

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

COORDINACIÓN GENERAL DE FORMACIÓN BÁSICA  
COORDINACIÓN GENERAL DE FORMACIÓN PROFESIONAL Y VINCULACIÓN UNIVERSITARIA  
PROGRAMA DE UNIDAD DE APRENDIZAJE

## I. DATOS DE IDENTIFICACIÓN

- 1. Unidad Académica:** Facultad de Ingeniería, Mexicali; Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño, Ensenada; y Escuela de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Valle de las Palmas.
- 2. Programa Educativo:** Bioingeniero
- 3. Plan de Estudios:** 2020-1
- 4. Nombre de la Unidad de Aprendizaje:** Química Organometálica
- 5. Clave:** 36262
- 6. HC:** 02 **HL:** 03 **HT:** 00 **HPC:** 00 **HCL:** 00 **HE:** 02 **CR:** 07
- 7. Etapa de Formación a la que Pertenece:** Disciplinaria
- 8. Carácter de la Unidad de Aprendizaje:** Optativa
- 9. Requisitos para Cursar la Unidad de Aprendizaje:** Ninguno



### Equipo de diseño de PUA

Priscy Alfredo Luque Morales  
Ana Leticia Iglesias  
Claudia Mariana Gómez Gutiérrez  
Luis Jesús Villarreal Gómez

Fecha: 31 de octubre de 2018

### Firma

Handwritten signatures in blue ink corresponding to the names listed in the 'Equipo de diseño de PUA' section.

### Vo.Bo. de Subdirectores de Unidades Académicas

Alejandro Mungaray Moctezuma  
Humberto Cervantes de Ávila  
María Cristina Castañón Bautista

### Firma

Handwritten signatures in blue ink corresponding to the names listed in the 'Vo.Bo. de Subdirectores de Unidades Académicas' section.

## **II. PROPÓSITO DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE**

El propósito de la asignatura de Química Organometálica es que el alumno adquiriera los conocimientos básicos relacionados con el enlace entre metal y carbón, que le permitan desarrollar la habilidad de predecir comportamientos químicos de compuestos organometálicos y aplicarlos en los mecanismos de reacción con los parámetros termodinámicos, cinéticos y químicos que los gobiernan, en sistemas catalíticos y biológicos. Para lograr describir los métodos de obtención de compuestos de interés industrial. Esta unidad de aprendizaje se sitúa dentro de la etapa disciplinaria con carácter optativo del programa educativo de Bioingeniero y corresponde al área del conocimiento de Ciencias de la Ingeniería.

## **III. COMPETENCIA DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE**

Analizar las propiedades fisicoquímicas de los compuestos organometálicos, mediante el estudio de sus características estructurales, tipos de enlaces, reactividad y compatibilidad con sistemas biológicos, para aplicarlo en sistemas catalíticos, biológicos en procesos industriales, con actitud innovadora, cuidado al medio ambiente y disposición para el trabajo colaborativo.

## **IV. EVIDENCIA(S) DE DESEMPEÑO**

Elabora y entrega una investigación documental donde se aborde la temática de las aplicaciones de los compuestos organometálicos, donde analice la reactividad y viabilidad de los compuestos en procesos industriales. Se entrega en formato digital que incluyan los apartados de introducción, competencia, marco teórico, metodología, resultados, conclusiones y referencias.

## V. DESARROLLO POR UNIDADES

### UNIDAD I. Clasificación de compuestos organometálicos

**Competencia:**

Distinguir la estructura y configuración de los sistemas organometálicos y los posibles mecanismos de reactividad, mediante el análisis de artículos científicos, para explicar el tipo de interacción entre los ligantes y metal, con actitud analítica, crítica e integradora.

**Contenido:****Duración:** 10 horas

## 1.1. Introducción

1.1.1. Química de coordinación

1.1.2. Teoría Campo cristalino

1.1.3. Retro donación

1.1.4. Tipos de ligando

## 1.2. Técnicas espectroscópicas de caracterización

1.2.1. Espectroscopia de transmisión de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR)

1.2.2. Espectroscopia UV IR

1.2.3. Resonancia magnética nuclear (RMN)

## UNIDAD II. Reactividad de compuestos organometalicos

### Competencia:

Relacionar el tipo de enlace de complejos organometálicos, a través del uso de distintos compuestos con diferentes ligandos, para determinar el tipo de reacción que puede ocurrir y los mecanismos de ataque que presentan las moléculas, con una actitud proactiva y analítica.

### Contenido:

**Duración:** 8 horas

- 2.1. Propiedades generales de Complejos organometálicos
  - 2.1.1. Regla de los 18 electrones
  - 2.1.2. Numero de coordinación y geometría
- 2.2. Tipos de reacciones en química organometálica
  - 2.2.1. Tipo de enlace en complejos
    - 2.2.1.1. Complejos con ligandos con enlace tipo sigma  $\sigma$
    - 2.2.1.2. Complejos con ligandos con enlace tipo pi  $\pi$
  - 2.2.2. Reacciones de sustitución
  - 2.2.3. Reacciones de adición oxidativa y eliminación reductiva
  - 2.2.4. Reacciones de inserción y eliminación
  - 2.2.5. Reacciones sobre ligando coordinado

## UNIDAD III. Catálisis homogénea y heterogénea

### Competencia:

Analizar las reacciones catalizadas por sistemas organometálicos, mediante la descripción de los diferentes tipos de catálisis homogénea y heterogénea, para su aplicación en procesos industriales y bioingenieriles, con actitud proactiva y respecto al medio ambiente.

### Contenido:

**Duración:** 8 horas

- 3.1. Consideraciones generales de sistemas homogéneos y heterogéneos
- 3.2. Comparación entre ambos sistemas catalíticos
- 3.3. Catálisis Homogénea
  - 3.3.1. Hidrogenación de olefinas
  - 3.3.2. Hidroformilación o reacción oxo
  - 3.3.3. Polimerización
- 3.4. Catálisis Heterogénea
  - 3.4.1. Proceso Fisher-Tropsch
  - 3.4.2. Otros procesos industriales
  - 3.4.3. Catálisis de nano partículas: frontera entre catálisis homogénea y heterogénea

## UNIDAD IV. Aplicaciones de química organometálica

### Competencia:

Utilizar los conocimientos de la estructura, activación de enlace de compuestos organometálicos, a través del uso de técnicas espectroscópicas de caracterización, para aplicar los compuestos bioorganometálicos en sistemas biológicos, con responsabilidad y dedicación.

### Contenido:

**Duración:** 6 horas

- 4.1. Activación de enlaces y moléculas pequeñas
  - 4.1.1. Activación CO, CO<sub>2</sub>
  - 4.1.2. Activación C-H
  - 4.1.3. Materiales y polímeros organometálicos
- 4.2. Bio-organometalica
  - 4.2.1. Introducción
  - 4.2.2. Coenzima B12
  - 4.2.3. Fijación de nitrógeno
  - 4.2.4. Enzimas Níquel
  - 4.2.5. Aplicaciones biomédicas

## VI. ESTRUCTURA DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO

No. de Práctica	Competencia	Descripción	Material de Apoyo	Duración
<b>UNIDAD I</b>				
1	Conocer las diferentes normas de seguridad e higiene en el laboratorio, a través del manual de laboratorio, para aplicar en prácticas de laboratorio, con respecto al medio ambiente, y actitud crítica.	Visita al laboratorio para conocer las definiciones, las normas de seguridad y primeros auxilios en casos de emergencia en el laboratorio de química, para aplicarlos durante la realización de las actividades experimentales	Hojas de seguridad del laboratorio, manual de prácticas de laboratorio, reglamento de laboratorio	3 horas
2	Analizar las técnicas de manipulación en atmósfera inerte, a través de un sistema de vacío, para comprender el impacto en los compuestos organometálicos, con responsabilidad y pensamiento analítico	El alumno va manipular correctamente la línea de nitrógeno, sistema de línea de vacío utilizando la técnica Schlenk más básicas y entrega de informe al docente	Matraz de dos bocas, Refrigerante con mangueras, Septum o tapón de hule, Barra de agitación magnética,	3 horas
3	Realizar la técnica de espectroscopia de UV-Vis, a través del manejo del equipo, para aplicar la Ley de Beer, que relaciona la estructura química con los diferentes tipos de transiciones, con disciplina y trabajo en equipo.	Preparación de soluciones a diferentes concentraciones, y disolventes, para medir la Absorbancia en el equipo de UV-Vis. Entrega de informe al docente	2 Vaso de precipitado de 100 ml 2 vasos de precipitados de 20 ml 1 pipeta de 10 mL 1 matraz de aforación de 10 mL 4 viales de 20 mL 1 propipeta 1 Espátula 1 agitador de vidrio Plancha de agitación 1 agitador magnético Disolventes organicos	4 horas
4	Determinar los grupos funcionales de compuestos organometálicos, a través del estudio de los resultados de FT-IR, para interpretar los resultados del compuesto, con orden y perseverancia.	El alumno aprenderá a utilizar el espectrofotómetro, haciendo uso de muestras líquidas y sólidas, llegando así a interpretar resultados que este arroje. Entrega de informe al docente	Agua Etanol Muestras por alumno Espectrofotómetro FTIR	6 horas

UNIDAD II				
5	Analizar compuestos organometalicos, para determinar las moléculas presentes en diferentes materiales, a través de resonancia magnética nuclear <sup>1</sup> H, <sup>13</sup> C RMN, con respeto al medio ambiente y perseverancia.	En esta práctica se van a estudiar diferentes moléculas, así como interpretación de diferentes compuestos organometálicos. Entrega de informe al docente	Agua Etanol Equipo de Resonancia 400MHz	6 horas
6	Determinar el $10Dq$ o $\Delta E$ , mediante la fórmula del cálculo de energía $\Delta E = hc/v$ en ligantesmonodentados y bidentados de complejos de Cu(II), para determinar la serie espectroquímica de ligantes, con precisión y respeto al medio ambiente.	Determinación de la $\lambda_{max}$ de diferentes soluciones de ligantes monodentados. Entrega de informe al docente	6 Vaso de precipitado de 100 ml, 2 vasos de precipitados de 20 ml 1 vaso precipitados de 250 ml 1 embudo de filtración 3 pipeta de 5 ml 1 propipeta 6 tubos de ensayo con rosca 150 x 10 mm 1 plancha de calentamiento 1 Vidrio de reloj 1 Espátula 1 agitador de vidrio Papel filtro	3 horas
7	Distinguir el efecto quelato, a través del estudio de los ligantespolidentados sobre los monodentados, para predecir la reactividad de los complejos de coordinación, con actitud proactiva y analítica.	Preparación de soluciones a diferentes concentraciones de ligantesmonodentados y bidentados. Entrega de informe al docente	12 tubos de ensaye con rosca de 150 x 10 mm 2 vasos de precipitados de 50 ml 1 pipeta de 5 ml 5 pipetas Pasteur desechables 1 agitar de vidrio 1 gradilla para tubos	3 horas
UNIDAD III				
8	Sintetizar compuestos de coordinación, a través de la teoría de ligante y complejo, para identificar la isomería en compuestos inorgánicos, con respeto y cuidado al medio	Preparación de un complejo transde metal de transición $M^{+2}$ , con un ligante bidentado, para su oxidación a $M^{+3}$ . Por tratamiento térmico, se transforma del isómero trans a cis.	1 manta de calentamiento 2 vasos de precipitado de 250 m 2 vasos de precipitados de 100 ml 1 pipeta de 5 ml 1 pipeta de 1 ml 1 tupo de precipitados de 150 x 10	3 horas

	ambiente.	Entrega de informe al docente	mm 1 vidrio de reloj	
9	Sintetizar un complejo de coordinación bioinorgánico, a través de técnicas de Schleck, para observar el comportamiento de sistemas biológicos, con perseverancia y trabajo en equipo.	Síntesis orgánica del ligante, por medio de un sistema de reflujo, purificación por cromatografía de columna y caracterización por UV-Vis y <sup>1</sup> H RMN del ligante nitrogenado. Con el ligante puro, se prepara el complejo de metal de transición M <sup>+2</sup> , con sistema de reflujo, el cual se caracteriza por UV-Vis.  Entrega de informe al docente	Agitar magnético, plancha de agitación, matraz bola, condensador, manta de calentamiento, reostato, pipetas pasteur, bulbos para pipetas pasteur, placas de TLC, envase para placas de TLC, lámpara UV, rotaevaporador,	9 horas
<b>UNIDAD IV</b>				
10	Estudiar un complejo acarreador de oxígeno, a través de síntesis orgánicas, para modelar el comportamiento de enzimas y/o proteínas, con actitud y respeto al medio ambiente.	Síntesis de orgánica de un ligante tetradentado por medio de un sistema de reflujo, y su caracterización por FT-IR y punto de fusión. Preparación de un complejo a través de técnicas schlenk y sistema a reflujo. Caracterización por FT-IR y punto de fusión. Monitorear la absorción de oxígeno por el complejo sintetizado y disuelto en DMSO mediante un aparato sencillo dique asemeja un sistema biológico.  Entrega de informe al docente	Embudo Buchner, aparato de punto de fusión, matraz de 3 bocas unión (24/40), plancha de calentamiento con agitación, agitador magnético, desecador al vacío,	9 horas

## VII. MÉTODO DE TRABAJO

**Encuadre:** El primer día de clase el docente debe establecer la forma de trabajo, criterios de evaluación, calidad de los trabajos académicos, derechos y obligaciones docente-alumno.

### **Estrategia de enseñanza (docente)**

En esta unidad de aprendizaje, el docente es un apoyo para el aprendizaje y emplea teorías constructivistas, conductistas, ingenieriles y científicas proporcionando información necesaria para que el alumno logre la integración de los diversos temas a tratar durante el desarrollo de la materia, recomienda lecturas previas a cada tema, asigna actividades extraclase individuales y por equipo para reafirmar el conocimiento. Revisa las tareas y avances de propuestas de proyectos realizando observaciones pertinentes para que exista una retroalimentación y un desarrollo adecuado de dichas propuestas.

### **Estrategia de aprendizaje (alumno)**

El estudiante toma notas del material visto en clase, analiza y expone dudas o puntos de vista basándose en los temas tratados. Trabaja de manera individual y en equipo para organizar y efectuar propuestas de proyectos. Adicionalmente, el estudiante realiza búsquedas de información complementaria a lo visto en clase y analiza aplicaciones prácticas de los temas tratados. Elabora un portafolio de desempeño y participa de una manera crítica, cooperativa y respetuosa durante todo el semestre. El estudiante realizará exposiciones individuales y en equipo de los temas analizados en clase.

## VIII. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

La evaluación será llevada a cabo de forma permanente durante el desarrollo de la unidad de aprendizaje de la siguiente manera:

### **Criterios de acreditación**

- Para tener derecho a examen ordinario y extraordinario, el estudiante debe cumplir los porcentajes de asistencia que establece el Estatuto Escolar vigente.
- Calificación en escala del 0 al 100, con un mínimo aprobatorio de 60.

### **Criterios de evaluación**

- Evaluaciones Parciales (3)..... 35 %
  - Portafolio de Evidencia..... 15%
  - Evidencia de desempeño..... 50%
  - (Investigación documental)
- Total..... 100%**

## IX. REFERENCIAS

### Básicas

Bruce, R.K. (2012). *Transition-Metal Organometallic Chemistry: An Introduction*. New York, Estados Unidos: Academic Press [clasica]

Crabtree, R. C. (2014). *The Organometallic Chemistry of the Transition Metals*. New York, Estados Unidos: Wiley VCH.

Muhammad U., Li W., Haojie Y., Fazal H., Muhammad H., Raja S., Amin K., Ahsan N., Tarig E. (2018). Recent progress on ferrocene-based burning rate catalysts for propellant applications. *Journal of Organometallic Chemistry*, 872, 40-53.

Pregosin, P.S. (2012). *NMR in Organometallic Chemistry*. New York, Estados Unidos: Wiley VCH. [clasica]

Chemistry, O. and OpenCourseWare, M. (2018). Organometallic Chemistry. *MIT OpenCourseWare*. Recuperado de: <https://ocw.mit.edu/courses/chemistry/5-44-organometallic-chemistry-fall-2004/index.htm>

### Complementarias

Chemistry, O. and OpenCourseWare, M. (2018). Organometallic Chemistry. *MIT OpenCourseWare*. Recuperado de: <https://ocw.mit.edu/courses/chemistry/5-44-organometallic-chemistry-fall-2004/index.htm>

Housecroft, C. E., y Sharpe, A. G. (2006). *Química Inorgánica*. México: Pearson.

The Organometallic Reader. (2018). *Epic Ligand Survey: Phosphines*. Recuperado de <https://organometallicchem.wordpress.com/2012/01/20/epic-ligand-survey-phosphines/#more-325>

Wailes, P.C. (2012). *Organometallic Chemistry of Titanium, Zirconium, and Hafnium*. New York, Estados Unidos: Academic Press. [clasica]

Ward, T.R. (2009). *Bio-inspired catalyst (Topics in organometallic chemistry)*. Nueva York, Estados Unidos: Springer. [clasica]

Xiomara, N.P., Arnold L.R., Enrique, M. (2018). Ferrocene-steroid conjugates: Synthesis, structure and biological activity. *Journal of Organometallic Chemistry*, 846, 113-120.

## X. PERFIL DEL DOCENTE

El docente debe contar con título de Licenciatura o Ingeniería en el área de ciencias exactas, con experiencia docente y laboral de dos años preferentemente contar con un Posgrado afín a la unidad de aprendizaje. Tener la habilidad para guiar a los estudiantes a la comprensión de los conceptos del curso, que lleve a las potenciales aplicaciones. Tener conocimiento de paqueterías (Word, y Power Point) y aplicaciones actuales que sirvan de apoyo en el proceso de enseñanza- aprendizaje, ordenado y metódico.