

1. DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA

Grado:	Biología
Doble Grado:	
Asignatura:	Termodinámica y Cinética Química
Módulo:	Química para las ciencias biomoleculares
Departamento:	Sistemas Físicos, Químicos y Naturales
Año académico:	2013-2014
Semestre:	1º
Créditos totales:	6
Curso:	2º
Carácter:	Obligatorio
Lengua de impartición:	Español

Modelo de docencia:	B1
a. Enseñanzas Básicas (EB):	27 horas
b. Enseñanzas de Prácticas y Desarrollo (EPD):	18 horas
c. Actividades Dirigidas (AD):	

2. EQUIPO DOCENTE

2.1. Responsable de la asignatura Alejandro Cuetos Menéndez

2.2. Profesores

Nombre:	Alejandro Cuetos Menéndez
Centro:	Facultad de CC Experimentales
Departamento:	Sistemas Físicos, químicos y Naturales
Área:	Química Física
Categoría:	Profesor Titular de Universidad
Horario de tutorías:	Martes y Jueves de 13:00 a 16:00
Número de despacho:	Ed 22, tercera planta despacho 10
E-mail:	acuemen@upo.es
Teléfono:	954977562

2.2. Profesores

Nombre:	Reyes de la Vega Sánchez
Centro:	Facultad de Ciencias Experimentales
Departamento:	Sistemas Físicos Químicos y Naturales
Área:	Química Física
Categoría:	Prof. Asociado
Horario de tutorías:	Miércoles y viernes de 16:30 a 19:30 (Concertar cita por email)
Número de despacho:	E22. 3.12
E-mail:	mrvegsan@upo.es
Teléfono:	954977364

3. UBICACIÓN EN EL PLAN FORMATIVO

3.1. Descripción de los objetivos

La Biotecnología consiste en el uso de organismos vivos o de compuestos obtenidos de organismos vivos para obtener productos de valor económico, sanitario o social para los humanos. Por este motivo el aprendizaje a nivel de Grado de la Biotecnología conlleva un dominio de conocimientos biológicos y químicos básicos que permitan a los estudiantes comprender los procesos tecnológicos en los que se utilizan organismos vivos.

En la Memoria para la solicitud de verificación del título de graduado en Biotecnología por la Universidad Pablo de Olavide se contemplan (entre otras) las siguientes competencias generales:

Comprender el método científico. Conocer, entender y aplicar las herramientas, técnicas y protocolos de experimentación en el laboratorio y adquirir las capacidades de observación e interpretación de los resultados obtenidos.

Adquirir las habilidades experimentales básicas adecuadas a cada una de las materias impartidas, mediante la descripción, cuantificación, análisis y evaluación crítica de los resultados experimentales obtenidos de forma autónoma.

Trabajar de forma adecuada en un laboratorio biológico, químico o bioquímico, conociendo y aplicando las normativas y técnicas relacionadas con seguridad e higiene, manipulación de animales de laboratorio y gestión de residuos.

Demostrar una correcta visión integrada del proceso de I+D+i y ser capaz de interrelacionar y conectar los ámbitos del conocimiento que engloba la biotecnología, desde los principios biológicos y fisicoquímicos a los nuevos conocimientos científicos, para el desarrollo de aplicaciones concretas y la introducción en el mercado de nuevos productos biotecnológicos de interés.

Por otro lado, la Memoria recoge las siguientes competencias específicas:

1. Conocer los Principios de la Termodinámica y su aplicación práctica al estudio termoquímico y termodinámico de una reacción y dominar el concepto termodinámico de equilibrio químico y de constante de equilibrio, así como saber identificar los factores de los que depende.

2. Conocer las características comunes de los procesos físicoquímicos de transporte: difusión, ósmosis, electroforesis, etc...

3. Dominar el concepto de velocidad de reacción y constante de velocidad, así como saber identificar los factores de los que depende y saber describir las reacciones de transferencia protónica y electrónica y aplicar los conceptos termodinámicos a su comportamiento.

4. Conocer los principios básicos de la química de superficies y de los fenómenos de adsorción y aplicar los conceptos termodinámicos y cinéticos a su descripción.

El objetivo de la Asignatura de Termodinámica y Cinética Química, es el de desarrollar estas competencias y sentar las bases para el desarrollo del resto en asignaturas más avanzadas en los estudios del grado.

Esta asignatura desarrolla pues una serie de competencias generales y específicas que se contemplan de forma explícita en la Memoria de Grado y que son importantes para la formación integral de los graduados y graduadas en biotecnología. Los objetivos concretos de esta asignatura es que los estudiantes dominen los siguientes puntos:

Conocer el origen, el contenido y las implicaciones de los Principios de la Termodinámica.
Dominar el concepto de potencial químico.
Saber describir un Equilibrio de fases e interpretar un Diagrama de Fases.
Entender la Termodinámica de las reacciones químicas y dominar el Cálculo termodinámico de constantes de equilibrio.
Conocer las características fundamentales de la Termodinámica de biomoléculas en disolución.
Conocer los Fenómenos fisicoquímicos de transporte: difusión, viscosidad y transporte de carga y de calor.
Entender y dominar el formalismo cinético de las reacciones químicas: Ley de velocidad y ley integrada de velocidad.
Entender un Mecanismo de reacción y como a partir de él deducir la Ley de velocidad: concepto de estado estacionario y de la etapa limitante.
Entender los principios de la catálisis química y sus tipos: Catálisis homogénea, heterogénea y enzimática.
Conocer los principales procesos interfaciales y de adsorción.
Conocer los factores que determinan la estabilidad y agregación de macromoléculas y coloides.

3.2. Aportaciones al plan formativo

La asignatura de Termodinámica y Cinética Química pertenece al módulo didáctico de Química para las biociencias moleculares perteneciente al bloque de Enseñanzas básicas. Esta asignatura beberá de muchos de los conocimientos adquiridos en la asignatura de Química General y servirá para proporcionar una base sólida para entender muchos de los sistemas bioquímicos en los que están basados la mayoría de los procesos biológicos y biotecnológicos. (Bioquímica, Ingeniería, Procesos básicos, etc...)

3.3. Recomendaciones o conocimientos previos requeridos

Recomendación: Haber cursado química, física y matemáticas en ESO y las Asignaturas de Química General y Química Orgánica en el 1º curso del Grado en Biotecnología

4. COMPETENCIAS

4.1 Competencias de la Titulación que se desarrollan en la asignatura

La Biotecnología consiste en el uso de organismos vivos o de compuestos obtenidos de organismos vivos para obtener productos de valor económico, sanitario o social para los humanos. Por este motivo el aprendizaje a nivel de Grado de la Biotecnología conlleva un dominio de conocimientos biológicos y químicos básicos que permitan a los estudiantes comprender los procesos tecnológicos en los que se utilizan organismos vivos.

En la Memoria para la solicitud de verificación del título de graduado en Biotecnología por la Universidad Pablo de Olavide se contemplan (entre otras) las siguientes competencias generales:

- Comprender el método científico. Conocer, entender y aplicar las herramientas, técnicas y protocolos de experimentación en el laboratorio y adquirir las capacidades de observación e interpretación de los resultados obtenidos.
- Adquirir las habilidades experimentales básicas adecuadas a cada una de las materias impartidas, mediante la descripción, cuantificación, análisis y evaluación crítica de los resultados experimentales obtenidos de forma autónoma.
- Trabajar de forma adecuada en un laboratorio biológico, químico o bioquímico, conociendo y aplicando las normativas y técnicas relacionadas con seguridad e higiene, manipulación de animales de laboratorio y gestión de residuos.
- Demostrar una correcta visión integrada del proceso de I+D+i y ser capaz de interrelacionar y conectar los ámbitos del conocimiento que engloba la biotecnología, desde los principios biológicos y fisicoquímicos a los nuevos conocimientos científicos, para el desarrollo de aplicaciones concretas y la introducción en el mercado de nuevos productos biotecnológicos de interés

4.2. Competencias del Módulo que se desarrollan en la asignatura

Por otro lado, la Memoria recoge las siguientes competencias específicas:

1. Conocer el origen atómico-molecular de las propiedades de la materia, incluyendo las sustancias puras, las mezclas y las disoluciones.
2. Conocer los Principios de la Termodinámica y su aplicación práctica al estudio termoquímico y termodinámico de una reacción y dominar el concepto termodinámico de equilibrio químico y de constante de equilibrio, así como saber identificar los factores de los que depende.
3. Conocer las características comunes de los procesos fisicoquímicos de transporte: difusión, ósmosis, electroforesis, etc...
4. Dominar el concepto de velocidad de reacción y constante de velocidad, así como saber identificar los factores de los que depende y saber describir las reacciones de transferencia protónica y electrónica y aplicar los conceptos termodinámicos a su comportamiento.
5. Conocer los principios básicos de la química de superficies y de los fenómenos de adsorción y aplicar los conceptos termodinámicos y cinéticos a su descripción.
6. Conocer los principales grupos funcionales orgánicos y las principales reacciones de síntesis orgánica.
7. Conocer los principales tipos de isomería en compuestos orgánicos y las

principales técnicas de separación

8. Saber qué es un polímero, sus tipos y las principales reacciones de polimerización. Conocer los fundamentos de la síntesis de péptidos, oligonucleótidos y otros biopolímeros.
9. Conocer las bases de los métodos espectroscópicos para análisis químico cuantitativo y elucidación estructural de compuestos orgánicos.
10. Conocer los fundamentos de la Química Combinatoria.

4.3. Competencias particulares de la asignatura

Los objetivos concretos de esta asignatura es que los estudiantes dominen los siguientes puntos:

Conocer el origen, el contenido y las implicaciones de los Principios de la Termodinámica.

Dominar el concepto de potencial químico.

Saber describir un Equilibrio de fases e interpretar un Diagrama de Fases.

Entender la Termodinámica de las reacciones químicas y dominar el Cálculo termodinámico de constantes de equilibrio.

Conocer las características fundamentales de la Termodinámica de biomoléculas en disolución.

Conocer los Fenómenos fisicoquímicos de transporte: difusión, viscosidad y transporte de carga y de calor.

Entender y dominar el formalismo cinético de las reacciones químicas: Ley de velocidad y ley integrada de velocidad.

Entender un Mecanismo de reacción y como a partir de él deducir la Ley de velocidad: concepto de estado estacionario y de la etapa limitante.

Entender los principios de la catálisis química y sus tipos: Catálisis homogénea, heterogénea y enzimática.

Conocer los principales procesos interfaciales y de adsorción.

Conocer los factores que determinan la estabilidad y agregación de macromoléculas y coloides.

5. CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA (TEMARIO)

Para desarrollar los objetivos de la asignatura se plantea un programa de 6 temas distribuidos conforme a la tabla que se muestra más abajo. Cada tema tiene una distribución de horas de teoría (enseñanzas básicas) y de prácticas que va en función de su importancia relativa en el conjunto del programa. En lo que se refiere a las prácticas se contempla un conjunto de 4 prácticas de laboratorio de 3 horas y tres seminarios de problemas de 2 horas.

Bloque A: Introducción y Termodinámica Química

	Contenidos	Horas EB	Horas EPD
Tema 1: Introducción	<i>Organización de la asignatura y conceptos generales</i>	1	
Tema 2: Definiciones básicas y Primer Principio de la Termodinámica	<i>Sistema, variable termodinámica y equilibrio termodinámico. Coeficientes de respuesta. Ecuaciones de Estado: de los gases ideales y del virial. Calor y Trabajo: Trabajo mecánico, eléctrico, de superficie, químico. Equivalencia entre calor y trabajo. Energía Interna y Primer Principio. Entalpía.</i>	3	Seminario 1: <i>Resolución de problemas de los Temas 2 y 3</i> (2 horas)
Tema 3: Segundo y Tercer Principio de la Termodinámica	<i>Espontaneidad y direccionalidad de los procesos fisicoquímicos. Entropía y Segundo Principio. Ecuación fundamental de la Termodinámica. Concepto de Potencial Termodinámico y Energía libre. Manejo de variables y derivadas termodinámicas. Tercer Principio y Entropías Absolutas. Bases microscópicas de la Termodinámica: Termodinámica Estadística.</i>	4	
Tema 4: Equilibrios Físicos y Transiciones de Fase.	<i>La masa como variable termodinámica. Potencial Químico. Ecuación de Gibbs-Duhem. Relación entre actividad y potencial químico. Estados de referencia. Transiciones de Fase y Diagramas de Fase en sustancias puras. Ecuación de Clapeyron y de Clausius Clapeyron. Transiciones de fase en sistemas binarios. Leyes de Raoult y de Henry. Propiedades coligativas.</i>	3	Práctica 1: Determinación del coeficiente de reparto del ácido acético entre una fase orgánica y otra acuosa (3 horas) Seminario 2: <i>Resolución de problemas de los Temas 4 y 5</i> (2 horas)
Tema 5: Equilibrio químico y constantes de equilibrio.	<i>Cálculo de la variación de energía libre de una reacción química. Descripción del equilibrio químico. Definición de la constante de equilibrio. Factores que afectan al equilibrio químico: composición y temperatura: Ley de Van't Hoff.</i>	3	

	TOTAL	14	7
--	--------------	----	---

Bloque B: Cinética y Sistemas Complejos

	Contenidos	Horas EB	Horas EPD
Tema 6: Procesos de Transporte	<i>Introducción de la variable tiempo y concepto de gradiente termodinámico, flujo y ecuación de continuidad. Concepto de Difusión, viscosidad, conductividad térmica y conductividad eléctrica. Leyes de Fick. Ecuaciones de Stokes-Einstein y Einstein-Smoluchowski.</i>	3	Práctica 2: <i>Cinética de la hidrólisis del acetato de metilo en medio ácido</i> (3 horas)
Tema 7: Cinética Química Formal	<i>Concepto de velocidad de reacción. Ley de velocidad y órdenes de reacción. Ecuación integrada de velocidad: reacciones de primer y de segundo orden. Concepto de tiempo de vida media.</i>	2	Seminario 3: <i>Resolución de problemas de los Temas 6, 7 y 8</i> (2 horas)
Tema 8: Cinética Química Molecular	<i>Concepto de molecularidad y de mecanismo de reacción. Concepto de estado estacionario y de la Etapa Limitante. Influencia de la Temperatura y Ecuación de Arrhenius. Concepto de Catálisis. Tipos de Catálisis: Homogénea, heterogénea y enzimática. Mecanismo y Ecuación de Michaelis-Menten.</i>	3	Práctica 3: <i>Estudio numérico de la cinética de una reacción enzimática</i> (3 horas)
Tema 9: Termodinámica de disoluciones iónicas y transferencia electrónica.	<i>Iones en disolución. Ley de Debye-Hückel. Relación entre energía libre y potencial eléctrico: transporte iónico y potencial electroquímico. Potencial de membrana. Reacciones de transferencia electrónica: ecuación de Nernst.</i>	3	
Tema 10: Sistemas coloidales y estabilidad.	<i>Sistemas Coloidales. Clasificación. Estabilidad y agregación de Macromoléculas y coloides.</i>	2	Práctica 4: <i>Sesión de discusión de prácticas</i> (3 horas)
	TOTAL	13	11

6. METODOLOGÍA Y RECURSOS

Se impartirán enseñanzas básicas y prácticas y de desarrollo. El desarrollo será a través de prácticas y seminarios. Seminarios de 2 horas y prácticas de laboratorio de 3 horas. Para más detalle ver tabla en la guía docente ampliada que se entrega al alumno a través del aula virtual.

Se utilizarán transparencias, aula virtual, seminarios, tutorías personalizadas, prácticas de laboratorio, portafolios. Se realizan exámenes y además se controla el trabajo del alumno para evaluación continuada. En la guía docente que se entrega al alumno en webct se presenta una matriz de especificaciones para planificar la asignatura, con las distintas entregas a realizar por el alumno, las rúbricas etc.

También se entrega al alumno por webct el diseño de una hoja de evaluación a través de la cual se evalúan las competencias.

7. EVALUACIÓN

Esta asignatura contiene 15 horas dedicadas a la evaluación. Se contemplan los siguientes exámenes y ejercicios de evaluación:

- Examen final de EB: 3 horas (Periodo de Exámenes de Febrero)
- Examen final de EPD-prácticas: 45 minutos (Periodo de Exámenes de Febrero)
- Examen final de EB (recuperación): 3 horas (Periodo de Exámenes de Julio)
- Examen final de EPD-prácticas (recuperación): 45 minutos (Periodo de Exámenes de Julio)
- Problemas de seminario: 6 horas (1 entrega y un examen por cada uno de los tres seminarios)
- Evaluación por sesión de poster-congreso: 1.5 horas.

Se tendrá en cuenta lo siguiente:

- El **examen final de EB** consistirá en la resolución de unos tres o cuatro problemas de los bloques A y B
- El **examen final de EPD-prácticas**, consistirá en una pregunta por cada una de las prácticas y se podrá resolver con la ayuda de la libreta de prácticas

previamente elaborada por el estudiante. Al examen de prácticas solo se permitirá llevar material manuscrito.

- La evaluación por **problemas de seminario** es como sigue. Se realizarán 3 seminarios de problemas a lo largo del curso. Con suficiente antelación se le entregará al alumno dos relaciones de problemas para cada seminario. La primera de 4-5 problemas, la segunda de 10-12 problemas. Estos problemas deberán ser resueltos por los alumnos antes de la sesión del seminario. Para ayudar a la realización de estos problemas los profesores resolverán dudas a través del foro del aula virtual. Los problemas del primer boletín deberán ser entregados al comienzo de la sesión presencial de los seminarios. Estas sesiones presenciales constarán de dos fases. En las primeras dos horas se resolverán los problemas del primer boletín. En la tercera hora los alumnos realizarán una prueba control donde tendrán que resolver uno de los problemas del segundo boletín. A la nota de cada seminario contribuirá un 25% la entrega de los problemas del primer boletín y un 75% el control sobre los problemas del segundo boletín.
- La evaluación por **sesión de poster-congreso** se realizará mediante la elaboración, por grupos de 3-4 personas asignadas por sorteo, de un poster relacionado con Cinética enzimática, Biomoléculas, Interfases, Sistemas coloidales y cualquier otro tema en el que se ilustre la aplicación de la Termodinámica y la Cinética a problemas biológicos, bioquímicos y biotecnológicos. Los póster resultantes se expondrán públicamente en una sesión de 2 horas al final del semestre. La nota de póster resultará de la media de la nota de los profesores (50%) y la media de la nota de los demás estudiantes (50%). La elaboración de un artículo para la revista MoleQla que tenga una calidad suficiente para ser aceptado será valorado positivamente para la nota final. En todo caso, esta condición es necesaria para la obtención de la Matrícula de Honor.
- Para obtener la máxima nota en este apartado será necesario realizar un artículo para la revista MoleQla y que este sea aceptado. Así mismo, para la obtención de la Matrícula de Honor será necesario la elaboración de una contribución para MoleQla.

La nota media de la asignatura se extraerá a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{NOTA} = 0.5 \times \text{Examen Final EB} + 0.15 \times \text{Examen Final EPD-prácticas} + \\ 0.25 \times \text{Problemas seminario} + 0.1 \times \text{Póster-Congreso}$$

Para superar la asignatura es necesario conseguir al menos 5 puntos sobre 10, un mínimo de 4.0 puntos sobre 10 en el examen final EB y un mínimo de 4.0 sobre 10 en el examen de EPD-prácticas. Ello implica que es obligatorio presentarse al examen final EB y EPD-prácticas para superar la asignatura. Además será imprescindible obtener 6 puntos en el examen EB para optar a la calificación de Notable.

La realización de las prácticas de laboratorio es obligatoria para aprobar la asignatura, permitiéndose solo una falta debidamente justificada. Según lo recogido en el artículo

8.2.d de la Normativa de Evaluación de los Estudiantes de Grado de la UPO la asistencia a las prácticas de laboratorio queda excluida de la evaluación por prueba única. Para los alumnos que hayan realizado las prácticas de laboratorio en cursos anteriores la asistencia a las prácticas será voluntaria.

Las distintas notas obtenidas a lo largo del curso se guardarán hasta la convocatoria de recuperación de curso. En la convocatoria de recuperación de curso se realizará el examen sobre las EB y/o sobre las prácticas de laboratorio (examen de prácticas) en caso de que alguno de ellos no se hubieran superado la nota requerida para aprobar en la convocatoria de febrero. El examen EB y EPD de 2ª convocatoria de recuperación de curso tendrá la misma validez que el de la convocatoria de curso. La nota de recuperación de curso considerará pues las notas previamente obtenidas por el estudiante en los elementos de evaluación continua tal y como ha sido detallado anteriormente.

El alumno que tenga que presentarse a la convocatoria de recuperación de curso podrá solicitar realizar el examen EB y/o EPD aunque lo hubiera superado en la convocatoria de curso. Para ello deberá renunciar por escrito a las calificaciones de la convocatoria de curso correspondientes (EB y/o EPD). Esta renuncia deberá ser realizada por escrito antes del plazo de cierre de actas de la convocatoria de curso.

Si un alumno no ha superado los requisitos para aprobar la asignatura en la convocatoria de curso y quiere renunciar a las notas de evaluación continua para la convocatoria de recuperación de curso, podrá hacerlo solicitándolo previamente por escrito. Al este alumno se le examinará mediante una prueba única que evaluará los conocimientos y competencias trabajadas tanto en sesiones EB como sesiones EPD. En este caso, para aprobar la asignatura será necesario obtener una puntuación mínima de 5 sobre 10 puntos. La nota obtenida constituirá el 100% de la evaluación.

Para alumnos que no hayan seguido la evaluación continua se les aplicará lo recogido en el artículo 8-2-b para la convocatoria de recuperación de curso. En todo caso, según lo recogido en el artículo 8-2-d, la asistencia a las prácticas de laboratorio será obligatoria para aprobar la asignatura.

8. BIBLIOGRAFÍA GENERAL

La asignatura no se basa en ningún libro como manual. Es por ello que no se recomienda ningún libro de forma preferente. Lo que sigue es una relación de textos que de forma combinada pueden ayudar a un mejor entendimiento de la asignatura. Alguno de estos libros superan ampliamente el nivel del curso. En cada tema se sugieren otros textos que puedan resultar más específicos.

Con asterisco los que se encuentran en la biblioteca de la UPO:

Teoría

- *Físicoquímica**, P.W. Atkins y J. De Paula, 4th Edition, Oxford University Press (2003)
- *Physical chemistry for the Life Sciences**, P.W. Atkins y J. De Paula, Oxford : Oxford University Press, cop. 2006

- *The elements of Physical Chemistry**, P. Atkins, Oxford : Oxford University Press, 2001
- *Química Física I y II**, J. Bertrán Rusca y Javier Núñez Delgado (coords). Ariel 2002
- *Physical chemistry for the Biological Sciences**, Gordon G. Hammes Publicación Hoboken, NJ : John Wiley, cop. 2007
- Thermodynamics and kinetics for the biological sciences
- *Termodinámica (I y II)**, Y.A. Çengel y M.A. Boles, Ed. McGraw Hill, 2001
- *Termodinámica**, Kenneth Wark, McGraw-Hill, D. L. 2003
- *Termodinámica Química y de los procesos irreversibles**, Criado Sancho, Manuel Madrid [etc.] : Pearson Educación : Addison Wesley, 2004
- *Termodinámica Química**, J. Rodríguez-Renuncio, Editorial Síntesis (2000)
- *Fundamentos de Cinética Química**, S. R. Logan, Addison Wesley Publishing Company (2000).
- *Cinética Química para Sistemas Homogéneos (libro electrónico)**, Jorge Ancheyta Juárez, Miguel ángel Valenzuela Zapata. Publicación México : Instituto Politécnico Nacional, 2002.
- *Molecular Driving Forces.** Ken a Dill y Sarina Bromberg. Garland Science
- *Curso de Termodinámica** A. Peris, Alhambra Universidad (2006)
- *Calor y termodinámica*, M.W. Zemansky y R.H. Dittman, Ed. McGraw-Hill, 1990.

Problemas

- *Problemas resueltos de termodinámica**, María del Barrio Casado, Eduardo Bravo Guil, Francisco J. Lana, Pons, David O Pérez, Perez, et al. (Paraninfo), ISBN: 8497323491. ISBN-13: 9788497323499, 2005
- *Termodinámica: 100 problemas y ejercicios resueltos**, Hubert Lumbroso, Barcelona Reverté, D.L. 2005
- *100 problemas de termodinámica**, Julio Pellicer y José Antonio Manzanares. Alianza Editorial, 1996
- *Teoría y problemas de termodinámica*, M. M. Abbot, H. C. van Ness. McGraw-Hill, 1990.
- *Problemas de termodinámica**, J.M. Lacalle, R. Nieto, M.C.Gonzalez. E.T..S. de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid, 1993

- *Termodinamica: 100 ejercicios y problemas resueltos*, Hubert Lumbroso. Ed. Reverté, 1979
- *Problemas de termodinámica y mecánica estadística*, J. Aguilar Peris, J. de la Rubia Pacheco, C. Fernandez Pineda. Ed. Saber, 1971
- *Problemas programados de termodinámica**, E.Braun, E.T. Wait. Ed. Reverté, 1973