

**MEMORIA FINAL JUSTIFICATIVA DEL PROYECTO DE  
INNOVACION DOCENTE**

**ADAPTACIÓN DE DOS ASIGNATURAS DE LA LICENCIATURA  
DE CIENCIAS QUÍMICAS AL EEES**

**Salamanca 27 Mayo 2009**

**Prof. David Diez Martin**

**Catedrático de Química Orgánica**

En este proyecto se pretendían los siguientes objetivos:

1. **Objetivo general.** Adaptación de la enseñanza de dos asignaturas de la licenciatura de Química Orgánica al EEES.
2. **Objetivos particulares:**

Los alumnos conozcan por profesores experimentados en el EEES, la propia asignatura.

El profesor tenga una visión directa de cómo se da una asignatura en el EEES

Poner a punto una nueva metodología didáctica en estas dos disciplinas

Como expresaré a continuación se ha logrado plenamente el objetivo general y alguno de los particulares, ya que debido a la financiación lograda no se pudieron traer los expertos en estas materias. No obstante el proyecto ha resultado muy satisfactorio tanto para el profesor como para los alumnos.

En este proyecto se había pedido como material inventariable un ordenador con WIFI, que ha sido esencial para el cambio de impartición de las asignaturas. En este sentido también he de decir que ha favorecido mucho el que desde el Vicerrectorado de nuevas tecnologías se comprase el programa informático ChemBioOffice que ha permitido a todos los alumnos disponer de la licencia y poder llevar a cabo cálculos moleculares y predicciones de espectros de resonancia magnética nuclear y de  $^{13}\text{C}$  lo que les ha permitido una mejor comprensión de la asignatura. Esta herramienta será de gran utilidad en otras asignaturas de nuestra licenciatura pero que no son el objetivo de este proyecto.

El ordenador ha permitido dar las clases de una forma mucho más interactiva ya que no sólo se ha llevado el curso exponiendo en PowerPoint, sino que ha permitido ver en directo varios videos de importancia de las principales Universidades y centros de investigación del mundo. Así mismo el uso de esta herramienta con WIFI ha permitido llevar la clase de una forma mucho más interactiva y agradable para el alumno.

También el empleo simultáneo de varios ordenadores, en el aula ha permitido realizar unos seminarios mucho más interactivos y educativos.

A continuación voy a expresar el trabajo realizado en ambas asignaturas con el fin de adaptarlas al EEES.

## **ASIGNATURA PRIMERA: COMPLEMENTOS DE QUÍMICA ORGÁNICA**

ASIGNATURA:	COMPLEMENTOS DE QUÍMICA ORGÁNICA
CARÁCTER	OBLIGATORIA
TITULACIÓN	CIENCIAS QUÍMICAS
CICLO	PRIMERO
DEPARTAMENTO	QUÍMICA ORGÁNICA
PROFESOR RESPONSABLE	DAVID DIEZ MARTIN

### **INTRODUCCIÓN A LA ASIGNATURA**

Esta asignatura pretende que el alumno complemente los conceptos de Química Orgánica que ha aprendido en Conceptos Básicos de Química y en Química Orgánica General y le sirva de base para iniciar con soltura el aprendizaje de los Mecanismos y Síntesis Orgánica que se explicarán en la asignatura de Química Orgánica Avanzada.

En este sentido se aborda el estudio de compuestos polifuncionales, que representa no sólo complementar lo que se ha aprendido anteriormente sino de ver la influencia y simbiosis de diferentes grupos funcionales y como influyen en la reactividad cuando están presentes en la misma molécula. A continuación se estudian los principales heterociclos aromáticos tanto aislados como benzofusionados, complementando lo aprendido hasta el momento y ver la reactividad específica de los mismos. La asignatura continúa con reacciones de oxidación y reducción, que se ven por primera vez de forma extensa y que el alumno puede ya ver conjuntamente con sus estudios de Química Inorgánica especialmente organometálica. Se finaliza el curso con una iniciación al estudio y aplicación de las reacciones de reordenamiento.

### **TRABAJO**

Para la adaptación dentro de lo posible por disponibilidad de aulas y espacios en la Facultad de Ciencias Químicas se tomó como referencia 15 semanas de clase en el curso.

Distribución que se ha realizado:

Asistencia a clases teóricas: 5 horas por unidad temática: 25 horas/curso.

Asistencia a seminarios: 10 horas/curso.

Seminarios de aplicación de material informático y nuevas tecnologías: 5 horas/curso

Exposición de proyectos 5 horas/curso

Evidentemente no se han contabilizado las horas del alumno para completar esta asignatura, pero preguntando y haciendo una encuesta a los mismos he obtenido los siguientes resultados:

Estudio teórico de la asignatura: de 6 horas por unidad temática x 5 unidades temáticas/curso = 30 horas/curso

Preparación de proyectos: 1 proyectos/curso = 10 horas

Estudio para la preparación de exámenes y pruebas escritas: 10 horas/examen

Realización de exámenes: 1 hora /prueba escrita x 1 prueba escrita /curso = 1 hora

Asistencia a tutorías: 10 horas /curso

Asistencia a exposición de proyectos: 2.5 horas /proyecto x 2 proyectos/curso = 5 horas /curso

Volumen total de trabajo: 107horas/curso

Como es evidente es un número de horas muy elevado y que en el programa se debe considerar para la adaptación el EEES.

### **OBJETIVOS QUE SE PRETENDIAN CONSEGUIR EN ESTA ASIGNATURA:**

- Introducir al estudiante en el estudio de la reactividad de compuestos funcionales, heterociclos y reacciones que no se habían desarrollado en cursos anteriores y que especificaré a continuación.
- Profundizar en el conocimiento de los polímeros.
- Alcanzar un conocimiento general de la reactividad y de los mecanismos de reacción en Química Orgánica.

## CONTENIDOS

### Compuestos Polifuncionales

- 1. Compuestos alílicos y vinílicos:** Haluros de alilo. Haluros de vinilo. Alcoholes alílicos. Enoles y derivados. Enaminas. Hidroxialdehídos e hidroxicetonas. Acetales y hemiacetales. Deshidratación y retroaldolización. Hidroxiácidos. Aminoácidos.

### 2. Compuestos carbonílicos insaturados.

Cetenas. Compuestos carbonílicos  $\alpha$ ,  $\beta$ -insaturados: reacción con electrófilos y con nucleófilos. Reacción de Michael. Reacción con metales. Compuestos dicarbonílicos. Compuestos 1,2-dicarbonílicos: reordenamiento, enolización. Compuestos 1,3-dicarbonílicos: tautomería. Aplicación en síntesis. Ciclación de compuestos dicarbonílicos. Protección de grupos funcionales. Compuestos

## HETEROCICLOS AROMÁTICOS

**3. Heterociclos aromáticos pentagonales.** Heterociclos: clasificación, nomenclatura y aromaticidad. Pirrol, Tiofeno y Furano. Síntesis. Reactividad comparada. Reacciones con electrófilos. Reactividad de aniones derivados de heterociclos. Benzoderivados: Indol. Azoles. Productos naturales con heterociclos.

**4. Heterociclos aromáticos hexagonales.** Piridina. Síntesis. Reactividad. Reacción con electrófilos. Reacción con nucleófilos. Reactividad de aniones de Piridina y análogos. Benzoderivados: Quinoleína e Isoquinoleína. Diazinas. Productos farmacéuticos.

## OXIDACIÓN Y REDUCCIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS

**5. Reacciones de oxidación.** Características de las reacciones de oxidación. Oxidación de alcoholes. Adición de oxígeno a dobles enlaces C=C. Ruptura de dobles enlaces C=C. Ruptura oxidativa de otros grupos funcionales. Oxidación de aldehídos y cetonas. Oxidación alílica y bencílica. Oxidación de carbonos no activados. Oxidación de compuestos que contienen nitrógeno, azufre y fósforo.

**6. Reacciones de reducción.** Características de las reacciones de reducción. Adición de hidrógeno. Reducción de grupos funcionales. Hidrogenación en fase homogénea. Hidrogenación asimétrica. Reducciones con reactivos de transferencia de hidruro. Reducción radicalaria de transferencia de hidrógeno. Reducciones con metales en disolución. Desoxigenación de grupos carbonilo.

## REACCIONES DE REORDENAMIENTO

**7. Reordenamientos catiónicos y aniónicos.** Clasificación. Reordenamiento de carbocationes. Reacciones de fragmentación. Reordenamiento de compuestos con deficiencia electrónica en átomos de nitrógeno y oxígeno. Reordenamientos nucleófilos promovidos por carbaniones o carbenos.

**8. Reacciones pericíclicas.** Reacciones electrocíclicas: ciclaciones térmicas y fotoquímicas. Reacciones de cicloadición. Reordenamientos sigmatrópicos.

## POLÍMEROS

**9. Macromoléculas.** Polímeros naturales. Polímeros sintéticos. Polimerización por crecimiento de la cadena. Estereoquímica de la polimerización. Copolímeros. Polimerización de crecimiento por etapas.

## BIBLIOGRAFÍA

R. S. WARD. Bifunctional Compounds, OUP, Oxford, 1996

J. MCMURRY. Química Orgánica, 5ª Ed., Mexico, 2000

M. JONES. Organic Chemistry, Norton, 2ª Ed., New York, 2000

F.A. Carey and R.J. Sundberg, Advanced Organic, Chemistry 5ª ed. Springer New York, 2007

D.T. Davies. Aromatic Heterocyclic Chemistry OUP. Oxford 1992

Página Web del Imperial College de Química: <http://www3.imperial.ac.uk/chemistry>.

## DESTREZAS A ADQUIRIR

En este curso los estudiantes han adquirido las siguientes capacidades y destrezas:

- Conocimiento de los compuestos y reactividad que se han mencionado anteriormente
- Aplicación de diversos programas informáticos a la determinación estructural y conocimiento de la reactividad de las moléculas orgánicas.
- Afianzado su conocimiento sobre algunas reacciones orgánicas.
- Aumentado el conocimiento de la química de los polímeros.

## HABILIDADES SOCIALES

En cuanto a este tipo de habilidades los alumnos han llevado a cabo:

- Razonamientos, argumentaciones y han memorizado aspectos básicos de la asignatura.
- Trabajado en grupo
- Resuelto problemas mediante la aplicación de nuevas tecnologías y programas ahora disponibles.

- Expresión oral de una forma precisa y clara de determinados puntos de la asignatura.
- Expresión por escrito de una forma organizada de diversos mecanismos de reacción.
- Interpretación correcta de un texto científico escrito en inglés
- Búsquedas de información en las bases de datos de nuestra Universidad.

## **ASIGNATURA SEGUNDA: MECANISMOS DE LAS REACCIONES ORGÁNICAS**

ASIGNATURA:	MECANISMOS DE LAS REACCIONES ORGÁNICAS
CARÁCTER	OPTATIVA
TITULACIÓN	CIENCIAS QUÍMICAS
CICLO	SEGUNDO
DEPARTAMENTO	QUÍMICA ORGÁNICA
PROFESOR RESPONSABLE	DAVID DIEZ MARTIN

### **INTRODUCCIÓN A LA ASIGNATURA**

Esta asignatura pretende que el alumno afiance los conocimientos de Química Orgánica alcanzados en la licenciatura mediante la práctica de los diferentes mecanismos de reacción en Química Orgánica. En este sentido se explican en primer lugar los métodos de investigación de los mecanismos de reacción para a continuación desarrollar las grandes líneas de mecanismos de reacción esto es mecanismos en medios polares, reacciones radicalarias, reacciones pericíclicas y reacciones fotoquímicas.

### **TRABAJO**

Para la adaptación dentro de lo posible por disponibilidad de aulas y espacios en la Facultad de Ciencias Químicas se tomó como referencia 15 semanas de clase en el curso.

Distribución que se ha realizado:

Asistencia a clases teóricas: 3 horas por unidad temática total 15 horas/curso.

Asistencia a seminarios: 15 horas/curso.

Seminarios de aplicación de material informático y nuevas tecnologías: 5 horas/curso

Exposición de proyectos 10 horas/curso

Evidentemente no se han contabilizado las horas del alumno para completar esta asignatura, pero preguntando y haciendo una encuesta a los mismos he obtenido los siguientes resultados:

Estudio teórico de la asignatura: de 5 horas por unidad temática x 5 unidades temáticas/curso = 25 horas/curso

Preparación de proyectos: 1 proyectos/curso = 5 horas

Estudio para la preparación de exámenes y pruebas escritas: 5 horas/examen

Realización de exámenes: 1 hora /prueba escrita x 1 prueba escrita /curso = 1 hora

Asistencia a tutorías: 5 horas /curso

Asistencia a exposición de proyectos: 1 hora /proyecto x 4 proyectos/curso = 4 horas /curso

Volumen total de trabajo: 90 horas/curso

Como es evidente es un número de horas muy elevado y que en el programa se debe considerar para la adaptación el EEES.

Evidentemente dado que el número de alumnos de la asignatura que han asistido regularmente a clase 12 personas, el trabajo ha sido muy gratificante tanto para los alumnos como para el profesor.

Hay que destacar que al ser menor el número de alumnos se han llevado a cabo la formación de grupos de tres alumnos lo que ha permitido una mayor interacción entre los mismos y una mejor tutorización de los grupos.

Este curso se ha llevado a cabo de forma evidentemente práctica por lo que el alumno ha disfrutado y aumentado sus conocimientos adquiridos en la licenciatura

### **OBJETIVOS QUE SE PRETENDIAN CONSEGUIR EN ESTA ASIGNATURA:**

- Introducir al estudiante en el estudio de la reactividad de compuestos funcionales, heterociclos y reacciones que no se habían desarrollado en cursos anteriores y que especificaré a continuación.
- Profundizar en el conocimiento de los mecanismos utilizando las bases de datos de la Universidad de Salamanca y otras de libre acceso en la red.
- Alcanzar un conocimiento general de la reactividad y de los mecanismos de reacción en Química Orgánica.

## CONTENIDOS

1. Introducción. Estructura y estabilidad de los compuestos orgánicos. Ácidos. Bases. Catálisis por ácidos y bases
2. Energética, cinética e investigación del mecanismo. Energía de reacción. Cinética de reacción. Investigación de los mecanismos de reacción. Introducción. La ecuación de Hammett. Uso de las representaciones de Hammett. Efectos estereos. Efectos del disolvente. Implicaciones termodinámicas.
3. Reacciones polares en condiciones básicas. Sustituciones y eliminaciones en enlaces  $\sigma$ ,  $C(sp^3)-X$ . Adiciones de nucleófilos a enlaces  $\pi$  electrofílicos. Sustitución en enlaces  $\sigma$ ,  $C(sp^2)-X$ .  $\sigma$ Reordenamientos promovidos por bases. Reacciones en varios pasos.
4. Reacciones polares en condiciones ácidas. Carbocationes. Reacciones de sustitución y  $\sigma$ -eliminación en  $C(sp^3)-X$ . Adiciones electrofílicas a enlaces  $\pi$  ( $C=C$ ) nucleofílicos. Sustituciones en enlaces  $\pi$  ( $C=C$ ) nucleofílicos. Adiciones nucleofílicas y sustituciones a enlaces  $\pi$  electrofílicos.
5. Reacciones pericíclicas. Introducción. Fase y simetría de los orbitales. Reacciones electrocíclicas. Estereoselectividad y estereoespecificidad.. Cicloadiciones. Regioselectividad, estereoselectividad y estereoespecificidad.. Reordenamientos sigmatrópicos. Estereoselectividad y estereoespecificidad.. Reacciones énicas.
6. Reacciones radicalarias. Introducción. Métodos de formación de radicales. Detección de radicales. Estructura y reactividad de los radicales. Reacciones de los radicales. Birradicales. Reducción radicalaria de transferencia de hidrógeno. Reducciones con metales en disolución. Desoxigenación de grupos carbonilo.
7. Reacciones mediadas o catalizadas por metales de transición. Química de los metales de transición. Reacciones de adición. Reacciones de sustitución y eliminación. Reacciones de acoplamiento. Reordenamientos.
8. Reacciones bioorgánicas. Tiempo relativo de formación y ruptura de enlace. Transferencia de grupo acilo. Catálisis y reactividad. Coenzimas. Transferencia protónica. Iones metálicos. Reacciones intramoleculares. Catálisis de complejación: catálisis covalente: complejación de inclusión; catálisis de agregados organizados y fases. Enzimas de transferencia de grupo acilo. Catálisis de reacciones de transferencia de proton. Formación y ruptura de enlaces carbono-carbono. Transferencia de grupo hidruro. Transferencia de grupo alquilo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Organic and Bio-organic Mechanisms. Michael Page and Andrew Williams. Ed. Longman. 1997.
2. A Guidebook to Mechanism in Organic Chemistry. Peter Sykes. Ed. Longman. Harlow. 1986.

3. The Art of Writing Reasonable Organic Reaction Mechanisms. R. B. Grossman. 2 Ed. Springer Verlag. Stuttgart. 2003 Harlow .

4. Página web del Massachusetts Institute of Technology:  
<http://ocw.mit.edu/OcwWeb/Chemistry/>.

### DESTREZAS A ADQUIRIR

En este curso los estudiantes han adquirido las siguientes capacidades y destrezas:

- Se ha afianzado el conocimiento de los mecanismos de reacción en Química Orgánica
- Se ha practicado la exposición de los mecanismos y la investigación sobre los mismos.
- Se ha practicado con diversos programas informáticos las posibilidades de diferentes mecanismos.

### HABILIDADES SOCIALES

En cuanto a este tipo de habilidades los alumnos han llevado a cabo:

- Práctica de los mecanismos.
- Trabajo en grupo
- Trabajo en equipo de carácter interdisciplinar
- Trabajo en contexto internacional aprovechando alumnos sócrates
- Resuelto problemas mecanísticos mediante la aplicación de nuevas tecnologías y programas ahora disponibles.
- Exposición frente a sus compañeros de los mecanismos de reacción explicándolos y defendiéndolos públicamente.
- Búsquedas de información e interpretación en las bases de datos de nuestra Universidad.
- Razonamiento crítico
- Compromiso ético

## CONCLUSIONES

En ambos cursos creo que se ha mejorado la atención e interés de los alumnos.

Los alumnos han aprendido a manejar la información siendo críticos con lo que se encuentran en internet, aprovechando lo realmente útil.

Han manejado las bases de datos y programas que ofrece nuestra Universidad aplicándolos en las asignaturas que hemos tratado, lo que ha redundado en un mejor entendimiento de las asignaturas.

De hecho la valoración de los alumnos en estas asignaturas es altamente positiva

Evidentemente mejora mucho la valoración el caso de Mecanismos de reacción, ya que al ser un curso con pocos alumnos la interacción alumno profesor es mucho más intensa.

Importante bajar la ratio profesor/alumno cuando sea posible. Incluir alumnos de los últimos cursos o de doctorado en tutorías de cursos inferiores ya que mejora su interés por la materia y afianzan sus conocimientos.

El uso de páginas web de Universidades y centros de investigación de primer orden creo que ha ayudado mucho en el interés y comprensión de las materias.

Los alumnos han mejorado en ambos cursos tanto las **competencias específicas**: conocimientos disciplinares (saber), profesionales (saber hacer) académicas como las **competencias transversales**: instrumentales, personales ( especialmente *trabajo en equipo*), sistémicas ( especialmente *aprendizaje autónomo*, importantísimo), así como la *motivación por la calidad* y excelencia en el trabajo.

Salamanca 27 Mayo 2009

Fdo. David Diez Martín

Catedrático Química Orgánica