

23-24

MÁSTER UNIVERSITARIO EN CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA QUÍMICA

# GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA



## APLICACIÓN DE SÓLIDOS INORGÁNICOS EN QUÍMICA VERDE

CÓDIGO 21151164

UNED

23-24

APLICACIÓN DE SÓLIDOS INORGÁNICOS  
EN QUÍMICA VERDE

CÓDIGO 21151164

# ÍNDICE

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN  
REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA  
ASIGNATURA  
EQUIPO DOCENTE  
HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE  
COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE  
RESULTADOS DE APRENDIZAJE  
CONTENIDOS  
METODOLOGÍA  
SISTEMA DE EVALUACIÓN  
BIBLIOGRAFÍA BÁSICA  
BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA  
RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

Nombre de la asignatura	APLICACIÓN DE SÓLIDOS INORGÁNICOS EN QUÍMICA VERDE
Código	21151164
Curso académico	2023/2024
Título en que se imparte	MÁSTER UNIVERSITARIO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA
Tipo	CONTENIDOS
Nº ETCS	6
Horas	150.0
Periodo	SEMESTRE 2
Idiomas en que se imparte	CASTELLANO

## PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

La asignatura “Aplicación de sólidos inorgánicos en Química Verde” pertenece al módulo III. “Química Inorgánica y Química Técnica” del Master en Ciencia y Tecnología Química.

Su contenido permite al estudiante conocer los principios generales de la Química Verde así como los distintos métodos o procesos alternativos y casos prácticos que permitan realizar procesos de síntesis de laboratorio o industriales evitando en lo posible, la generación de residuos.

La asignatura “Aplicación de sólidos inorgánicos en Química Verde” pertenece al módulo III. “Química Inorgánica y Química Técnica” del Master en Ciencia y Tecnología Química. El enfoque de este Master es Mixto, ya que, aunque está orientado fundamentalmente a la iniciación en tareas de investigación (orientación investigadora), que se desarrollarán posteriormente con la realización de la Tesis doctoral, posibilita también la especialización académica sin requerir necesariamente la realización de un trabajo de investigación por parte del estudiante (orientación académica).

Se trata de una asignatura optativa, al igual que el resto de las asignaturas que se ofertan en el Master, y puede ser cursada con independencia del resto de asignaturas que se hayan elegido. Sin embargo, es recomendable elegir asignaturas del mismo módulo para conseguir una formación más específica en el área de conocimiento ofertada en el módulo.

Su contenido permite al estudiante conocer los principios generales de la Química Verde así como los distintos métodos o procesos alternativos y casos prácticos que permitan realizar procesos de síntesis de laboratorio o industriales evitando en lo posible, la generación de residuos.

Desde el punto de vista académico, se pretende, también, desarrollar en el estudiante la capacidad de valorar la importancia de la Química Verde en el contexto industrial, económico, social y medioambiental, y proporcionar conocimientos relacionados con el uso de tecnologías alternativas en los procesos químicos y en la producción de energía mediante uso de vectores energéticos limpios.

El programa facilita al estudiante la adquisición de una perspectiva de logros y líneas de investigación actuales en este campo, y proporciona una base sólida de conocimientos y habilidades con las que pueda abordar la resolución de problemas medioambientales relacionados con los procesos químicos.

En este sentido, los contenidos de la asignatura forman parte de las líneas de investigación del Departamento de Química Inorgánica y Química Técnica, como son:

- Química Verde y catálisis heterogénea. Tecnologías de uso sostenible
- Materiales porosos. Química Verde y catálisis heterogénea
- Preparación y caracterización de materiales porosos (carbones, óxidos, arcillas, composites) y aplicaciones catalíticas
- Materiales como catalizadores en procesos de química fina y descontaminación
- Técnicas experimentales de estudio de superficies

El equipo docente de la asignatura pertenece al Grupo de investigación “Grupo de *Catálisis no convencional aplicada a la Química Verde*”, del Departamento de Química Inorgánica y Química Técnica de la Universidad Nacional de Educación a Distancia, que posee una trayectoria consolidada desde hace años en temas de docencia e investigación relacionados con los contenidos de la asignatura. Por tanto, se dispone de recursos adecuados para la realización de prácticas de laboratorio, que son una oportunidad para consolidar los conceptos teóricos asimilados a lo largo de la asignatura.

El Departamento de Química Inorgánica y Química Técnica ofrece la posibilidad de intercambio Erasmus a sus estudiantes, ya que posee varios acuerdos bilaterales con distintos países europeos en temas relacionados con la asignatura, lo que permite realizar labores experimentales en otros laboratorios, que pueden ser complementarios para su formación futura como investigador, profesional en la industria química o como docente.

En definitiva, el programa persigue que el estudiante adquiera una perspectiva amplia en un área multidisciplinar muy reciente en la química que propone prevenir la contaminación desde su origen, haciendo especial énfasis en la aplicación y combinación de los conocimientos que van a ser demandados por la industria química y la sociedad en general.

## REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA

Los generales de acceso a este programa de posgrado orientado tanto a la investigación como a la formación académica.

## EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos  
Correo Electrónico  
Teléfono  
Facultad  
Departamento

ROSA MARIA MARTIN ARANDA (Coordinador de asignatura)  
rmartin@ccia.uned.es  
91398-7351  
FACULTAD DE CIENCIAS  
QUÍMICA INORGÁNICA Y QUÍMICA TÉCNICA

Nombre y Apellidos	FRANCISCO IVARS BARCELO
Correo Electrónico	franciscoivars@ccia.uned.es
Teléfono	91398-7340
Facultad	FACULTAD DE CIENCIAS
Departamento	QUÍMICA INORGÁNICA Y QUÍMICA TÉCNICA

## HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

En esta asignatura las tutorías dependen del equipo docente por dos vías: (1) contestando directamente al estudiante por cualquier medio (teléfono, carta, correo electrónico) sobre sus cuestiones o dudas, y (2) dentro del curso virtual en las denominadas tutorías virtuales. Ambas son continuas y permanentes durante el desarrollo del curso.

También el profesorado tiene un horario de permanecía en la Facultad de Ciencias de la UNED, para atención personal a los estudiantes, presencial o por teléfono. Excepto en periodos de vacaciones y en las semanas de celebración de Pruebas Presenciales, este horario es: martes de 15.30 a 18.30 y jueves de 10:00 a 13:30.

La dirección actual de nuestro Departamento es:

Centro UNED Las Rozas 1  
 Urbanización Monte Rozas  
 Avenida de Esparta s/n  
 Carretera de Las Rozas al Escorial km 5  
 28232 Las Rozas-Madrid

Por tanto, independientemente de las citas que se puedan concertar de manera presencial, se puede contactar con los profesores a través de los medios concretos indicados en la Tabla siguiente:

Rosa María Martín Aranda	e- teléfono: 91 398 7351 mail: rmartin@ccia.uned.es
Francisco Ivars Barceló	e- teléfono: 91 398 7340 mail: franciscoivars@ccia.uned.es

## COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

### COMPETENCIAS BÁSICAS

CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación

CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio

CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios

CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades

CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

### COMPETENCIAS GENERALES

CG05 - Adquirir capacidad de organización y de decisión

CG06 - Comprender y manejar sistemáticamente los aspectos más importantes relacionados con un determinado campo de la química

CG07 - Dominar las habilidades y métodos de investigación relacionados con el campo de estudio

CG08 - Adquirir la capacidad de detectar carencias en el estado actual de la ciencia y tecnología

CG09 - Desarrollar la capacidad para proponer soluciones a las carencias detectadas

CG10 - Desarrollar la capacidad para proponer y llevar a cabo experimentos con la metodología adecuada, así como para extraer conclusiones y determinar nuevas líneas de investigación

### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

CE01 - Desarrollar la habilidad y destreza necesarias en la experimentación química para aplicar sus conocimientos químicos, teóricos y prácticos en el análisis químico

CE02 - Adquirir la capacidad de la utilización de variables que permiten obtener información químico-analítica.

CE04 - Manejar equipos e instrumentos especializados

CE05 - Ser capaz de transmitir a públicos especializados y no especializados los conocimientos adquiridos en el ámbito de la química.

## RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Se pretende dar a conocer al estudiante los principios generales de la Química Verde así como presentar los distintos métodos o procesos alternativos y casos prácticos que permitan realizar procesos de síntesis de laboratorio o industriales evitando en lo posible, la generación de residuos.

Se pretende, también, desarrollar en el estudiante la capacidad de valorar la importancia de la Química Verde en el contexto industrial, económico, social y medioambiental y proporcionar conocimientos relacionados con el uso de tecnologías alternativas en los procesos químicos.

El programa facilita al estudiante la adquisición de una perspectiva de logros y líneas de investigación actuales en este campo, permitiendo adquirir al estudiante el conocimiento y clasificación de las reacciones catalizadas por sólidos inorgánicos, y de los tipos de catalizadores sólidos así como su caracterización de una forma general

Un objetivo importante es dar a conocer al estudiante las redes nacionales e internacionales de química verde y química sostenible.

## CONTENIDOS

### Temas 1-7

#### Tema 1. Química verde y catálisis

- 1.1. Introducción. Principios de la química verde
- 1.2. Procesos catalíticos desde el punto de vista de la química verde
- 1.3. Nuevos medios de reacción
  - 1.3.1. Líquidos iónicos y CO<sub>2</sub> supercrítico.
  - 1.3.2. Activación por microondas y ultrasonidos
  - 1.3.3. Activación por métodos electroquímicos y fotoquímicos
- 1.4. Procesos catalíticos. Ejemplos
  - 1.4.1. Catálisis por sólidos ácidos y básicos
  - 1.4.2. Nuevos métodos de oxidación-reducción
  - 1.4.3. Biocatálisis y catálisis asimétrica

#### Tema 2. Catalizadores sólidos. Principios generales

- 2.1. Introducción a la catálisis por sólidos inorgánicos. Ventajas de la catálisis heterogénea frente a la catálisis homogénea
- 2.2. Tipos de catalizadores sólidos
- 2.3. Preparación, propiedades y usos de los catalizadores sólidos

- 2.3.1 Preparación
- 2.3.2. Estabilidad catalítica
- 2.3.3. Activación
- 2.3.4. Regeneración
- 2.4. Factores industriales y medioambientales

Tema 3. Caracterización de catalizadores sólidos

- 3.1. Introducción
- 3.2 Estabilidad de los catalizadores sólidos
- 3.3. Área superficial y porosidad
- 3.4. Naturaleza y fuerza de los centros activos
  - 3.4.1. Métodos teóricos de caracterización
    - 3.4.1.1. Electronegatividad de Sanderson
    - 3.4.1.2. Cálculos de orbitales moleculares
  - 3.4.2. Métodos de caracterización espectroscópicos
    - 3.4.2.1. Espectroscopia infrarroja de moléculas sonda
    - 3.4.2.2. Espectroscopia de absorción visible
    - 3.4.2.3. Microcalorimetría de moléculas sonda
    - 3.4.2.4. Desorción de moléculas sonda a temperatura programada (TPD)
    - 3.4.2.5. Difracción de rayos X
    - 3.4.2.6. XPS
    - 3.4.2.7. Raman
    - 3.4.2.8. EPR
  - 3.4.3. Reacciones modelo
    - 3.4.3.1. Reacciones modelo sobre sólidos ácidos
    - 3.4.3.2. Reacciones modelo sobre sólidos básicos
      - 3.4.3.2.1. Isomerización de dobles enlaces
      - 3.4.3.2.2. Deshidrogenación de alcoholes
      - 3.4.3.2.3. Hidrogenaciones
      - 3.4.3.2.4. Reacciones de condensación (condensación aldólica y de Knoevenagel)
      - 3.4.3.2.5. Alquilaciones
      - 3.4.3.2.6. Alquilación de la cadena lateral de o-xileno con 1,3-butadieno
      - 3.4.3.2.7. Otras

Tema 4. Reacciones catalizadas por sólidos ácidos

- 4.1. Introducción
- 4.2. Tipos de sólidos ácidos



- 4.2.1. Ácidos Brönsted
- 4.2.2. Ácidos Lewis
- 4.2.3. Superácidos
- 4.2.4. Zeolitas
- 4.2.5. Sólidos mesoporosos
- 4.2.6. Arcillas
- 4.2.7. Carbones activados
- 4.2.8. Óxidos metálicos
- 4.3. Reacciones
  - 4.3.1. Isomerizaciones y transposiciones
  - 4.3.2. Eliminaciones
  - 4.3.3. Adiciones
  - 4.3.4. Alquilaciones y acilaciones
  - 4.3.5. Ciclaciones
  - 4.3.6. Esterificaciones
  - 4.3.7. Otras reacciones

#### Tema 5. Reacciones catalizadas por bases

- 5.1. Introducción
- 5.2. Tipos de sólidos básicos
  - 5.2.1. Óxidos alcalinotérreos (MgO, CaO, SrO, BaO) y óxidos mixtos
  - 5.2.2. Metales alcalinos soportados sobre óxidos metálicos (Na/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na/MgO)
  - 5.2.3. Metales alcalinos sobre Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tratados con hidróxidos de metales alcalinos (Na/NaOH/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K/KOH/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)
  - 5.2.4. Compuestos de metales alcalinos soportados sobre alúmina (KNO<sub>3</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, KHCO<sub>3</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)
  - 5.2.5. Zeolitas, zeolitas modificadas y sólidos mesoporosos
  - 5.2.6. Arcillas
  - 5.2.7. Hidrotalcitas
  - 5.2.8. Carbones activados
  - 5.2.9. Oxinitruros de aluminofosfatos (AlPON, ZrPONs)
  - 5.2.10. Sólidos superbásicos
  - 5.2.11. Sólidos bifuncionales ácido-base
- 5.3. Reacciones
  - 5.3.1. Isomerizaciones y transposiciones
  - 5.3.2. Hidrogenaciones y deshidrogenaciones
  - 5.3.3. Eliminaciones

- 5.3.4. Alquilaciones
- 5.3.5. Reacciones de condensación
- 5.3.6. Adiciones de Michael
- 5.3.7. Otras reacciones (aminaciones)

## Tema 6. Reacciones de oxidación catalizadas por sólidos inorgánicos

- 6.1 Introducción
- 6.2 Tipos de catalizadores sólidos para oxidación
- 6.3. Reacciones
  - 6.3.1. Oxidación de alcanos
  - 6.3.2. Oxidación de alquenos
  - 6.3.3. Oxidación de aromáticos
  - 6.3.4. Oxidación de alcoholes y aldehídos
  - 6.3.5. Oxidación de otros compuestos (lactonas, aminas, sulfóxidos, disulfuros)

## Tema 7. Otras reacciones catalizadas por sólidos inorgánicos

- 7.1. Introducción
- 7.2. Hidrogenaciones
- 7.3. Nitraciones
- 7.4. Halogenaciones
- 7.5. Reacción de Diels-Alder
- 7.6. Polimerizaciones y oligomerizaciones
- 7.7. Otras reacciones (transposiciones, carbonizaciones, Canizzaro)

## METODOLOGÍA

El equipo docente ofrecerá una completa tutorización de la asignatura a través de su curso virtual en Ciber Uned. Este curso virtual será la principal herramienta de comunicación entre el Equipo Docente y el estudiante. En él se podrá encontrar todo el material necesario para el estudio de la asignatura (Unidades Didácticas, documentación teórica y práctica, lecturas, artículos, enlaces a páginas Web) así como herramientas de comunicación en forma de *Foros de Debate* para que el estudiante pueda consultar al Equipo Docente las dudas que se le vayan planteando durante el estudio. A través de este curso, el Equipo Docente informará a los alumnos de los cambios y/o novedades que vayan surgiendo. Por consiguiente, es fundamental que todos los alumnos matriculados utilicen esta plataforma virtual para el estudio de la asignatura y, si ello no fuera posible, que se pongan en contacto con los profesores del Equipo Docente para que tengan constancia de esto y les faciliten el material necesario.

Respecto a las clases de prácticas de laboratorio (10 horas), se realizarán en una sesión de

un día completo o en dos sesiones de mañana en los laboratorios de la Facultad de Ciencias de la Sede Central de Madrid. Se procurará concentrar la realización de las prácticas de las asignaturas de cada semestre en una única semana, con objeto de facilitar los desplazamientos de los estudiantes

## SISTEMA DE EVALUACIÓN

### TIPO DE PRUEBA PRESENCIAL

Tipo de examen No hay prueba presencial

### CARACTERÍSTICAS DE LA PRUEBA PRESENCIAL Y/O LOS TRABAJOS

Requiere Presencialidad No

Descripción

5 trabajos monográficos

Criterios de evaluación

cada trabajo supone 1/5 de la nota total

Ponderación de la prueba presencial y/o los trabajos en la nota final 1/5 de la nota final cada trabajo

Fecha aproximada de entrega 15/05/2023

Comentarios y observaciones

### PRUEBAS DE EVALUACIÓN CONTINUA (PEC)

¿Hay PEC? Si,PEC no presencial

Descripción

Preguntas a desarrollar sobre el contenido de cada tema

Criterios de evaluación

Ponderación de la PEC en la nota final 1 punto máximo

Fecha aproximada de entrega PEC/15/06/2023

Comentarios y observaciones

### OTRAS ACTIVIDADES EVALUABLES

¿Hay otra/s actividad/es evaluable/s? No

Descripción

Criterios de evaluación

Ponderación en la nota final

Fecha aproximada de entrega

Comentarios y observaciones

### ¿CÓMO SE OBTIENE LA NOTA FINAL?

La suma de la calificación obtenida en cada trabajo monográfico, más un punto, como máximo por la realización de las PEC

## BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

ISBN(13):9783527307159

Título:GREEN CHEMISTRY AND CATALYSIS (2007)

Autor/es:Sheldon, Ra., Arends, I., Hanefeld, U., ;

Editorial:Wiley-VCH, Weinheim, Germany, 2007

Bibliografía básica:

- Temas desarrollados por el equipo docente “Aplicación de sólidos inorgánicos en Química Verde”, se encuentran virtualizados a disposición del alumno en el apartado Documentos del curso virtual de la asignatura.
- Complementariamente, algunos temas de la asignatura pueden prepararse también consultando otros libros de Química Verde de nivel universitario, en particular:
  - SHELDON, RA., ARENDS, I., HANEFELD, U., “Green Chemistry and Catalysis” Wiley-VCH, Weinheim, Germany, 2007. ISBN: 978-3-527-30715-9
  - CABILDO MIRANDA, P., CORNAGO RAMÍREZ, P., ESCOLÁSTICO LEÓN, C, ESTEBAN SANTOS, S., FARRÁN MORALES, MA., PÉREZ TORRALBA, M., SANZ DEL CASTILLO, D., “Procesos orgánicos de bajo impacto ambiental. Química Verde”. Ediciones UNED, Madrid, 2006. ISBN: 84-362-5289-6

## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

### ***Bibliografía complementaria***

Otros textos que pueden ser consultados para información complementaria son los siguientes:

- CLARK, JH., MACQUARRIE, DJ., “Handbook of Green Chemistry and technology”, Blackwell, Abingdon, 2002
- ANASTAS, P., WARNER, JC., (Eds), “Green Chemistry; Theory and Practice” Oxford University Press, Oxford, 1998
- ANASTAS PT., WILLIAMSON, TC., (Eds), “Green Chemisty; Frontiers in chemical synthesis and Processes” oxford University Press, Oxford, 1998.

Adicionalmente, será necesaria la búsqueda de bibliografía científica actualizada para alguna de las tareas evaluables a desarrollar, por parte del alumno, a través de los recursos bibliográficos que ofrece la Biblioteca de la UNED, o de plataformas de búsqueda alternativas como google scholar o las que se mencionan en la guía (en el apartado Recursos de apoyo y webgrafía).

## RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

### *Recursos on-line*

Plataforma tecnológica española de química sostenible: <http://pte-quimicasostenible.org>

SusChem. European Technology Platform for Sustainable Chemistry

CORDIS. Exploring the nano-world: <http://cordis.europa.eu.int>

Homepage of the North American Catalysis Society and related links: [www.nacatsoc.org](http://www.nacatsoc.org)

Green Chemistry network: <http://chemsoc.org/network/gcn>

American Chemistry Society: <http://center.acs.org/applications/greenchem/>

Universidad de Scranton: <http://academic.scranton.edu/faculty/CANNM1/intro.html>

---

## IGUALDAD DE GÉNERO

En coherencia con el valor asumido de la igualdad de género, todas las denominaciones que en esta Guía hacen referencia a órganos de gobierno unipersonales, de representación, o miembros de la comunidad universitaria y se efectúan en género masculino, cuando no se hayan sustituido por términos genéricos, se entenderán hechas indistintamente en género femenino o masculino, según el sexo del titular que los desempeñe.