de los resultados, en la que cada alumno pueda discutir su experiencia con sus compañeros.

**IMPORTANTE:** Varios de los compuestos llevan flúor en la estructura, por lo que hay que tener en cuenta que habrá algunas señales con acoplamientos a  $^1\text{J}$  y  $^2\text{J}$ , tanto en  $^1\text{H}$  RMN como en  $^{13}\text{C}$  RMN. Esto se explica en la Práctica 8 y lo ven en la parte de teoría también.

##### **Procedimiento experimental:**

El procedimiento es el mismo para todos los alumnos, empleando 500 mg de cada reactivo.

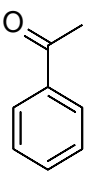
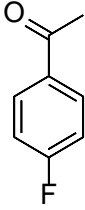
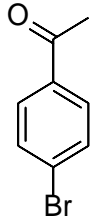
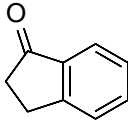
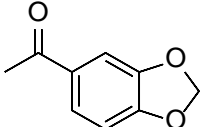
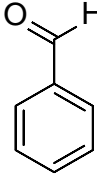
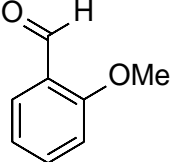
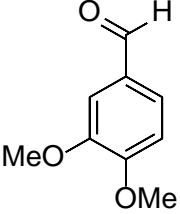
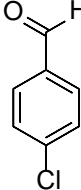
Sólo en los casos en los que se detenga la agitación por la gran cantidad de sólido formado es necesario añadir 2-5 mL de EtOH.

Respecto al curso 2021-22 se han cambiado varios reactivos. Para poder probarlos todos, y evitar que se agoten algunos reactivos de mayor uso, cada profesor tendrá asignados al inicio unos compuestos determinados.

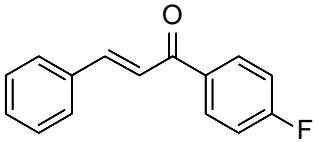
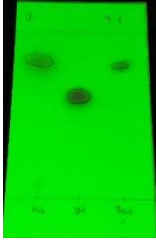

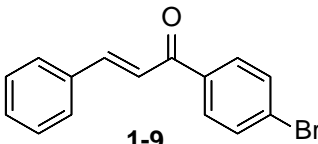
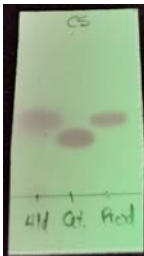
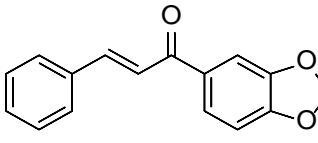
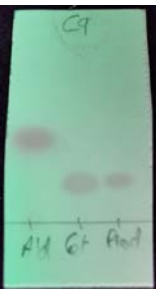
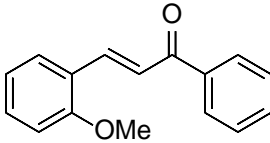
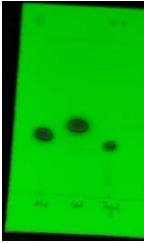

Los datos de los productos de reacción se recogen a continuación en la Tabla 2.

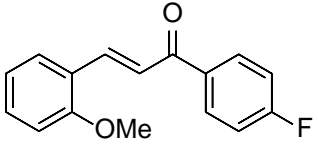
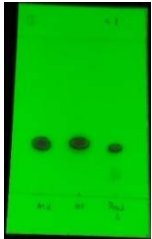

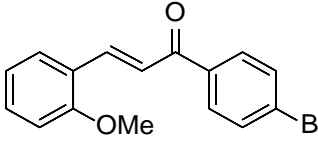


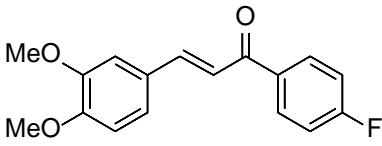
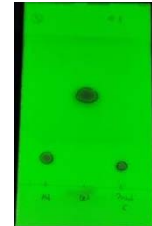

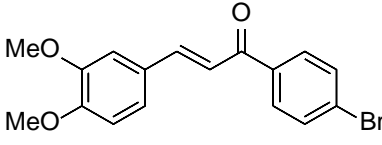


Para la CCF, se podrá emplear molibdato de cerio y vainillina como revelador.

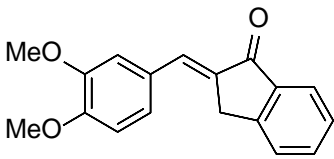
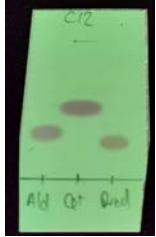

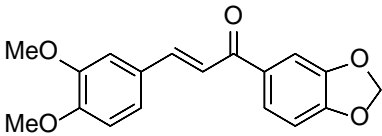
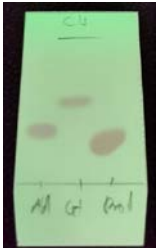

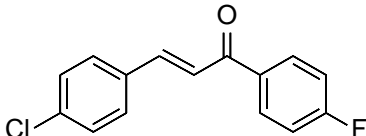
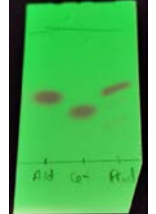
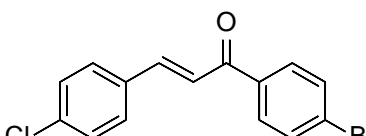
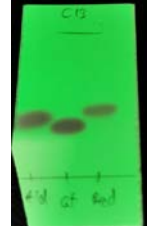
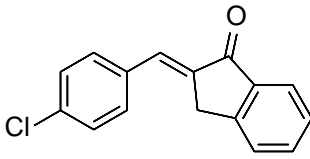
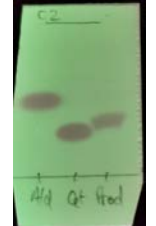
**Tabla 1.** Combinaciones de aldehídos y cetonas posibles (Azul: nuevos en 2022-23. Gris: ya probados en 2021-22).

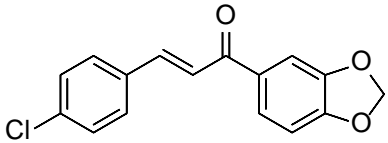
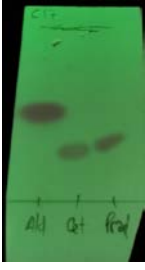
Aldehído/Cetona	 7	 8	 9	 12	 13
 1		1-8	1-9		1-13
 2	2-7	2-8	2-9		
 3		3-8	3-9	3-12	3-13
 4		4-8	4-9	4-12	4-13

**Tabla 2.** Datos de los productos de reacción. Los puntos de fusión se han localizado buscando en Scifinder

Producto	P.f. (°C)	Recristalización	TLC $\lambda = 254 \text{ nm}$	TLC $\lambda = 365 \text{ nm}$
 <p><b>1-8</b></p>	77-79	EtOH	Hex:AcOEt 9:1 	
 <p><b>1-9</b></p>	101-102	EtOH	Hex:AcOEt 12:1 	
 <p><b>1-13</b></p>	98-100	EtOH (1.5 g $\leftrightarrow$ 5 mL)	Hex:AcOEt 12:1 	
 <p><b>2-7</b></p>	59-60	EtOH	Hex:AcOEt 9:1 	

 <p style="text-align: center;"><b>2-8</b></p>	55-57	EtOH	<p>Hex:AcOEt 9:1</p> 	
 <p style="text-align: center;"><b>2-9</b></p>	56-58	EtOH	<p>Hex:AcOEt 9:1</p> 	
 <p style="text-align: center;"><b>3-8</b></p>	81-82	EtOH (1.4 g <> 150 mL)	<p>Hex:AcOEt 9:1</p> 	
 <p style="text-align: center;"><b>3-9</b></p>	123-126	EtOH (1.7 g <> 50 mL)	<p>Hex:AcOEt 9:1</p> 	

 <p style="text-align: center;"><b>3-12</b></p>	178-180	EtOH/AcOEt [1:1] (1.2 g <> 70 mL)	Hex:AcOEt 7:3 	
 <p style="text-align: center;"><b>3-13</b></p>	123-124	EtOH (1.5 g <> 5-10 mL)	Hex:AcOEt 7:3 	
 <p style="text-align: center;"><b>4-8</b></p>	136-137	EtOH (1 g <> 50 mL)	Hex:AcOEt 9:1 	
 <p style="text-align: center;"><b>4-9</b></p>	168-170	EtOH (0.6 g <> 40 mL)	Hex:AcOEt 9:1 	
 <p style="text-align: center;"><b>4-12</b></p>	179-180	EtOH (1.1 g <> 150 mL)	Hex:AcOEt 9:1 	

 <p><b>4-13</b></p>	165-167	EtOH	Hex:AcOEt 9:1 	
--	---------	------	---	--

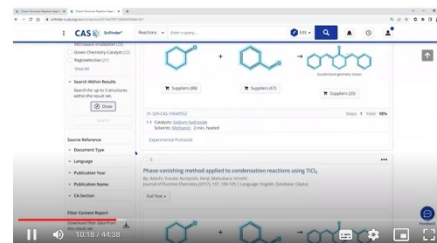
## Anexo VII. Esquema resumen de actividades para la Práctica 4.



Sesión de iniciación al uso de Scifinder en aula



Reacción

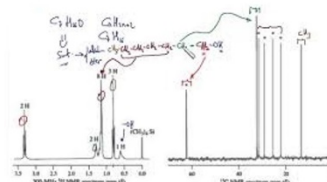
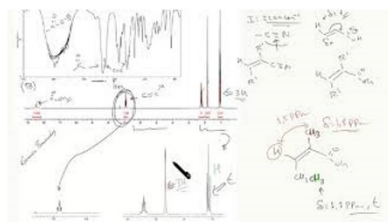


Búsqueda bibliográfica del producto. Comparación datos físicos y espectroscópicos

Determinación estructural de los productos de partida

Determinación estructural del producto de reacción

Ficha de trabajo



### PRÁCTICAS DE QUÍMICA ORGÁNICA II

Anexo 3:

Ficha de Trabajo Práctica 4

(Síntesis y caracterización de productos de condensación aldólica entre especies desconocidas)

Instrucciones para la cumplimentación de la ficha de trabajo: Leer detenidamente las instrucciones de cada apartado de la ficha. Hay que rellenar la ficha de trabajo a mano (no se admitirán formatos electrónicos) empleando los cuadros, espacios o tablas incluidos en la misma. En los casos en los que el espacio destinado a cada apartado sea insuficiente, pueden añadirse más hojas o modificar los cuadros y tablas antes de imprimirla.

**Anexo VIII.** Encuestas realizadas a los estudiantes 2022-2023.

**EVALUACIÓN DE LAS PRÁCTICAS DE: LABORATORIO DE QUÍMICA ORGÁNICA II**

3<sup>er</sup> Curso (Grado en Química) y 4<sup>o</sup> Curso (Doble Grado en Química y Bioquímica)

**NOTA:** Las **respuestas** deben darse sobre una escala (del **1** al **5**), entendiendo que si en alguna respuesta quiere ser categórico (**sí** o **no**), debe hacerlo con la valoración **5** ó **1**, respectivamente.

PREGUNTA	RESPUESTA					
	1	2	3	4	5	NS/NC
1. ¿Es el programa adecuado a sus conocimientos prácticos previos?						
2. ¿Es el programa adecuado al temario de la asignatura?						
3. La realización de las prácticas, ¿le ha permitido consolidar sus competencias en QOrg?						
4. La realización de las prácticas, ¿le ha permitido adquirir competencias nuevas?						
5. El examen escrito, ¿es adecuado a los contenidos trabajados en el laboratorio?						
6. Valore las siguientes afirmaciones en relación con el desarrollo del programa de prácticas						
6.1. Las prácticas me ayudan a relacionar y consolidar los contenidos teóricos de la asignatura						
6.2. He reforzado mis conocimientos y competencias sobre espectroscopía y elucidación estructural aprendidos en QOI y QOII						
6.3. Me parece interesante realizar una práctica individual diferente a la de mis compañeros						
6.4. No me parece formativo realizar una búsqueda bibliográfica previa para localizar la información de los compuestos a sintetizar						
6.5. Me parece interesante realizar un trabajo previo (medidas de seguridad, elucidación estructural, etc) a la realización de las prácticas						
6.6 No considero formativo tener que diseñar previamente el procedimiento experimental y trabajar sin un guión						
6.7 Por su carácter formativo, me gustaría que varias prácticas tuviesen una planificación similar a la desarrollada en la Práctica 4						
7. Valore los siguientes aspectos organizativos en relación con el desarrollo del programa de prácticas:						
7.1. El tiempo de duración de cada práctica es suficiente						
7.2. El tiempo de duración total del turno es suficiente.						
7.3. El equipamiento e infraestructuras son adecuados						
7.4. La seguridad es adecuada						
7.5 La información proporcionada (campus virtual, guión, anexos, etc) es suficiente						
8. Valore la atención personal de su Profesor en el desarrollo de las prácticas						
9. Valore la atención del Técnico de Laboratorio						
10. Valore las siguientes prácticas (1: poco interesante y/o útil, 5 muy interesante y/o útil)						
P1: Síntesis malónica: Síntesis del ácido 5-n-butilbarbitúrico						
P2: Obtención de polímeros y oligómeros $\pi$ -conjugados con propiedades fotoluminiscentes						
P3: Preparación de tetrahidrocarbazol mediante síntesis de Fischer						
P4: Síntesis y caracterización de productos de condensación aldólica entre especies desconocidas						

P 5: Fluorescencia y quimioluminiscencia							
P6: Protección de grupos funcionales							
P7: Reacción de anelación de Robinson.							
10. Después de realizar este turno de laboratorio, ¿se ha incrementado su interés por la Química Orgánica							
11. Valore globalmente su satisfacción con el laboratorio (1: poco satisfactorio y/o útil, 5 muy satisfactorio y/o útil)							

**NOTA FINAL:** En los renglones siguientes introduzca alguna matización a sus respuestas anteriores: realice cualquier otra valoración sobre alguna cuestión no planteada y que le parezca muy importante, y si introduciría algún cambio:

.....

.....

.....

.....

.....**RECUERDE: ¡No firme esta encuesta!**

**Anexo IX.** Encuestas realizadas a los profesores 2022-2023.

**EVALUACIÓN DE LAS PRÁCTICAS DE: LABORATORIO DE QUÍMICA ORGÁNICA II**

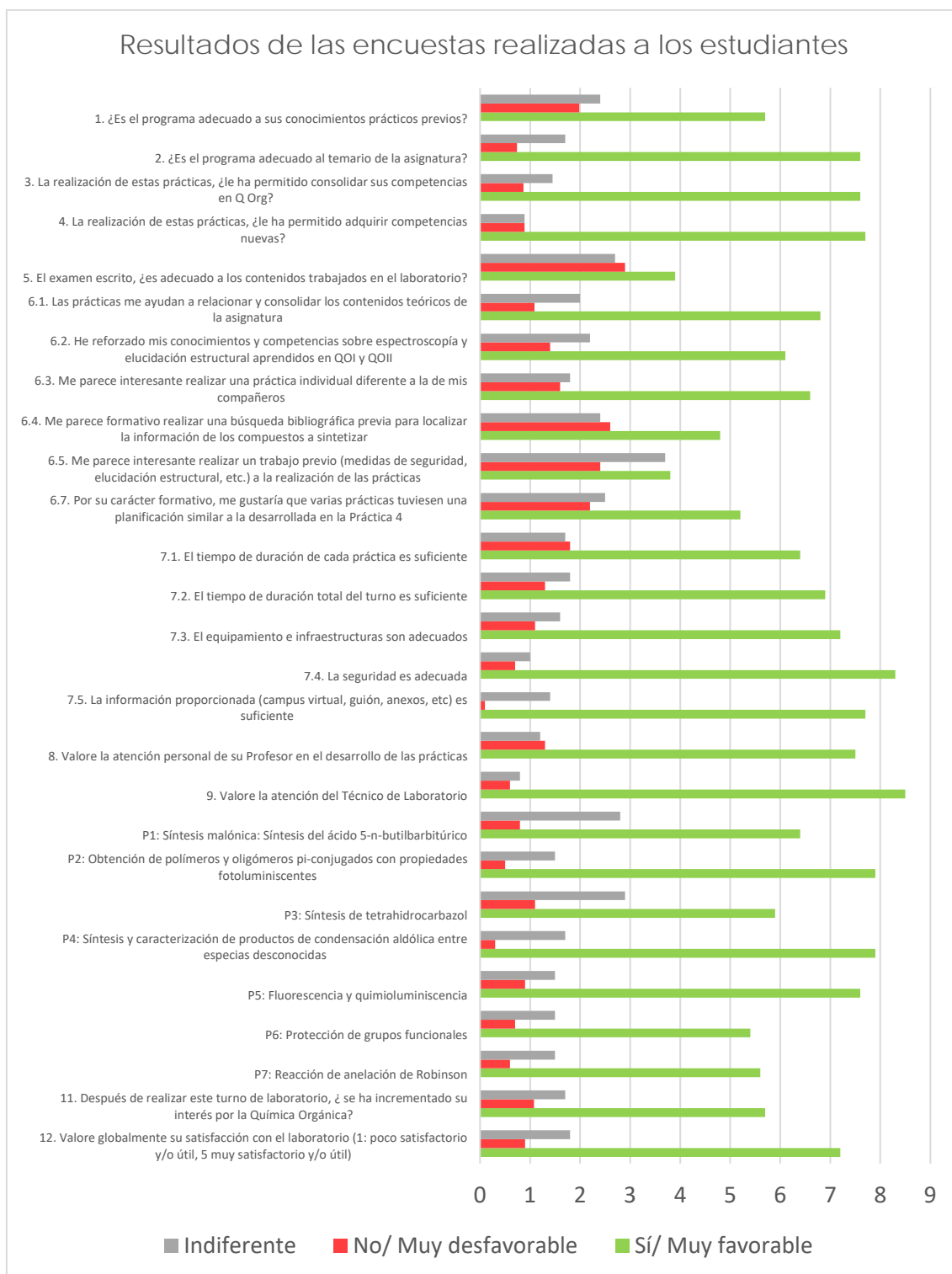
3<sup>er</sup> Curso (Grado en Química) y 4<sup>o</sup> Curso (Doble Grado en Química y Bioquímica)

**NOTA:** Las **respuestas** deben darse sobre una escala (del **1** al **5**), entendiendo que si en alguna respuesta quiere ser radical (**si** o **no**), debe hacerlo con la valoración **5** o **1**, respectivamente.

PREGUNTA	RESPUESTA					
	1	2	3	4	5	NS/NC
1. ¿Es el programa adecuado a los conocimientos prácticos previos de los alumnos?						
2. ¿Es el programa adecuado al temario de la asignatura? Tema 1: Caracterización estructural de Compuestos Orgánicos Tema 2: Química de enoles y enolatos Tema 3: Aminoácidos, hidratos de carbono y heterociclos Tema 4: Síntesis Orgánica y Análisis retrosintético						
3. La realización de las prácticas, ¿permite consolidar las competencias en QOrg de los alumnos?						
4. La realización de las prácticas, ¿permite a los alumnos adquirir competencias nuevas?						
5. El examen escrito, ¿es adecuado a los contenidos trabajados en el laboratorio?						
6. Valore las siguientes afirmaciones en relación con el desarrollo del programa de prácticas						
6.1. Las prácticas ayudan a relacionar y consolidar los contenidos teóricos de la asignatura						
6.2. Se refuerzan los conocimientos y competencias sobre espectroscopía y elucidación estructural aprendidos en QOI y QOII						
6.3. Me parece interesante que los alumnos realicen una práctica individual diferente a la de sus compañeros						
6.4. Me parece formativo realizar una búsqueda bibliográfica previa para localizar la información de los compuestos a sintetizar						
6.5. Me parece interesante realizar un trabajo previo (medidas de seguridad, elucidación estructural, etc) a la realización de las prácticas						
7. Valore los siguientes aspectos organizativos en relación con el desarrollo del programa de prácticas:						
7.1. El tiempo de duración de cada práctica es suficiente						
7.2. El tiempo de duración total del turno es suficiente.						
7.3. El equipamiento e infraestructuras son adecuados						
7.4. La seguridad es adecuada						
7.5. La información proporcionada a los alumnos (campus virtual, guión, anexos, etc) es suficiente						
8. Valore la implicación e interés medio de los alumnos (cada grupo por separado) en el desarrollo de las prácticas (1: poco interesados y/o implicados, 5 muy interesados y/o implicados) Primer grupo:						
9. <u>Sólo para los que tienen dos grupos:</u> valorar la pregunta 8 del segundo grupo en este apartado						
10. Valore las siguientes prácticas (1: poco interesante y/o útil, 5 muy interesante y/o útil)						
P1: Síntesis malónica: Síntesis del ácido 5-n-butilbarbitúrico						

P2: Obtención de polímeros y oligómeros $\pi$ -conjugados con propiedades fotoluminiscentes									
P3: Preparación de tetrahidrocarbazol mediante síntesis de Fischer									
P4: Síntesis y caracterización de productos de condensación aldólica entre especies desconocidas									
P 5: Fluorescencia y quimioluminiscencia									
P6: Protección de grupos funcionales									
P7: Reacción de anelación de Robinson									
11. Valore globalmente su satisfacción con el laboratorio (1: poco satisfactorio y/o útil, 5 muy satisfactorio y/o útil)									
12. Inserte comentarios, si lo desea, sobre cada práctica en particular, o sobre todo el laboratorio en general									
P1: Síntesis malónica: Síntesis del ácido 5-n-butilbarbitúrico									
P2: Obtención de polímeros y oligómeros $\pi$ -conjugados con propiedades fotoluminiscentes									
P3: Preparación de tetrahidrocarbazol mediante síntesis de Fischer									
P4: Síntesis y caracterización de productos de condensación aldólica entre especies desconocidas									
P 5: Fluorescencia y quimioluminiscencia									
P6: Protección de grupos funcionales									
P7: Reacción de anelación de Robinson									
Comentarios generales									

## Anexo X. Resultados de las encuestas de los estudiantes 2022-2023.



## Anexo XI. Resultados comparados de las encuestas de profesores y alumnos.

