

## 60451 - Diseño molecular en química inorgánica y organometálica

### Información del Plan Docente

**Año académico:** 2021/22

**Asignatura:** 60451 - Diseño molecular en química inorgánica y organometálica

**Centro académico:** 100 - Facultad de Ciencias

**Titulación:** 543 - Máster Universitario en Química Molecular y Catálisis Homogénea

**Créditos:** 6.0

**Curso:** 1

**Periodo de impartición:** Primer semestre

**Clase de asignatura:** Obligatoria

**Materia:**

## 1. Información Básica

### 1.1. Objetivos de la asignatura

Esta asignatura constituye uno de los pilares básicos del *Máster Universitario en Química Molecular y Catálisis Homogénea*, puesto que en ella se proporcionan conocimientos necesarios acerca de la síntesis, los modelos de enlace, las propiedades, la reactividad y aplicaciones actuales de los compuestos de coordinación y organometálicos, incluyendo los clusters y las nanopartículas, y sobre los que van a poder llevarse a cabo procesos catalíticos que se tratarán en otras asignaturas del Máster como Catálisis, Catálisis Asimétrica, Química sostenible y catálisis, y Química supramolecular.

En esta asignatura se pretende que el alumno incremente su conocimiento en Química de la Coordinación y pueda evaluar el efecto que determinados complejos causan sobre algunas moléculas pequeñas muy utilizadas en reacciones y procesos catalíticos. Además, se mostrará al alumno cómo cambia la reactividad de los compuestos orgánicos cuando actúan como ligandos de los centros metálicos. El conocimiento de los distintos tipos de enlace M-C dependiendo de los grupos orgánicos implicados, de su estructura y de las propiedades relacionadas permiten adquirir una visión global de la Química Organometálica de los elementos de transición.

Estos planteamientos y objetivos están alineados con los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de Naciones Unidas (<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>), de tal manera que la adquisición de los resultados de aprendizaje de la asignatura proporciona capacitación y competencia para contribuir en cierta medida a su logro. Objetivo 3: Salud y bienestar; Objetivo 4: Educación de calidad; Objetivo 5: Igualdad de género; Objetivo 7: Energía asequible y no contaminante; Objetivo 8: Trabajo decente y crecimiento económico; Objetivo 9: Industria, innovación e infraestructuras y Objetivo 10: Reducción de las desigualdades.

### 1.2. Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

La asignatura *Diseño Molecular en Química Inorgánica y Organometálica* se encuadra en el módulo obligatorio del *Máster en Química Molecular y Catálisis Homogénea*. Tiene carácter cuatrimestral y una carga lectiva de 6 ECTS: 4 teóricos, dedicados a clases teóricas, 1,5 créditos ECTS de problemas con participación de los alumnos y 0,5 de carácter práctico que se desarrollará en el laboratorio de forma coordinada con otras asignaturas del módulo *Química Molecular y Catálisis*. Los contenidos de la asignatura amplían los conocimientos adquiridos en las asignaturas de Química Inorgánica y son fundamentales para comprender las alteraciones que causa la presencia del metal en las propiedades y en la reactividad de moléculas o fragmentos orgánicos, influyendo así en procesos de Química Orgánica, Bioquímica y Catálisis.

### 1.3. Recomendaciones para cursar la asignatura

Se recomienda el dominio de los conceptos básicos de enlace, estructura y reactividad de compuestos de coordinación y organometálicos.

La asistencia a clase y el trabajo continuado facilita la superación de la asignatura.

## 2. Competencias y resultados de aprendizaje

### 2.1. Competencias

Conocer y predecir la síntesis y estabilidad de compuestos de coordinación.

Reconocer e interpretar las modificaciones que sufren las moléculas una vez que se coordinan a un centro metálico y prever su nueva reactividad.

Reconocer la presencia de enlaces metal-metal en compuestos de coordinación polinucleares o en clústeres.  
Diseñar la preparación de nanopartículas y predecir posibles aplicaciones.  
Utilizar el vocabulario y la terminología específica en el marco de la Química Inorgánica.  
Reconocer los compuestos organometálicos y predecir su estabilidad.  
Predecir la diferente reactividad de los compuestos organometálicos.  
Diseñar posibles rutas sintéticas para compuestos organometálicos de metales de transición.  
Diseñar y sintetizar nuevas moléculas orgánicas, inorgánicas u organometálicas de interés industrial y tecnológico.  
Utilizar los datos analíticos y espectroscópicos de las técnicas habituales para elucidar la composición y estructura de los compuestos organometálicos.  
Comprender, interpretar e investigar los mecanismos de reacciones estequiométricas y catalíticas.  
Aplicar protocolos, procedimientos y técnicas experimentales avanzadas de síntesis.  
Conocer las aplicaciones prácticas de los compuestos organometálicos en síntesis y catálisis.  
Conocer las aplicaciones prácticas de los compuestos coordinación y organometálicos en medicina.  
Asimilar y evaluar resultados de investigación en Química Molecular de forma objetiva, así como interpretarlos de forma crítica y relacionarlos con conocimientos teóricos.

## 2.2. Resultados de aprendizaje

Aplicar conceptos básicos de química de la coordinación a la síntesis de complejos que incorporen moléculas pequeñas.  
Evaluar los posibles modos de coordinación, el enlace, las propiedades, la reactividad y las posibles aplicaciones.  
Conocer y aplicar conceptos acerca del enlace metal-metal a compuestos di-polinucleares y clústeres.  
Identificar los métodos de síntesis, utilidad y aplicaciones de las nanopartículas.  
Conocer los fundamentos y características de los diversos enlaces M-C y reconocer las diferentes familias de compuestos organometálicos.  
Conocer los procesos habituales en síntesis de complejos organometálicos y sus propiedades generales.  
Predecir la estabilidad y reactividad de los distintos tipos de compuestos organometálicos de metales de transición y ser capaz de proponer métodos de síntesis.  
Aplicar la información de técnicas analíticas y de caracterización espectroscópicas al análisis de los compuestos organometálicos.  
Resolver y discutir de forma crítica problemas y cuestiones sobre estructura y reactividad de compuestos organometálicos.  
Reconocer la utilidad de los compuestos organometálicos para la síntesis de moléculas orgánicas y como catalizadores en procesos químicos.  
Conocer las aplicaciones de los compuestos de coordinación y organometálicos en terapias médicas y en la preparación de especies luminiscentes.

## 2.3. Importancia de los resultados de aprendizaje

Los resultados de aprendizaje de esta asignatura son importantes porque permitirán al graduado predecir la estabilidad y reactividad de los distintos tipos de compuestos de coordinación y organometálicos, proponer métodos de síntesis y adquirir los criterios para obtener la información adecuada de las técnicas analíticas y espectroscópicas para su caracterización. En definitiva, proporcionan al alumno herramientas que le permitirán desarrollar su capacidad creativa para el desempeño de su tarea como investigador y, los conocimientos para predecir la utilidad de los compuestos inorgánicos y organometálicos en distintos aspectos de la Ciencia y Tecnología actuales.

## 3. Evaluación

### 3.1. Tipo de pruebas y su valor sobre la nota final y criterios de evaluación para cada prueba

La evaluación continua de esta asignatura está basada en las siguientes actividades con la ponderación que se indica:

- 1.- Control de cuestiones teóricas, cuestiones teórico-prácticas, resolución de problemas, y actividades relacionadas de los temas 1 a 5 (**P1**).
- 2.- La preparación y exposición oral de forma individual o en grupo de un trabajo dirigido basado en un artículo científico relacionado con los contenidos de la asignatura (**T1**).
- 3.- Una prueba escrita dentro del periodo de pruebas globales consistente en la resolución de problemas y cuestiones teóricas y/o teórico-prácticas de los temas 6-10 que podrá incluir cuestiones relacionadas con las prácticas (**P2**). Los estudiantes que no se hubieran presentado a la prueba P1 o no hubieran alcanzado una puntuación de 4 sobre 10, dispondrán adicionalmente de una prueba relativa a los temas 1 a 5 (**P1'**).

Para que cualquiera de las calificaciones pueda **promediar** con el resto de las notas es imprescindible obtener una nota mínima de 4 puntos sobre 10 en cualquiera de las pruebas **P1**, **P1'** o **P2**.

La calificación final será la mejor de las siguientes notas:

$$\text{NOTA } 1 = 0,40*(\text{P1} \text{ ó } \text{P1}') + 0,15*\text{T1} + 0,45*\text{P2}$$

$$\text{NOTA 2} = 0,45 \cdot \text{P1}' + 0,55 \cdot \text{P2}$$

La calificación de los alumnos en la segunda convocatoria anual se realizará mediante una única prueba escrita que comprenderá todos los temas de teoría, problemas y práctica definidos como actividades de aprendizaje programadas.

El número de convocatorias oficiales de examen a las que la matrícula da derecho (2 por matrícula) así como el consumo de dichas convocatorias se ajustará a la *Normativa de Permanencia en Estudios de Máster* y al *Reglamento de Normas de Evaluación del Aprendizaje* (<https://ciencias.unizar.es/normativas-asuntos-academicos>). A este último reglamento, también se ajustarán los criterios generales de diseño de las pruebas y sistema de calificación, y de acuerdo a la misma se hará público el horario, lugar y fecha en que se celebrará la revisión al publicar las calificaciones.

## 4. Metodología, actividades de aprendizaje, programa y recursos

### 4.1. Presentación metodológica general

La metodología del curso está dirigida a alcanzar los objetivos de aprendizaje facilitando la comprensión de los diferentes procesos químicos. Con esta finalidad se llevarán a cabo diversas tareas de enseñanza y aprendizaje tales como:

- 1.- Clases teóricas.
- 2.- Clases de problemas y seminarios.
- 3.- Prácticas de laboratorio.

### 4.2. Actividades de aprendizaje

Las actividades docentes y de evaluación se desarrollarán de modo presencial salvo que, debido a la situación sanitaria, las disposiciones emitidas por las autoridades competentes y por la Universidad de Zaragoza dispongan realizarlas de forma telemática. Si el número de las/os estudiantes matriculadas/os supera el aforo establecido del aula la impartición de la docencia seguirá las directrices de la Facultad de Ciencias y/o de la Universidad de Zaragoza. En las clases prácticas de laboratorio, en las que el desarrollo docente requiere generalmente movilidad dentro del espacio físico, se hará uso de mascarillas adecuadas al tipo de actividad.

Actividad formativa de adquisición de conocimientos avanzados en Química Inorgánica y Organometálica. Esta actividad comprende 40 horas presenciales de clases expositivas-interactivas en grupo grande. (4 ECTS)

Clases de resolución de problemas y seminarios. Esta actividad comprende 15 horas de clases presenciales en las que los alumnos, de forma individual o en grupo, resolverán casos prácticos y trabajarán artículos científicos relacionados con los contenidos de la asignatura. (1,5 ECTS)

Prácticas de laboratorio. Esta actividad comprende 5 horas y son obligatorias (0,5 ECTS). Las prácticas de la asignatura junto a las de otras asignaturas del Módulo Química Molecular y Catálisis constituyen un bloque integrado.

Trabajos Dirigidos.

Tutorías. La actividad tutorial se realizará preferentemente a distancia. Los alumnos dispondrán de 3 horas semanales para tutorías individualizadas.

Las actividades docentes y de evaluación se llevarán a cabo de modo presencial salvo que, debido a la situación sanitaria, las disposiciones emitidas por las autoridades competentes y por la Universidad de Zaragoza obliguen a realizarlas de forma telemática o semi-telemática con aforos reducidos rotatorios.

### 4.3. Programa

El programa de la asignatura comprende los siguientes temas:

**Tema 1.- Conceptos fundamentales en Q. de la Coordinación.** Características generales de los metales de transición. Estructura y características de los compuestos de coordinación. Estructura electrónica y enlace. Síntesis y reactividad de los compuestos de coordinación.

**Tema2.- Activación de pequeñas moléculas por coordinación a centros metálicos.** Coordinación de  $\text{CO}_2$  a centros metálicos y reactividad. Reacciones de carboxilación. Complejos con NO y  $\text{N}_2\text{O}$ , modos de coordinación de los óxidos de nitrógeno y procesos de reducción. Coordinación y activación de moléculas diatómicas. Enlaces de hidrógeno inter e intramoleculares.

**Tema 3.- Enlaces metal-metal en los compuestos de coordinación.** Introducción y tipos de enlace. Enlace metal-metal múltiple: orden de enlace, fortaleza y distancia M-M. Preparación y reactividad de complejos con enlace cuádruple. Preparación y reactividad de complejos con enlace triple. Complejos con enlace quintuple. Otros tipos de enlaces metal-metal.

**Tema 4.- Compuestos Clusters.** Clusters carbonilo de alta y baja nuclearidad, El enlace en los carbonilos metálicos. Aplicación de las reglas del NAE y Wade a la estructura de los clústeres. Concepto de Isolobularidad. clústeres de halogenuro. Métodos de síntesis de clústeres y reactividad.

**Tema 5.- Clústeres gigantes y nanopartículas.** Clasificación según tamaño y forma. Métodos de preparación. Propiedades y aplicaciones de las nanopartículas.

**Tema 6.- Tipos de ligandos.** Compuestos organometálicos de los metales de transición con ligandos sigma dadores. Preparación de alquilos y arilos de metales de transición. Estabilidad termodinámica frente a labilidad cinética. Reactividad de alquilos y arilos de metales de transición. Reacciones de inserción. Alquenilos y alquinilos de metales de transición. Preparación, propiedades y aplicaciones.

**Tema 7.- Complejos de metales de transición con enlace multiple M-C.** Carbenos de metales de transición. Tipos de

carbenos: preparación, estructura, enlace y reactividad. Complejos vinilideno y alenilideno. Carbinos metálicos: preparación, estructura, enlace y reactividad. Aplicaciones.

**Tema 8.- Complejos de metales de transición con enlace sigma-pi M-C (sistemas abiertos y cíclicos no aromáticos).**

Enlace, estructura, preparación, reactividad y aplicaciones de complejos de monoolefinas y de diolefinas conjugadas.

Alquino complejos de metales de transición. Alil y enil derivados de metales de transición. Enlace, estructura, preparación, reactividad. Aplicaciones.

**Tema 9.- Complejos de metales de transición con enlace sigma-pi M-C (sistemas aromáticos).** Compuestos de metales de transición con anillos aromáticos. Tipos de compuestos: sándwich y semisándwich. Complejos metálicos con anillos aromáticos de tres y cuatro miembros. Complejos con el ligando ciclopentadienilo. Ciclopentadienil complejos binarios. Complejos con el ligando benceno y sus derivados. Bis(areno)metal complejos. Compuestos semisándwich areno metal carbonilos. Complejos metálicos con anillos aromáticos de siete y de ocho miembros. Preparación, propiedades y aplicaciones.

**Tema 10.- Terapias médicas con complejos metálicos.** Elementos esenciales. Terapia de quelatación. Agentes de diagnóstico. Radiofármacos. Agentes Terapéuticos (anticancerígenos, antiartríticos, antibióticos).

#### 4.4. Planificación de las actividades de aprendizaje y calendario de fechas clave

Toda la información sobre horarios, calendario y exámenes se publica en la web de la Facultad de Ciencias:

<https://ciencias.unizar.es/calendario-y-horarios>, y en la web del Máster: <http://masterqmch.unizar.es>.

En reprografía y/o a través del Anillo Digital Docente se proporcionará al alumno diverso material docente preparado por los profesores de la asignatura (<https://moodle2.unizar.es/add>).

La asignatura *Diseño molecular en Química Inorgánica y Organometálica* se cursará durante el primer semestre, al igual que las otras 3 asignaturas obligatorias del Máster y las optativas *Metodologías fundamentales de síntesis y Recursos bibliográficos y bases de datos*. A lo largo del curso se realizarán controles y trabajos de forma individual o en grupos pequeños para profundizar en algunos temas.

Las prácticas de la asignatura, junto a las de otras asignaturas del módulo *Química Molecular y Catálisis*, constituyen un bloque integrado. Las sesiones de laboratorio se realizarán en la segunda parte del cuatrimestre en horario y lugar que se anunciarán con la suficiente antelación.