

18-19

MÁSTER UNIVERSITARIO EN CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA QUÍMICA

# GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA



## RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR DE ALTA RESOLUCIÓN

CÓDIGO 21151200



Ámbito: GUJ - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



1141A5961D72BB285C4FEDAEEFD2BE50D

18-19

RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR DE  
ALTA RESOLUCIÓN  
CÓDIGO 21151200

# 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	RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR DE ALTA RESOLUCIÓN
Código	21151200
Curso académico	2018/2019
Título en que se imparte	MÁSTER UNIVERSITARIO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA
Tipo	CONTENIDOS
Nº ETCS	6
Horas	150.0
Periodo	SEMESTRE 1
Idiomas en que se imparte	CASTELLANO

## PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

Para los químicos, la Resonancia Magnética Nuclear (RMN) es la herramienta más poderosa para la determinación estructural de las moléculas orgánicas y se pueden deducir de forma rápida, datos sobre la estructura e incluso aspectos tridimensionales de las moléculas con cantidades muy pequeñas de muestra. Cuando se aísla un compuesto a partir de un producto natural que posee importantes propiedades terapéuticas, es necesario determinar su estructura antes de proceder al diseño de su síntesis. Siempre que se lleva a cabo una reacción, se ha de determinar si el producto tiene la estructura deseada. Además, la RMN es una técnica que también tiene aplicaciones en otras ramas de la Ciencia como en Biología, Medicina, Ciencias de los materiales o Geología. Aparte de la determinación estructural, la RMN en Bioquímica es una excelente fuente de información acerca de las propiedades dinámicas de las biomoléculas y también permite conocer cómo las moléculas biológicas interaccionan en la naturaleza.

La asignatura "Resonancia Magnética Nuclear de alta resolución" se encuadra en el módulo IV "Química Orgánica" del Máster en Ciencia y Tecnología Química y está dirigida fundamentalmente a aquellos estudiantes que pretendan dirigir su actividad profesional hacia la investigación o hacia la industria química, siendo la formación en RMN de gran utilidad para un futuro Doctor. Por otro lado, a nivel académico, esta asignatura proporciona un conjunto de conocimientos muy interesante que permitirá, a los que pretendan dedicarse a la docencia, desarrollar su profesión con mayor competencia.

La asignatura refuerza la comprensión de los conocimientos de Química Orgánica y proporciona los necesarios para poder determinar las estructuras de compuestos orgánicos a partir de sus espectros de Resonancia Magnética Nuclear ya sea en disolución o en estado sólido.

El profesorado que imparte la asignatura tiene experiencia docente reconocida y su actividad investigadora, que se desarrolla en los campos de la química heterocíclica, interacciones no covalentes, enlaces de hidrógeno, Síntesis y Estudio de Nuevos Fármacos y RMN en disolución y estado sólido, ha dado lugar a publicaciones en revistas y comunicaciones en congresos de prestigio internacional.



## REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA

Debido a que el texto base que el equipo docente recomienda para el estudio de la asignatura está escrito en inglés, como ocurre con la mayor parte de la bibliografía sobre RMN, es requisito imprescindible que el estudiante sea capaz de comprender textos en inglés científico.

También es necesario conocimientos fundamentales de Química Orgánica, estereoquímica y determinación estructural a nivel básico.

## EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos  
Correo Electrónico  
Teléfono  
Facultad  
Departamento

DOLORES SANTA MARIA GUTIERREZ  
dsanta@ccia.uned.es  
91398-7336  
FACULTAD DE CIENCIAS  
QUÍMICA ORGÁNICA Y BIO-ORGÁNICA

Nombre y Apellidos  
Correo Electrónico  
Teléfono  
Facultad  
Departamento

CONCEPCION LOPEZ GARCIA  
clopez@ccia.uned.es  
91398-7327  
FACULTAD DE CIENCIAS  
QUÍMICA ORGÁNICA Y BIO-ORGÁNICA

## HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

Los estudiantes, ante cualquier tipo de duda que les pueda surgir, ya sea de contenidos o de funcionamiento general de la asignatura, podrán ponerse en contacto con el Equipo Docente a través de las herramientas de comunicación incluidas en el curso virtual, ya sea a través del correo para consultas privadas o bien a través de los Foros para consultas públicas.

También se podrá contactar con el Equipo Docente por vía telefónica en el horario de guardia de la asignatura, excepto períodos de vacaciones y semanas de celebración de las Pruebas Presenciales.

## HORARIO DE ATENCIÓN DEL EQUIPO DOCENTE

Profesorado	Horario de atención	Teléfono	Correo electrónico
Concepción López García	Martes 15:00-19:00 h	91 3987327	clopez@ccia.uned.es
Dolores Santa María Gutiérrez (Coordinadora)	Lunes 15:00-19:00 h	91 3987336	dsanta@ccia.uned.es



**Dirección Postal**

RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR DE ALTA RESOLUCIÓN

Departamento de Química Orgánica y Bio-Orgánica

Paseo de la Senda del Rey 9

28040-Madrid

**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**

CG03 - Adquirir capacidad de estudio y autoaprendizaje

CG04 - Desarrollar capacidad creativa y de investigación

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

**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.

CE03 - Analizar, interpretar y discutir los resultados obtenidos en la experimentación en el ámbito de la química.

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



## RESULTADOS DE APRENDIZAJE

No cabe duda alguna que, hoy en día, la técnica espectroscópica, más utilizada en cualquier laboratorio moderno de investigación, es la RMN ya que además de ser la más versátil es la que proporciona mayor información. Con esta asignatura se pretende que el estudiante profundice en los conceptos generales de la RMN y, fundamentalmente, que se familiarice con las técnicas y experimentos más modernos que son empleados en la actualidad para determinar la estructura y conformación de las moléculas orgánicas.

No sólo se hará referencia a la RMN en disolución sino que, debido a los avances conseguidos en las últimas décadas en la RMN de muestras en estado sólido, es también objetivo que el estudiante conozca las técnicas que se utilizan para obtener espectros de sólidos de alta resolución.

Los resultados de aprendizaje, es decir, lo que se espera que el estudiante sepa, comprenda y sea capaz de hacer al finalizar el estudio de los temas de esta asignatura, son:

- Describir los fundamentos físicos que constituyen la base de la RMN.
- Explicar fenómenos y procesos relacionados con la RMN.
- Describir los principios y aplicaciones de los experimentos mono- y bi-dimensionales de la RMN que son empleados en la actualidad para elucidar la estructura y conformación de las moléculas orgánicas.
- Interpretar y analizar espectros de RMN mono- y bi-dimensionales.
- Describir el comportamiento de la magnetización en los experimentos básicos de RMN mediante el modelo vectorial.
- Reconocer el tipo de información, relativa a las características estructurales y/o dinámicas de las sustancias, que proporciona cada una de las técnicas y/o experimentos de RMN.
- Explicar las técnicas que se utilizan para obtener espectros de sólidos de alta resolución.
- Planificar qué experimentos o conjunto de experimentos son necesarios para obtener la información requerida.
- Utilizar tablas y otros datos espectroscópicos para poder calcular valores teóricos de desplazamientos químicos.
- Desarrollar la capacidad de comprensión de la estructura espacial y de las técnicas y experimentos de RMN que se utilizan para determinar la estructura de los compuestos orgánicos.
- Proponer una estructura molecular a partir de los datos espectrales y asignar en dicha estructura cada valor de desplazamiento químico y constante de acoplamiento medido en el espectro.
- Diferenciar entre la RMN de muestras sólidas y la RMN de disolución.
- Discriminar entre diversas estructuras moleculares en función de los datos y/o espectros de RMN.



## CONTENIDOS

### BLOQUE SOBRE RMN EN DISOLUCIÓN

Este bloque está constituido por 8 temas.

TEMA 1. Fundamentos físicos

TEMA 2. El desplazamiento químico. El acoplamiento espín-espín

TEMA 3. Análisis de un espectro. Espectroscopía de RMN Dinámica (RMND)

TEMA 4. Introducción a la RMN de alta resolución

TEMA 5. Técnicas en una dimensión

TEMA 6. Espectroscopía 2D de correlación a través del enlace químico

TEMA 7. Espectroscopía 2D de resolución de J

TEMA 8. Espectroscopía de correlación a través de espacio: El Efecto Nuclear Overhauser (NOE)

### BLOQUE SOBRE RMN DE ALTA RESOLUCIÓN EN ESTADO SÓLIDO

Este bloque está constituido por 4 temas.

TEMA 9. Introducción a la RMN en estado sólido

TEMA 10. RMN de alta resolución de núcleos de espín 1/2

TEMA 11. RMN de núcleos cuadrupolares



TEMA 12. Experimentos Bidimensionales

**METODOLOGÍA**

La usual en la metodología de la UNED, basada fundamentalmente en una enseñanza a distancia de carácter virtual. Los estudiantes dispondrán de la plataforma de e-Learning, aLF, para el aprendizaje y la colaboración a través de internet. aLF proporcionará el adecuado interfaz de interacción entre el estudiante y el equipo docente.

La asignatura no tiene clases presenciales, a excepción de las 10 horas de carácter práctico que se realizarán en la Sede Central de Madrid en el departamento de Química Orgánica y Bio-Orgánica y en sesión de un único día.

El material para el estudio de los contenidos teóricos se encuentra recogido en los textos que se indican en el apartado de bibliografía básica. No obstante, el estudiante tendrá a su disposición, a través del curso virtual, una serie de documentos que le servirán, bien para el estudio de determinados temas o apartados (que el equipo docente indicará), o como material complementario. También por medio del curso virtual el equipo docente indicará al estudiante la realización de distintas actividades.

El aprendizaje de esta asignatura conlleva una serie de actividades que se pueden distribuir en dos grupos:

- Actividades relativas al trabajo autónomo del estudiante.
- Actividades relativas a la interacción del estudiante en entornos virtuales.

<b>TRABAJO AUTÓNOMO</b>
Lectura y comprensión de los contenidos teóricos recogidos en el texto base.
Realización de Pruebas de Evaluación Continua.
Realización de las prácticas presenciales e informes de las mismas.
<b>INTERACCIÓN EN ENTORNOS VIRTUALES (CURSO VIRTUAL)</b>
Lectura del material complementario del curso virtual.
Interacción con el Equipo Docente por medio de los foros establecidos para ello y por correo electrónico.
Interacción con otros estudiantes en el foro de estudiantes.
Realización de actividades en línea.



## 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

El sistema de evaluación se lleva a cabo por medio de las Pruebas de Evaluación Continua descritas en el apartado siguiente.

#### Criterios de evaluación

Ponderación de la prueba presencial y/o los trabajos en la nota final

Fecha aproximada de entrega

Comentarios y observaciones

### PRUEBAS DE EVALUACIÓN CONTINUA (PEC)

¿Hay PEC? Si,PEC no presencial

#### Descripción

Para superar la asignatura será necesaria la realización de una serie de Pruebas de Evaluación Continua, diseñadas y seleccionadas de tal forma que permiten valorar el nivel alcanzado por el estudiante en relación con los objetivos planteados.

**Así, la evaluación incluirá la realización de manera satisfactoria de Seis Pruebas de Evaluación Continua (PEC) sobre los distintos temas que constituyen el Programa de la asignatura:**

PEC-1: temas 1-3

PEC-2: temas 4-5

PEC-3: temas 1-5

PEC-4: temas 6-8

PEC-5: temas 9-12

PEC-6: temas 6-12

#### Criterios de evaluación

Las PEC constarán de una serie de cuestiones que podrán ser tipo test, teóricas y/o de resolución de problemas. Las preguntas versarán sobre los contenidos de diferentes temas agrupados, desde los primeros temas de la PEC-1 hasta los últimos de la PEC-6.

**Es de carácter obligatorio la entrega de todas las PEC y para superar la asignatura será necesario obtener, al menos, un 5,0 como nota final ponderada entre las seis PEC, no pudiendo aprobar si se saca una calificación inferior a 4,0 (sobre 10) en alguna de las PEC.**

Ponderación de la PEC en la nota final PEC-1: 15% PEC-2: 15% PEC-3: 20% PEC-4: 15% PEC-5: 10% PEC-6: 15%

Fecha aproximada de entrega

Al tratarse de una evaluación continua habrá una fecha límite diferente para la entrega de cada PEC. Se indicará en el curso virtual.

Comentarios y observaciones



Convocatoria extraordinaria de septiembre: para poder presentarse a dicha convocatoria, el estudiante deberá ponerse en contacto con el equipo docente al finalizar el semestre en el que se imparte la asignatura.

#### OTRAS ACTIVIDADES EVALUABLES

¿Hay otra/s actividad/es evaluable/s? Si,presencial

#### Descripción

Sesión de Prácticas Presenciales en la Facultad de Ciencias de la UNED en Madrid.

#### Criterios de evaluación

Se evaluará el trabajo realizado en el laboratorio y los informes entregados.

Ponderación en la nota final 10%

Fecha aproximada de entrega Tercera semana de febrero

Comentarios y observaciones

#### ¿CÓMO SE OBTIENE LA NOTA FINAL?

La calificación final será el resultado de la siguiente ponderación de cada una de las actividades de evaluación:

**PEC-1: 15%**

**PEC-2: 15%**

**PEC-3: 20%**

**PEC-4: 15%**

**PEC-5: 10%**

**PEC-6: 15%**

**Prácticas Presenciales: 10%**

## BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

El texto base que el equipo docente recomienda para el estudio de los temas correspondientes al Bloque sobre RMN en disolución es: "Basic One- and Two-Dimensional NMR Spectroscopy" del autor Horst Friebolin, siendo igual de válidas las ediciones tercera, cuarta y quinta. Por otra parte, para la resolución de algunos problemas, el libro de tablas "Structure Determination of Organic Compounds. Tables of Spectral Data" será imprescindible.

- Friebolin, Horst: **Basic One- and Two-Dimensional NMR Spectroscopy**. VCH, Fourth, Completely Revised and Updated Edition, 2004. ISBN: 9783527312337. Fifth, Completely Revised and Updated Edition, 2011. ISBN: 9783527327829.
- Pretsch, E.; Bühlmann, P.; Badertscher, M.: **Structure Determination of Organic Compounds. Tables of Spectral Data**. 4th edition. Ed. Springer, 2009. ISBN: 978-3540938095. Disponible en e-Book.



En lo que respecta a los temas que constituyen el Bloque sobre RMN en estado sólido, el equipo docente pondrá en el curso virtual, para poder descargarse, dos artículos generales o reviews.

- S. P. Brown, L. Emsley. **Solid-State NMR. Handbook of Spectroscopy**, Vo-Dinh and Gauglitz (eds), Wiley (2003).
- D. L. Bryce, G. M. Bernard, M. Gee, M. D. Lumsden, K. Eichele, R. E. Wasylshen. **Review: Practical Aspects of Modern Routine Solid-State Multinuclear Magnetic Resonance Spectroscopy: One-Dimensional Experiments**. Can. J. Anal. Sci. Spectrosc. 2001, 46, 46-82.

## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

### Libros

- Berger, S., Braun, S.: **200 and More NMR Experiments: A Practical Course**. Wiley-VCH, 2004. ISBN: 9783527310678.
  - Claridge, T. D. W.: **High-Resolution NMR Techniques in Organic Chemistry**, 2ª Edición, Elsevier Science, 2009. ISBN: 9780080548180.
  - Duer, M. J.: **Introduction to Solid-State NMR Spectroscopy**. Blackwell Publishers, 2004. ISBN: 9781405109147.
  - Giménez Martínez, J. J.; Expósito López, J. M.: **RMN para químicos orgánicos**. Universidad de Almería e Instituto de Estudios Almerienses, 1998. ISBN: 9788482401249. Actualmente ya no se edita.
  - Günther, H.: **NMR Spectroscopy: Basic Principles, Concepts, and Applications in Chemistry**. 3ª Edición, Wiley-VCH, 2013. ISBN: 9783527330003.
  - Macomber, R. S.: **A Complete Introduction to Modern NMR Spectroscopy**. Wiley, 1998. ISBN: 9780471157366.
  - Sanders, J. K. M. y Hunter B. K.: **Modern NMR Spectroscopy**. 2ª Edición, Oxford University Press, 1993. ISBN: 9780198558125.
- ### Artículos científicos de RMN en estado sólido
- David D. Laws, Hans-Marcus L. Bitter, Alexej Jerschow. **Review: Solid-State NMR Spectroscopic Methods in Chemistry**. Angew. Chem. Int. Ed. 2002, 41, 3096-3129.



- Marek J. Potrzebowski. **Microreview: What High-Resolution Solid-State NMR Spectroscopy Can Offer to Organic Chemists**. Eur. J.Org. Chem. 2003, 1367-1376.
- Amir Goldbourt, Perunthiruthy K. Madhu. **Invited Review: Multiple-Quantum Magic-Angle Spinning: High-Resolution Solid State NMR Spectroscopy of Half-Integer Quadrupolar Nuclei**. Monatshefte für Chemie 2002, 133, 1497-1534.
- Pellegrino Conte, Riccardo Spaccini, Alessandro Piccolo. **State of the art CPMAS  $^{13}\text{C}$ -NMR spectroscopy Applied to Natural Organic Matter**. Progress in Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy 2004, 44, 215-223.

## RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

Además de la bibliografía básica y complementaria, la asignatura se encuentra virtualizada, a través de la plataforma aLF, lo que supone, para el estudiante, un recurso más de apoyo al estudio y aprendizaje. El curso virtual, además de facilitar la interacción estudiante-equipo docente, permite acceder a documentos en diferentes formatos (texto, presentaciones powerpoint, artículos científicos, direcciones web, etc.) que podrán ser utilizados bien para el estudio, como material complementario o para la evaluación. Por otra parte, los estudiantes dispondrán de la infraestructura y equipamientos generales del Departamento de Química Orgánica y Bio-Orgánica (laboratorios, equipos, etc.) así como de los fondos bibliográficos y documentales disponibles en las bibliotecas de la UNED, tanto de la Sede Central como de Centros Asociados. También, a través de la web de la Biblioteca Central de la UNED, el estudiante podrá consultar una amplia colección de recursos electrónicos, tales como Bases de Datos, Revistas Electrónicas y Libros Electrónicos.

### Webgrafía

- Curso de RMN por Joseph P. Hornak
- Espectroscopía de RMN de  $^1\text{H}$  y  $^{13}\text{C}$
- El laboratorio de RMN
- Resonancia Magnética Nuclear (Portal QUIMICAORGANICA.ORG)
- Acrónimos en RMN
- Tabla periódica de los elementos
- Nuclear Magnetic Resonance (wikipedia)

---

## 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.

