



# Guía Docente:

## SÍNTESIS ORGÁNICA

---



**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**  
**CURSO 2018-2019**



## I.- IDENTIFICACIÓN

|                          |                           |
|--------------------------|---------------------------|
| NOMBRE DE LA ASIGNATURA: | Síntesis Orgánica         |
| NÚMERO DE CRÉDITOS:      | 6                         |
| CARÁCTER:                | Optativa                  |
| MATERIA:                 | Química Orgánica Avanzada |
| MÓDULO:                  | Avanzado                  |
| TITULACIÓN:              | Grado en Química          |
| SEMESTRE/CUATRIMESTRE:   | Primero (cuarto curso)    |
| DEPARTAMENTO/S:          | Química Orgânica          |

PROFESOR/ES RESPONSABLE/S:

|                                |               |                                                        |
|--------------------------------|---------------|--------------------------------------------------------|
|                                |               |                                                        |
| Teoría<br>Seminario<br>Tutoría | Profesor:     | SANTIAGO DE LA MOYA CERERO                             |
|                                | Departamento: | Química Orgánica                                       |
|                                | Despacho:     | (3ª planta, edificio A)                                |
|                                | e-mail:       | <a href="mailto:santmoya@uclm.es">santmoya@uclm.es</a> |

## II.- OBJETIVOS

Ampliar conocimientos en Química Orgánica, proporcionando bases para el diseño de procedimientos de síntesis de moléculas orgánicas de complejidad media.

## III.- CONOCIMIENTOS PREVIOS Y RECOMENDACIONES

### ■ CONOCIMIENTOS PREVIOS:

Química Orgánica general: Nomenclatura; Análisis conformacional y estereoquímica; Efectos estereoelectrónicos; Reactividad general de grupos funcionales; Conceptos mecanísticos básicos.

### ■ RECOMENDACIONES:

Se recomienda haber cursado, y superado, la materia *Química Orgánica* del módulo Fundamental.

## IV.- CONTENIDOS

### ■ BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS CONTENIDOS:

El dominio sintético: aproximaciones al objetivo molecular. El mecanismo de la reacción sintética. Selección de reactivos y diseño de reacciones. Métodos selectivos y estereoselectivos de síntesis. Mecanismos de reacción y estereoquímica. Reactivos organometálicos. Catálisis organometálica. Organocatálisis. Técnicas de síntesis y reacciones en medios no convencionales. Optimización de la construcción de entidades moleculares: El principio del mínimo número de etapas y la síntesis orientada a la diversidad molecular.



■ PROGRAMA:

Teoría

1. **Introducción. Control en Síntesis Orgánica:** Conceptos clave; Químico, regio y estereoselectividad; Protección de grupos funcionales; Control en reacciones de oxidación y reducción; Síntesis estereoselectiva; Mecanismos y modelos de estados de transición.
2. **Reacciones pericíclicas:** Definición y tipos; Reacciones representativas; Aspectos mecanísticos; Selectividad; Utilidad sintética.
3. **Reacciones de formación de enlace sencillo C-C y C-heteroátomo asistidas por metales de transición:** Definición; Reacciones de acoplamiento C-C y C-heteroátomo, y otras reacciones representativas; Aspectos mecanísticos; Utilidad sintética.
4. **Métodos selectivos de formación de enlace doble C-C:** Reacciones representativas de interés sintético; Aspectos mecanísticos; Generalidades y limitaciones.
5. **Planificación sintética:** Análisis retrosintético de moléculas polifuncionales; Selección de rutas, reactivos, métodos y técnicas.

Seminarios

1. **Resolución de problemas:** Resolución y discusión de problemas relacionados con la materia de la asignatura en base a selección de reactivos, condiciones de reacción, etc.

V.- COMPETENCIAS

■ GENERALES:

|         |                                                                                                                                                                       |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CG1-MA1 | Reconocer y valorar los procesos químicos en la vida diaria.                                                                                                          |
| CG2-MA1 | Valorar la importancia de la Química y su impacto en la sociedad industrial y tecnológica                                                                             |
| CG2-MA2 | Relacionar áreas interdisciplinarias en plena expansión, y tomar conciencia de la importancia que la investigación interdisciplinar tiene en el avance de la Ciencia. |
| CG3-MA1 | Demostrar una base de conocimientos y habilidades con las que pueda continuar sus estudios en áreas especializadas de Química o en áreas multidisciplinares.          |
| CG4-MA1 | Plasmar los conocimientos específicos de cada materia en el lenguaje científico universal, entendido y compartido interdisciplinariamente.                            |
| CG7-MA1 | Aplicar conocimientos teóricos y prácticos a la solución de problemas en Química y seleccionar el método más adecuado para resolverlos.                               |
| CG8-MA1 | Valorar investigaciones y estudios detallados en el campo de la Química.                                                                                              |



|                 |                                                                                  |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>CG11-MA1</b> | Manejar instrumentación para análisis, síntesis e investigaciones estructurales. |
| <b>CG13-MA1</b> | Desarrollar buenas prácticas científicas de medida y experimentación.            |

■ **ESPECÍFICAS:**

Además de las competencias generales y transversales de Título y Módulo, las competencias específicas del título CE14, CE15, CE16, CE17 y CE30 se desarrollan, para esta materia en las siguientes *Competencias Específicas del Módulo Avanzado de la Materia Química Orgánica* (CE-MAQO):

|                   |                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>CE16-MAQO1</b> | Diseñar distintas aproximaciones o estrategias de síntesis de objetivos moleculares de complejidad media.                                                                                                                       |
| <b>CE16-MAQO2</b> | Seleccionar los reactivos y las reacciones sintéticas en función de criterios mecanísticos y estructurales.                                                                                                                     |
| <b>CE16-MAQO3</b> | Comparar la eficiencia de diferentes estrategias sintéticas en términos de: economía de átomos, seguridad de manipulación y almacenamiento de reactivos, así como de capacidad de reutilización de catalizadores y disolventes. |
| <b>CE16-MAQO4</b> | Diseñar procedimientos alternativos o condiciones de reacción eficientes y compatibles con los principios de la Química Verde y el Desarrollo Sostenible.                                                                       |

■ **TRANSVERSALES:**

|                 |                                                                                                                           |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>CT1-MA1</b>  | Elaborar y escribir memorias e informes de carácter científico y técnico.                                                 |
| <b>CT2-MA1</b>  | Trabajar en equipo.                                                                                                       |
| <b>CT3-MA1</b>  | Aprender a tomar decisiones ante un problema real práctico.                                                               |
| <b>CT4-MA1</b>  | Seleccionar el método más adecuado para resolver un problema planteado.                                                   |
| <b>CT5-MA1</b>  | Consultar, utilizar y analizar cualquier fuente bibliográfica.                                                            |
| <b>CT5-MA2</b>  | Manejar bibliografía y bases de datos especializadas, y de recursos accesibles a través de Internet.                      |
| <b>CT7-MA1</b>  | Usar programas informáticos que sirvan, en el mundo de la Química, para calcular, diseñar, simular, aproximar y predecir. |
| <b>CT8-MA1</b>  | Comunicarse en español utilizando los medios audiovisuales más habituales.                                                |
| <b>CT11-MA2</b> | Desarrollar trabajo autónomo.                                                                                             |
| <b>CT12-MA2</b> | Desarrollar sensibilidad hacia temas medioambientales y preservación del medioambiente.                                   |



## VI.- RESULTADOS DEL APRENDIZAJE

Una vez superada esta asignatura, el alumno deberá ser capaz de plantear, de forma coherente, la síntesis de una molécula orgánica de complejidad media, dando solución a los posibles problemas de control sintético que puedan plantearse.

## VII.- HORAS DE TRABAJO Y DISTRIBUCIÓN POR ACTIVIDAD

| Actividad                                     | Presencial (horas) | Trabajo autónomo (horas) | Créditos (horas) |
|-----------------------------------------------|--------------------|--------------------------|------------------|
| Clases teóricas                               | 30                 | 60                       | 3,6 (90)         |
| Seminarios                                    | 15                 | 15                       | 1,2 (30)         |
| Tutorías/Trabajos dirigidos                   | 6                  | 9                        | 0,6 (15)         |
| Preparación/exposición de trabajos y exámenes | 6                  | 9                        | 0,6 (15)         |
| <b>Total</b>                                  | <b>57</b>          | <b>93</b>                | <b>6 (150)</b>   |

## VIII.- METODOLOGÍA

Se seguirá una metodología mixta basada en el aprendizaje cooperativo, el aprendizaje colaborativo y el autoaprendizaje. Las actividades presenciales de la asignatura se estructuran en **clases expositivas o magistrales de teoría, clases de seminario, tutorías o actividades dirigidas**.

**Clases teóricas presenciales** (2 horas/semana durante todo el semestre): estas clases serán expositivas y en ellas se desarrollarán de forma oral los epígrafes que se indican en el programa de la asignatura como clases presenciales, lo que permitirá al alumno obtener una visión global y comprensiva de la misma. Se hará principalmente uso de la pizarra y de presentaciones PowerPoint. Al final del tema se podrán plantear nuevas propuestas que permitan interrelacionar contenidos ya estudiados con los del resto de la asignatura o con otras asignaturas. Previamente a la exposición, todo el material presentado necesario para el seguimiento de las clases estará a disposición de los alumnos en el Campus Virtual y/o en el servicio de reprografía.

**Clases de seminario:** tendrán como objetivo aplicar los conocimientos adquiridos a un conjunto de cuestiones/ejercicios. Para ello, se proporcionará a los estudiantes una colección de ejercicios relacionados con cada tema de los que consta la asignatura. El profesor explicará algunos ejercicios tipo (que se indicarán como tal en el enunciado) y el resto lo resolverán los estudiantes como trabajo personal. Algunas de las cuestiones estarán relacionadas con aspectos no descritos en el desarrollo teórico de la asignatura, para que los alumnos puedan utilizar los conocimientos adquiridos en la justificación de los hechos planteados en los mismos.



**Tutorías presenciales/Actividades dirigidas:** se programarán seis sesiones presenciales de tutorías con grupos reducidos de estudiantes. Las tutorías versarán sobre el desarrollo de trabajo específicos realizados por el alumno, y relacionados con la materia de asignatura (p.ej., desarrollo de planes de síntesis).

## IX.- BIBLIOGRAFÍA

Al principio de curso se comentará la bibliografía recomendada, indicando los aspectos más relevantes de cada texto.

### ■ BÁSICA:

- J. Clayden, N. Greeves, S. Warren: “*Organic Chemistry*”, 2<sup>nd</sup> Ed., 2012, Oxford University Press, ISBN-13: 9780199270293.
- F. A. Carey, R. J. Sundberg: “*Advanced Organic Chemistry, Part B: Reaction and Synthesis*”, 5<sup>th</sup> Ed., 2007, Springer, ISBN-13: 9780387683546.

### ■ COMPLEMENTARIA

- F. A. Carey, R. J. Sundberg: “*Advanced Organic Chemistry, Part A: Structure and Mechanisms*”, 5<sup>th</sup> Ed., 2007, Springer, ISBN 13: 9780387683461.
- S. G. Warren, P. Wyatt: “*Organic Synthesis, the Disconnection Approach*”, 2<sup>nd</sup> Ed., 2009, Wiley, ISBN-13: 9780470712368.
- W. Carruthers, I. Coldham: “*Modern Methods of Organic Synthesis*”, 4<sup>th</sup> Ed., 2004, Cambridge University Press. ISBN-13: 9780521778305.

## X.- EVALUACIÓN

Para la evaluación final es obligatoria la participación en las diferentes actividades propuestas. Es obligatoria la asistencia a todas las tutorías dirigidas. Para poder acceder a la evaluación final será necesario que el estudiante haya participado al menos en el 70% de las actividades presenciales.

El rendimiento académico del estudiante y la calificación final de la asignatura se computarán, de forma ponderada, atendiendo a los porcentajes que se muestran en cada uno de los aspectos recogidos a continuación. Todas las calificaciones estarán basadas en la puntuación absoluta sobre 10 puntos, y de acuerdo con la escala establecida en el RD 1125/2003. Este criterio se mantendrá en todas las convocatorias.

Las calificaciones de las actividades previstas para la evaluación de la asignatura se comunicarán a los alumnos con la antelación suficiente antes de la realización del examen final para que puedan planificar adecuadamente el estudio de ésta u otras asignaturas.

En todo caso, se respetará el plazo mínimo de siete días entre la publicación de las calificaciones y la fecha del examen final de la asignatura.

### ■ EXÁMENES ESCRITOS:

|               |     |
|---------------|-----|
| Examen final: | 70% |
|---------------|-----|



Los conocimientos adquiridos se evaluarán mediante la realización de un examen final al que deberán presentarse todos los alumnos. El examen constará de preguntas sobre aplicación de conceptos aprendidos durante el curso. Será necesario obtener una puntuación mínima de 4 sobre 10 para ser evaluado.

Se valorarán las competencias: CG13, CT3, CT4, CT11, CE16-MAQO1, CE16-MAQO2, CE16-MAQO3, CE16-MAQO4.

|                                     |            |
|-------------------------------------|------------|
| <b>Pruebas de control/exámenes:</b> | <b>10%</b> |
|-------------------------------------|------------|

Se realizará un examen parcial sobre los conceptos más importantes de los temas impartidos hasta el momento.

Se valorarán las competencias: CG13, CT3, CT4, CT11, CE16-MAQO1, CE16-MAQO2, CE16-MAQO3, CE16-MAQO4.

### ■ TRABAJO PERSONAL Y ACTIVIDADES DIRIGIDAS (Tutorías):

|                  |            |
|------------------|------------|
| <b>Tutorías:</b> | <b>15%</b> |
|------------------|------------|

Se evaluarán los conocimientos adquiridos en los trabajos presentados, o discutidos en tutorías, mediante: (1) Calidad del trabajo presentado; (2) Conocimientos adquiridos.

Se valorarán las competencias: CG1 a CG8; CT1-MA1, CT2-MA1, CT3-MA1, CT4-MA1, CT5-MA1, CT5-MA2, CT8-MA1, CT11-MA2; CE16-MAQO1, CE16-MAQO2, CE16-MAQO3, CE16-MAQO4.

|                                                         |           |
|---------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Asistencia y participación activa en las clases:</b> | <b>5%</b> |
|---------------------------------------------------------|-----------|

La asistencia a las actividades presenciales, y la participación activa del alumno en todas las actividades docentes se valorará positivamente en la calificación final. Se valorará especialmente con un 5% de la nota final la participación y resolución de problemas en las clases de seminarios.

Se valorarán las competencias: CG1 a CG8; CG13-MA1; CT3-MA1, CT4-MA1, CT5-MA1, CT5-MA2, CT11-MA2; CE16-MAQO1, CE16-MAQO2, CE16-MAQO3, CE16-MAQO4.

### ■ CONVOCATORIA DE JULIO

|                         |            |
|-------------------------|------------|
| <b>Examen de julio:</b> | <b>80%</b> |
|-------------------------|------------|

La evaluación continua del curso se tendrá en cuenta en la convocatoria de julio. El examen de dicha convocatoria tendrá el mismo valor que el de la convocatoria de enero, siendo de la misma forma considerado. El examen constará de preguntas sobre aplicación de conceptos aprendidos durante el curso. Será necesario obtener una puntuación mínima de 4 sobre 10 para ser evaluado.

Se valorarán las competencias: CG13, CT3, CT4, CT11, CE16-MAQO1, CE16-MAQO2, CE16-MAQO3, CE16-MAQO4.



PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES – CRONOGRAMA

| TEMA                                                                                                  | ACTIVIDAD           | HORAS | GRUPOS | INICIO                      | FIN        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------|--------|-----------------------------|------------|
| 1. Introducción. Control en Síntesis Orgánica                                                         | Clases Teoría       | 8     | 1      | 1ª Semana                   | 4ª Semana  |
|                                                                                                       | Seminarios          | 3     |        |                             |            |
| 2. Reacciones pericíclicas                                                                            | Clases Teoría       | 6     | 1      | 4ª Semana                   | 7ª Semana  |
|                                                                                                       | Seminarios          | 3     |        |                             |            |
|                                                                                                       | Tutoría programada* | 2     | 1      | 7ª Semana                   |            |
| 3. Reacciones de formación de enlace sencillo C-C y C-heteroátomo asistidas por metales de transición | Clases Teoría       | 6     | 1      | 7ª semana                   | 10ª Semana |
|                                                                                                       | Seminarios          | 3     |        |                             |            |
|                                                                                                       | Tutoría programada* | 2     | 1      | 9ª Semana                   |            |
|                                                                                                       | Examen parcial      | 1     | 1      | 10ª Semana                  |            |
| 4. Métodos selectivos de formación de enlace doble C-C                                                | Clases Teoría       | 4     | 1      | 10ª Semana                  | 12ª Semana |
|                                                                                                       | Seminarios          | 2     | 1      |                             |            |
| 5. Planificación sintética                                                                            | Clases Teoría       | 6     | 1      | 12ª Semana                  | 15ª Semana |
|                                                                                                       | Seminarios          | 4     | 1      |                             |            |
|                                                                                                       | Tutoría programada* | 2     | 1      | 13ª Semana                  |            |
|                                                                                                       | Examen Final        | 3     | 1      | Semanas de exámenes finales |            |

\* Las tutorías programadas (al igual que los exámenes) están sujetas a posibles modificaciones en función de la coordinación con actividades de otras asignaturas.





RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES

| Actividad docente       | Competencias asociadas                                                                                                                         | Actividad Profesor                                                                              | Actividad alumno                                                                                                                                                                                       | Procedimiento de evaluación                                                                                                                                     | P  | NP | Total | C   |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|-------|-----|
| <b>Clases de teoría</b> | CG1 a CG8<br>CG13-MA1<br>CT3-MA1, CT4-MA1, CT5-MA1,<br>CT5-MA2, CT11-MA2<br>CE16-MAQO1, CE16-MAQO2,<br>CE16-MAQO3, CE16-MAQO4                  | Preparación del material.<br>Exposición de conceptos teóricos                                   | Asistencia y participación activa en las mismas. Toma de apuntes.<br>Preparación de material.<br>Formulación de preguntas y dudas.                                                                     | Calificación de las respuestas (planteamiento y resultado) realizadas por escrito para la resolución de ejercicios prácticos y teóricos.                        | 30 | 60 | 90    | 20% |
| <b>Seminarios</b>       | Las mismas que para las clases de teoría.                                                                                                      | Preparación del material.<br>Aplicación de la teoría a la resolución de ejercicios y problemas. | Asistencia y realización de las tareas encargadas por el profesor.<br>Realización de ejercicios.<br>Formulación de preguntas y dudas.                                                                  | Calificación de las respuestas (planteamiento y resultado) realizadas por escrito o de forma oral, relacionadas con la resolución de los seminarios planteados. | 15 | 15 | 30    |     |
| <b>Tutorías</b>         | CG1 a CG8<br>CT1-MA1, CT2-MA1, CT3-MA1,<br>CT4-MA1 CT5-MA1, CT5-MA2,<br>CT8-MA1, CT11-MA2<br>CE16-MAQO1, CE16-MAQO2,<br>CE16-MAQO3, CE16-MAQO4 | Propuesta de estudio de diversos tópicos, preparación de material y evaluación                  | Consulta al profesor sobre las dificultades conceptuales y metodológicas que encuentra al estudiar la materia.<br>Preparación mediante consulta bibliográfica.<br>Elaboración del material pertinente. | Calificación en función de la calidad del material preparado.<br>Nivel de conocimientos adquiridos evaluados mediante preguntas orales.                         | 6  | 9  | 15    |     |
| <b>Exámenes</b>         | CG13, CT3, CT4, CT11, CE16-MAQO1, CE16-MAQO2, CE16-MAQO3, CE16-MAQO4                                                                           | Propuesta, vigilancia y corrección de los exámenes.<br>Calificación del alumno.                 | Preparación y realización de los exámenes.                                                                                                                                                             | Valoración del examen escrito.                                                                                                                                  | 6  | 9  | 15    | 80% |

P : Presenciales; NP: no presenciales (trabajo autónomo); C: calificación