

## Bioenergética

Código: 100866  
Créditos ECTS: 6

**2024/2025**

Titulación	Tipo	Curso
2500252 Bioquímica	OB	3

### Contacto

Nombre: Marc Torrent Burgas

Correo electrónico: marc.torrent@uab.cat

### Idiomas de los grupos

Puede consultar esta información al [final](#) del documento.

### Prerrequisitos

Parte de los contenidos de las asignaturas de los cursos 1º y 2º se necesitan para poder seguir el curso. Son particularmente necesarios algunos contenidos de las siguientes asignaturas: Biología Celular, Termodinámica y Cinética, Física, Bioquímica I y Bioquímica II, Química e Ingeniería de Proteínas y Biología Molecular.

### Objetivos y contextualización

En la asignatura de Bioenergética se realizará un estudio en profundidad sobre las relaciones entre la energía y los sistemas vivos. Se tratarán los temas indicados en la sección contenidos. El objetivo es que los alumnos adquieran conocimientos sólidos sobre: (1) La aplicación de los principios de la Termodinámica clásica para el estudio de los procesos bioquímicos fundamentales; (2) Energía y mecanismos químicos y físicos implicados en la producción de ATP en la respiración y la fotosíntesis; (3) Transformaciones energéticas en los trabajos celulares de biosíntesis, de transporte y mecánico; (4) Aplicaciones de la Termodinámica de sistemas abiertos para el estudio energético de los sistemas vivos. También se consideran las posibles aplicaciones de la Bioenergética para la solución de problemas de energía de nuestra civilización tecnológica actual.

### Competencias

- Actuar con responsabilidad ética y con respeto por los derechos y deberes fundamentales, la diversidad y los valores democráticos.
- Actuar en el ámbito de conocimiento propio evaluando las desigualdades por razón de sexo/género.
- Actuar en el ámbito de conocimiento propio valorando el impacto social, económico y medioambiental.
- Aplicar los recursos informáticos para la comunicación, la búsqueda de información, el tratamiento de datos y el cálculo
- Colaborar con otros compañeros de trabajo
- Diseñar experimentos y comprender las limitaciones de la aproximación experimental
- Entender el lenguaje y propuestas de otros especialistas
- Explicar la estructura de las membranas celulares y su papel en los procesos de transducción de señales, transporte de solutos y transducción de energía
- Identificar la estructura molecular y explicar la reactividad de las distintas biomoléculas: carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos

- Interpretar resultados experimentales e identificar elementos consistentes e inconsistentes
- Introducir cambios en los métodos y los procesos del ámbito de conocimiento para dar respuestas innovadoras a las necesidades y demandas de la sociedad.
- Leer textos especializados tanto en lengua inglesa como en las lenguas propias
- Saber hacer una presentación oral, escrita y visual de su trabajo a una audiencia profesional y no profesional en inglés y entender el lenguaje y propuestas de otros especialistas

## Resultados de aprendizaje

1. Actuar con responsabilidad ética y con respeto por los derechos y deberes fundamentales, la diversidad y los valores democráticos.
2. Actuar en el ámbito de conocimiento propio evaluando las desigualdades por razón de sexo/género.
3. Actuar en el ámbito de conocimiento propio valorando el impacto social, económico y medioambiental.
4. Aplicar la Termodinámica de sistemas abiertos al estudio energético de los sistemas vivos
5. Aplicar los recursos informáticos para la comunicación, la búsqueda de información, el tratamiento de datos y el cálculo
6. Colaborar con otros compañeros de trabajo
7. Describir las membranas biológicas en los mecanismos físicos y químicos implicados en las transformaciones energéticas asociadas a la formación de ATP en la respiración y la fotosíntesis
8. Describir los principios moleculares del transporte selectivo de substancias a través de las membranas celulares y su regulación
9. Diseñar experimentos y comprender las limitaciones de la aproximación experimental
10. Entender el lenguaje y propuestas de otros especialistas
11. Explicar las bases químicas, termodinámicas y estructurales de las transformaciones de energía para la formación de ATP y para los trabajos celulares de biosíntesis, de transporte y mecánico
12. Interpretar resultados experimentales e identificar elementos consistentes e inconsistentes
13. Introducir cambios en los métodos y los procesos del ámbito de conocimiento para dar respuestas innovadoras a las necesidades y demandas de la sociedad.
14. Leer textos especializados tanto en lengua inglesa como en las lenguas propias
15. Saber hacer una presentación oral, escrita y visual de un trabajo a una audiencia profesional y no profesional en inglés

## Contenido

1. LOS PRINCIPIOS DE LA TERMODINÁMICA. Sistemas termodinámicos. Concepto de calor y temperatura. Equivalencia entre calor y trabajo. El experimento de Joule. Primer principio de la Termodinámica. Procesos reversibles e irreversibles. Entropía y segundo principio de la termodinámica. Interpretación mecánica del calor y la entropía. Interpretación cuántica del calor y la entropía. Equivalencia de los principios de máxima entropía y energía mínima. El concepto de energía libre. Entalpía, Energía libre de Helmholtz y Energía libre de Gibbs.
2. MECÁNICA ESTADÍSTICA Y SISTEMAS MICROSCÓPICOS. Termodinámica y modelos microscópicos. Mecánica estadística: entropía y el modelo atómico-molecular. Función de partición y distribución de Boltzmann. Aplicaciones a proteínas y ácidos nucleicos.
3. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA EN FOTOSÍNTESIS. Fase oscura y fase luminosa. Estructura del cloroplasto. Cromóforos. Absorción y transporte de la energía de la radiación solar. Teoría de Marcus de la transferencia electrónica. El efecto del túnel cuántico y la evaluación de la distancia de tunelación. Fotorreceptores, modelo de antena, mecanismo de transporte de energía desde la antena al centro fotoquímico. Tasa neta de transferencia electrónica. El centro fotoquímico: reacciones de transferencia de carga, estructura y operación de centros fotoquímicos. Cadena de transporte fotosintética en bacterias. Cadena de transporte fotosintético en plantas: el efecto cooperativo de Emerson y los dos fotosistemas. Fijación de CO<sub>2</sub> en el ciclo de Calvin. Capacidad para fijar el CO<sub>2</sub> y el cambio climático.

4. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA EN FERMENTACIONES Y RESPIRACIÓN. Producción de ATP en fermentaciones: fosforilación a nivel de sustrato. Producción de ATP ligada a la respiración: fosforilación oxidativa, mitocondrias. La cadena de transporte electrónico mitocondrial: los transportadores y su ordenación, localización de los transportadores en la membrana mitocondrial interna. Partículas submitocondriales: ATP sintasa. Problema del acoplamiento entre el transporte electrónico y la fosforilación oxidativa: hipótesis del acoplamiento químico, hipótesis del acoplamiento conformacional. Hipótesis del acoplamiento quimiosmótico: El complejo ATPasa F1-Fo: propiedades, estructura, mecanismo de síntesis de ATP.

5. EL TRABAJO DE TRANSPORTE. Definición de trabajo de transporte. Difusión simple. Primera ley de Fick. Segunda ley de Fick. Modelo de difusión simple a través de la membrana celular. Permeabilidad de la membrana. Difusión facilitada. Modelos de difusión facilitada. El transportador de glucosa. Canales iónicos. Canales operados por voltaje. Equilibrio iónico y ecuación de Nernst. Modelos simples de canales iónicos operados por voltaje. Canales operados por unión a ligando. Modelo de Monod-Wyman-Changeaux. Fuerza entrópica de salida. Transporte activo. Transporte activo de glucosa. Flujo de glucosa en el intestino.

6. TRABAJO MECÁNICO. Motores moleculares. Citoesqueleto. Estructura de microtúbulos y filamentos de actina. Polimerización, nucleación y elongación. Modelo de polimerización simple. Modelo de polimerización polar. Modelo de polimerización con hidrólisis de ATP. Desastres de polimerización. Motores traslacionales: miosina, kinesina y dineína. Contracción muscular. Modelos de translación: el modelo del camino aleatorio. Relación entre la velocidad de polimerización y el consumo de ATP. Motores rotacionales y el modelo de trinquete browniano. Motores de polimerización y localización de centríolos. Motores de translocación y sistemas de secreción.

7. EL TRABAJO DE LA BIOSÍNTESIS. Diferencias entre anabolismo y catabolismo. Relación entre los valores de  $\Delta G$  y los puntos de regulación de la vía metabólica. Aspectos energéticos de las vías metabólicas y estrategias de control: intermediarios comunes, compartimentación y control enzimático. Algunos aspectos energéticos de la catálisis enzimática: termodinámica y tiempo, cinética química, interpretaciones energéticas de la acción catalítica de las enzimas. Ejemplos de trabajo de biosíntesis: gluconeogénesis en comparación con la glucólisis.

8. LA ENERGÍA Y LA BIOSFERA. Sistemas vivos fototróficos y quimiotróficos. Ciclo de la materia y flujo de energía a la biosfera. Conversión y eficiencia energética. Transporte y almacenamiento de energía.

9. LA TERMODINÁMICA DE LOS PROCESOS IRREVERSIBLES Y LA BIOLOGÍA. Termodinámica de sistemas abiertos. Sistemas no muy alejados del equilibrio: velocidad de producción de entropía interna, ecuaciones de Onsager, estado estacionario, principio de producción mínima de entropía. Sistemas alejados del equilibrio: inestabilidad de Bénard, reacción de Zhabotinski. Estructuras disipativas: posibles aplicaciones al estudio de sistemas vivos.

10. FORMACIÓN DE PATRONES BIOLÓGICOS. Diferenciación celular y embriogénesis. Gradientes morfogénicos. El modelo de la bandera francesa. Formación de heterocistos en organismos fotosintéticos. Patrones de Turing con y sin difusión. Generación de patrones temporales: el crecimiento de microorganismos en la superficie. Efecto del ruido biológico en los patrones. Ventajas del ruido biológico. El sistema ComK de competencia en *B. subtilis* y los mecanismos bacterianos de persistencia.

11. UNA VISIÓN TERMODINÁMICA DEL ORIGEN DE LA VIDA Y LA EVOLUCIÓN. Definición de vida. Teorías actuales sobre el origen de la vida. Definición termodinámica de la vida: autorreplicación. Autorreplicación espontánea. La vida entendida como una transición de fase: el concepto de vida al borde del caos. Concepto de criticidad autoorganizada. Darwinismo y evolución: el concepto del espacio morfogénico. El papel de los genes en la evolución.

## Actividades formativas y Metodología

Título	Horas	ECTS	Resultados de aprendizaje
--------	-------	------	---------------------------

Tipo: Dirigidas

Clases de problemas/temas específicos	10	0,4	3, 5, 4, 6, 8, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 15
Clases de teoría	35	1,4	4, 8, 7, 11, 12
Tipo: Supervisadas			
Tutorías en grupo	4	0,16	4, 8, 7, 11, 12
Tipo: Autónomas			
Estudio individual	67	2,68	5, 4, 8, 7, 9, 11, 12, 14
Estudio individual de temas específicos	15	0,6	5, 4, 8, 7, 9, 11, 12, 14
Preparación en grupo de un informe escrito de un problema/tema específico	12	0,48	1, 2, 5, 4, 6, 8, 7, 9, 11, 12, 14, 15

**Teoría.** El profesor explicará gran parte del contenido del temario con el apoyo de material audiovisual que estará disponible para los estudiantes en el Campus Virtual (CV) de la asignatura. Estas sesiones tratarán las partes más conceptuales de la asignatura. Otras partes de la asignatura deben ser estudiadas de manera autónoma por los estudiantes. El profesor indicará exactamente qué temas tendrán que ser estudiados de esta manera y el material docente que deberá utilizarse.

**Problemas.** El profesor propondrá problemas sobre temas específicos de Bioenergética utilizando la herramienta CellDesigner. El grupo se dividirá en 12 subgrupos y cada uno de los subgrupos deberá preparar un resumen de uno o más de esos temas. Todos los estudiantes pueden participar activamente en las discusiones sobre todos los temas específicos. El profesor podrá incluir preguntas sobre estos temas en los exámenes.

**Tutorías.** En las sesiones de tutoría en aula se darán instrucciones sobre la estrategia a seguir para estudiar los temas de aprendizaje autónomo.

Nota: se reservarán 15 minutos de una clase dentro del calendario establecido por el centro o por la titulación para que el alumnado rellene las encuestas de evaluación de la actuación del profesorado y de evaluación de la asignatura o módulo.

## Evaluación

### Actividades de evaluación continuada

Título	Peso	Horas	ECTS	Resultados de aprendizaje
Evaluación de problemas/temas específicos	20%	1	0,04	1, 2, 5, 4, 6, 8, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 15
Examen parcial 1 de teoría	40%	3	0,12	3, 4, 8, 7, 9, 11, 12, 13, 14
Examen parcial 2 de teoría	40%	3	0,12	4, 8, 7, 9, 11, 12, 14

Evaluación continua:

La calificación se basará en 3 elementos:

(1) Entrega de un informe sobre un tema específico (evaluación grupal, problemas con CellDesigner): máximo 2 puntos (20%). Para obtener la calificación máxima, el informe debe realizarse en inglés (0.5 puntos).

(2) Examen parcial 1 de contenidos teóricos: máximo 4 puntos (40%)

(3) Examen parcial 2 de contenidos teóricos: máximo 4 puntos (40%)

La entrega del informe no es recuperable.

Los estudiantes pueden presentarse al examen de recuperación para intentar mejorar la calificación obtenida en el primer y/o segundo examen parcial; la calificación obtenida en este segundo examen anula la calificación obtenida en el examen parcial anterior (incluso si la calificación hubiera sido superior).

Se aprobará la asignatura cuando la suma de las calificaciones obtenidas sea  $\geq 5$  puntos (sobre un máximo de 10).

Para participar en la recuperación, el alumnado debe haber sido evaluado previamente en un conjunto de actividades cuyo peso equivalga a como mínimo dos tercios de la calificación total de la asignatura o módulo. Por lo tanto, el alumnado obtendrá la calificación de "No evaluable" cuando las actividades de evaluación realizadas tengan un peso inferior al 67% en la calificación final.

Evaluación única:

El alumnado que se acoge a la evaluación única debe realizar las prácticas de aula (problemas con CellDesigner) en las sesiones presenciales y entregará el informe de forma individual. Este informe tendrá un peso del 20% en la nota final. La entrega del informe no es recuperable.

La evaluación única consiste en una prueba de síntesis única sobre los contenidos de todo el programa de teoría y problemas. La nota obtenida en la prueba de síntesis representa el 80% de la nota final de la asignatura.

La prueba de evaluación única se realizará coincidiendo con la misma fecha establecida en el calendario para el último examen de evaluación continua y se aplicará el mismo sistema de recuperación que para la evaluación continua. La fecha de entrega del trabajo será también el mismo día que el examen de evaluación única.

Se aprobará la asignatura cuando la suma de las calificaciones obtenidas sea  $\geq 5$  puntos (sobre un máximo de 10).

## Bibliografía

Lehninger: Principles of Biochemistry. D.L. Nelson & M.M. Cox (2021) 8th edition. W. H. Freeman.

The molecules of life. John Kuriyan, Boyana Konforti and David Wemmer (2012) 1st edition. W. W. Norton & Company

Physical Chemistry for the Life Sciences. Peter Atkins and Julio de Paula (2015) 2nd edition. Oxford University Press.

Bioenergetics 4. David G. Nicholls (2013) 4th edition. Academic Press.

Cell biology by the numbers. Ron Milo and Rob Phillips (2015) 1st edition. Garland Science.

The origins of order. Stuart A. Kauffman (1993) Oxford University Press.

## Software

CellDesigner: A modeling tool of biochemical networks (<http://www.celldesigner.org>)

## Lista de idiomas

Nombre	Grupo	Idioma	Semestre	Turno
(PAUL) Prácticas de aula	331	Catalán	primer cuatrimestre	mañana-mixto
(TE) Teoría	33	Catalán	primer cuatrimestre	mañana-mixto