

# APLICACIÓN DE SÓLIDOS INORGÁNICOS EN QUÍMICA VERDE

Curso 2017/2018

(Código: 21151164)

## 1. PRESENTACIÓN

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.

## 2. 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. 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.

### 3. REQUISITOS PREVIOS RECOMENDABLES

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

### 4. 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.

### 5. CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA

## 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

1.3.4. 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
    - 3.4.3.2.5. Alquilación de la cadena lateral de o-xileno con 1,3-butadieno
    - 3.4.3.2.6. Otras

## Tema 4. Reacciones catalizadas por sólidos ácidos

### 4.1. Introducción

### 4.2. Tipos de sólidos ácidos

- 4.2.1. Ácidos Brønsted
- 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

3.4.5. Ciclaciones

3.4.6. Esterificaciones

3.4.7. 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 (AIPON, 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)

### 6.EQUIPO DOCENTE

- [ROSA MARIA MARTIN ARANDA](#)
- [M. JESUS DEL PILAR AVILA REY](#)
- [VANESA CALVI NO CASILDA](#)

### 7.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

## 8. 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

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

Comentarios y anexos:

Bibliografía básica

<!--[if !supportLists]--> <!--[endif]-->AVILA REY, MJ., CALVINO CASILDA, V., MARTÍN ARANDA, RM, "Aplicación de sólidos inorgánicos en Química Verde". UU. DD. virtualizadas. Se encuentran a disposición del alumno en la plataforma virtual Ciber UNED.

Estas Unidades Didácticas desarrollan el programa completo de la asignatura. No se precisa ningún otro material complementario al proporcionado en las Unidades.

En cualquier caso, 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

## 9. BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Comentarios y anexos:

*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 Chemistry; Frontiers in chemical synthesis and Processes" oxford University Press, Oxford, 1998.

## 10. RECURSOS DE APOYO AL ESTUDIO

*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](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>

## 11. TUTORIZACIÓN Y SEGUIMIENTO

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, Problemas) 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.

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, deben ponerse en contacto con los profesores del Equipo Docente para que tengan constancia de esto y les faciliten el material necesario.

## 12. EVALUACIÓN DE LOS APRENDIZAJES

La valoración del nivel de conocimientos conseguido por el estudiante se materializará en una calificación que será el resultado de una evaluación continua y personalizada con metodología a distancia, a través de distintas actividades a lo largo del curso, como son: un trabajo monográfico sobre algún tema relacionado con el contenido de la asignatura (que contribuirá en un 40% en la nota global), la realización de un cuestionario o prueba de evaluación a distancia sobre el temario (que contribuirá en un 20% en la nota global), la realización de las prácticas (que contribuirá en un 20% en la nota global), y



participación, presentación y debate en actividades on-line a través de la plataforma (foros, seminarios), que contribuirá en un 20% en la nota global.

#### Trabajo monográfico

Consistirá en la realización de un trabajo de desarrollo sobre un tema de actualidad relacionado con el temario de la asignatura. Su selección se realizará mediante consulta al equipo docente.

#### Prueba de evaluación a distancia o cuestionario

En esta asignatura existe una Pruebas de Evaluación a Distancia o cuestionario. Se recomienda a los alumnos la realización *detallada* del mayor número posible de los ejercicios que se colocarán en el curso virtual de esta asignatura en Ciber Uned. Los alumnos que no puedan acceder a Ciber Uned pueden pedir estos ejercicios propuestos a los Profesores de la Sede Central para que se los remitan por correo.

#### Prácticas de laboratorio

Las prácticas de laboratorio son obligatorias para superar la asignatura. Para su realización los alumnos deben ponerse en contacto con el Equipo Docente de la Sede Central.

### 13.COLABORADORES DOCENTES

Véase equipo docente.