

**Bioenergètica**

Codi: 100866

Crèdits: 6

Titulació	Tipus	Curs	Semestre
2500252 Bioquímica	OB	3	1

## Professor/a de contacte

Nom: Marc Torrent Burgas

Correu electrònic: marc.torrent@uab.cat

## Idiomes dels grups

Podeu accedir-hi des d'aquest [enllaç](#). Per consultar l'idioma us caldrà introduir el CODI de l'assignatura. Tingueu en compte que la informació és provisional fins a 30 de novembre de 2023.

## Prerequisits

Part dels continguts de les assignatures del 1r i 2n cursos són necessaris poder seguir correctament l'assignatura. Són particularment necessaris alguns continguts de les assignatures següents: Biologia Cel·lular, Termodinàmica i Cinètica, Física, Bioquímica I, Bioquímica II, Química i Enginyeria de Proteïnes, i Biologia Molecular.

## Objectius

A l'assignatura de Bioenergètica es farà un estudi a fons sobre les relacions entre l'energia i els sistemes vius. Es tractaran els temes indicats a l'apartat de continguts. Es pretén que els alumnes assoleixin coneixements sòlids sobre: (1) L'aplicació dels principis de la Termodinàmica clàssica per a l'estudi dels processos bioquímics fonamentals; (2) Energètica i mecanismes químics i físics implicats en la producció d'ATP a la respiració i a la fotosíntesi; (3) Transformacions energètiques en els treballs cel·lulars de biosíntesi, de transport i mecànic; (4) Aplicacions de la Termodinàmica dels sistemes oberts a l'estudi energètic dels sistemes vius. També es consideraran les possibles aplicacions de la Bioenergètica a la solució de problemes energètics de la nostra civilització tecnològica actual.

## Competències

- Actuar amb responsabilitat ètica i amb respecte pels drets i deures fonamentals, la diversitat i els valors democràtics.
- Actuar en l'àmbit de coneixement propi avaluant les desigualtats per raó de sexe/gènere.
- Actuar en l'àmbit de coneixement propi valorant l'impacte social, econòmic i mediambiental.
- Aplicar els recursos informàtics per a la comunicació, la recerca d'informació, el tractament de dades i el càlcul.

- Col·laborar amb altres companys de treball.
- Dissenyar experiments i comprendre les limitacions de l'aproximació experimental.
- Entendre el llenguatge i propostes d'altres especialistes.
- Explicar l'estructura de les membranes cel·lulars i el paper que tenen en els processos de transducció de senyals, transport de soluts i transducció d'energia.
- Identificar l'estructura molecular i explicar la reactivitat de les diferents biomolècules: carbohidrats, lípids, proteïnes i àcids nucleics.
- Interpretar resultats experimentals i identificar elements consistents i inconsistents.
- Introduir canvis en els mètodes i els processos de l'àmbit de coneixement per donar respostes innovadores a les necessitats i demandes de la societat.
- Llegir textos especialitzats tant a llengua anglesa com a les llengües pròpies.
- Saber fer una presentació oral, escrita i visual del seu treball a una audiència professional i no professional en anglès i entendre el llenguatge i propostes d'altres especialistes.

## Resultats d'aprenentatge

1. Actuar amb responsabilitat ètica i amb respecte pels drets i deures fonamentals, la diversitat i els valors democràtics.
2. Actuar en l'àmbit de coneixement propi avaluant les desigualtats per raó de sexe/gènere.
3. Actuar en l'àmbit de coneixement propi valorant l'impacte social, econòmic i mediambiental.
4. Aplicar els recursos informàtics per a la comunicació, la recerca d'informació, el tractament de dades i el càlcul.
5. Aplicar la termodinàmica de sistemes oberts a l'estudi energètic dels sistemes vius.
6. Col·laborar amb altres companys de treball.
7. Descriure els principis moleculars del transport selectiu de substàncies a través de les membranes cel·lulars, i com es regula.
8. Descriure les membranes biològiques en els mecanismes físics i químics implicats en les transformacions energètiques associades a la formació d'ATP en la respiració i la fotosíntesi.
9. Dissenyar experiments i comprendre les limitacions de l'aproximació experimental.
10. Entendre el llenguatge i propostes d'altres especialistes
11. Explicar les bases químiques, termodinàmiques i estructurals de les transformacions d'energia per a la formació d'ATP i per als treballs cel·lulars de biosíntesi, de transport i mecànic.
12. Interpretar resultats experimentals i identificar elements consistents i inconsistents.
13. Introduir canvis en els mètodes i els processos de l'àmbit de coneixement per donar respostes innovadores a les necessitats i demandes de la societat.
14. Llegir textos especialitzats tant a llengua anglesa com a les llengües pròpies.
15. Saber fer una presentació oral, escrita i visual del seu treball a una audiència professional i no professional en anglès i entendre el llenguatge i propostes d'altres especialistes.

## Continguts

1. INTRODUCCIÓ: L'ENERGIA I LA BIOSFERA. Sistemes vius fototròfics i quimiotròfics. Cicle de la matèria i flux d'energia a la biosfera. Conversió i eficiència energètica. Transport i emmagatzematge de l'energia.

2. ELS PRINCIPIS DE LA TERMODINÀMICA. Sistemes termodinàmics. Concepte de calor i temperatura. Equivalència entre calor i treball. L'experiment de Joule. Primer principi de la Termodinàmica. Processos reversibles i irreversibles. Entropia i Segon principi de la Termodinàmica. Interpretació mecànica de la calor i l'entropia. Interpretació quàntica de la calor i l'entropia. Equivalència dels principis de màxima entropia i mínima energia. El concepte d'energia lliure. Entalpia, Energia lliure de Helmholtz i Energia lliure de Gibbs.

3. MECÀNICA ESTADÍSTICA I SISTEMES MICROSCÒPICS. La termodinàmica i els models microscòpics. Mecànica estadística: l'entropia i el model atòmic-molecular. La funció de partició i la distribució de Boltzmann. Aplicacions a proteïnes i àcids nucleics.

4. PRODUCCIÓ D'ENERGIA EN LA FOTOSÍNTESI. Fase fosca i fase lluminosa. Estructura dels cloroplasts. Cromòfors. Absorció i transport de l'energia de la radiació solar. Teoria de Marcus de la transferència electrònica. L'efecte túnel quàntic i estimació de la distància de tunelament. Fotoreceptors, model de l'antena, mecanisme de transport d'energia de l'antena al centre fotoquímic. Taxa neta de transferència electrònica. El centre fotoquímic: reaccions de transferència de càrrega, estructura i funcionament dels centres fotoquímics. Cadena de transport electrònic fotosintètic en bacteris. Cadena de transport electrònic fotosintètic en plantes: l'efecte cooperatiu d'Emerson i els dos fotosistemes. Fixació de  $\text{CO}_2$  en el cicle de Calvin. Capacitat de fixació del  $\text{CO}_2$  i canvi climàtic.

5. PRODUCCIÓ D'ENERGIA EN LES FERMENTACIONS I EN LA RESPIRACIÓ. Producció d'ATP en les fermentacions: fosforilació a nivell de substrat. Producció d'ATP lligada a la respiració: fosforilació oxidativa, el mitocondri. La cadena del transport electrònic mitocondrial: els transportadors i llur ordenació, localització dels transportadors en la membrana mitocondrial interna. Partícules submitocondrials: ATP sintasa. Problema de l'acoblament entre el transport electrònic i la fosforilació oxidativa: hipòtesi de l'acoblament químic, hipòtesi de l'acoblament conformacional. Hipòtesi de l'acoblament quimiosmòtic. El complex ATPasa F1-Fo: propietats, estructura, mecanisme de síntesi d'ATP.

6. EL TREBALL DE TRANSPORT. Definició de treball de transport. Difusió simple. Primera llei de Fick. Segona llei de Fick. Model de difusió simple a través de la membrana cel·lular. Permeabilitat de membrana. Difusió facilitada. Models de difusió facilitada. El transportador de glucosa. Canals iònics. Canals operats per voltatge. Equilibri iònic i equació de Nernst. Models simples de canals iònics operats per voltatge. Canals operats per unió a lligand. Model de Monod-Wyman-Changeaux. Força entròpica de sortida. Transport actiu. Transport actiu de la glucosa. Flux de glucosa a l'intestí.

7. EL TREBALL MECÀNIC. Motors moleculars. Citoesquelet. Estructura dels microtúbuls i els filaments d'actina. Polimerització, nucleació i elongació. Model de polimerització senzill. Model de polimerització polar. Model de polimerització amb hidròlisi d'ATP. Catàstrofes de polimerització. Motors translacionals: miosina, kinesina i dineina. La contracció muscular. Models de translació: el model del camí aleatori. Relació entre velocitat de polimerització i consum d'ATP. Motors rotacionals i el model del trinquet brownià. Motors de polimerització i localització dels centríols. Motors de translocació i sistemes de secreció.

8. EL TREBALL DE BIOSÍNTESI. Diferències entre anabolisme i catabolisme. Relació entre els valors de  $\Delta G$  i els punts de regulació de les vies metabòliques. Aspectes energètics de les vies metabòliques i estratègies de control: intermediaris comuns, compartimentalització i control enzimàtic. Alguns aspectes energètics de la catàlisi enzimàtica: la Termodinàmica i el temps, cinètica química, interpretacions energètiques de l'acció catalítica dels enzims. Exemples de treball de biosíntesi: la gluconeogènesi en comparació amb la glucòlisi.

9. LA TERMODINÀMICA DELS PROCESSOS IRREVERSIBLES I LA BIOLOGIA. Termodinàmica de sistemes oberts. Sistemes poc allunyats de l'equilibri: velocitat de producció interna d'entropia, equacions d'Onsager, estat estacionari, principi de la mínima producció d'entropia. Sistemes molt allunyats de l'equilibri: inestabilitat de Bénard, reacció de Zhabotinski. Estructures dissipatives: possibles aplicacions a l'estudi dels sistemes vius.

10. FORMACIÓ DE PATRONS BIOLÒGICS. Diferenciació cel·lular i embriogènesis. Gradients de morfògens. El model de la bandera francesa. Formació d'heterocists en organismes fotosintètics. Patrons de Turing amb i sense difusió. Generació de patrons temporals: el creixement dels microorganismes en superfície. Efecte del soroll biològic en els patrons. Avantatges del soroll biològic. El sistema ComK de competència en *B. subtilis* i els mecanismes bacterians de persistència.

11. UNA VISIÓ TERMODINÀMICA DE L'ORIGEN DE LA VIDA I L'EVOLUCIÓ. Definició de vida. Teories actuals sobre l'origen de la vida. Definició termodinàmica de vida: autoreplicació. Autoreplicació espontània. La vida entesa com a una transició de fase: el concepte de la vida a la vora del caos. Concepte de criticalitat i criticalitat autoorganitzada. Darwinisme i evolució: el concepte d'espai morfogènic. El paper dels gens en l'evolució.

## Metodologia

**Teoria.** El professor explicarà gran part del contingut del temari amb el suport de material audiovisual que estarà a disposició dels estudiants al Campus Virtual (CV) de l'assignatura. Aquestes sessions tractaran de les parts més conceptuals de l'assignatura. Altres parts de l'assignatura hauran d'ésser estudiades de manera autònoma per part dels alumnes. El professor indicarà exactament quins temes s'han d'estudiar d'aquesta manera i el material docent que cal fer servir.

**Problemes.** El professor proposarà problemes relacionats amb temes específics de Bioenergètica que es resoldran mitjançant l'eina CellDesigner. En aquestes sessions el grup es dividirà en 12 subgrups. Cadascun dels subgrups haurà de fer un resum escrit d'un o més dels problemes. Tots els alumnes podran participar activament a les discussions. El professor pot incloure preguntes sobre aquests temes en els examens.

**Tutories.** A les sessions de tutoria en aula, es farà un guiatge sobre l'estratègia a seguir per estudiar el temes d'aprenentatge autònom.

**Nota:** es reservaran 15 minuts d'una classe, dins del calendari establert pel centre/titulació, per a la complementació per part de l'alumnat de les enquestes d'avaluació de l'actuació del professorat i d'avaluació de l'assignatura/mòdul.

## Activitats formatives

Títol	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Tipus: Dirigides			
Classes de problemes/temes específics	10	0,4	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15
Classes de teoria	35	1,4	5, 7, 8, 11, 12
Tipus: Supervisades			
Tutories en grup	4	0,16	5, 7, 8, 11, 12
Tipus: Autònomes			
Estudi individual	67	2,68	4, 5, 7, 8, 9, 11, 12, 14
Estudi individual de temes específics	15	0,6	4, 5, 7, 8, 9, 11, 12, 14
Preparació en grup d'un informe escrit d'un problema/tema específic	12	0,48	1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 14, 15

## Avaluació

Avaluació continuada:

La qualificació es basarà en 3 elements:

(1) Lliurament d'un informe d'un tema específic (avaluació grupal, problemes amb CellDesigner): màxim 2 punts (20%). Per obtenir la qualificació màxima cal que l'informe es faci en anglès (0.5 punts).

(2) Prova parcial 1 de continguts teòrics: màxim 4 punts (40%)

(3) Prova parcial 2 de continguts teòrics: màxim 4 punts (40%)

El lliurament de l'informe no és recuperable.

Els alumnes poden presentar-se a l'examen de recuperació per intentar millorar la nota obtinguda a la primera i/o segona prova parcial; la nota obtinguda en aquesta segona prova anul·la la nota obtinguda a la prova parcial feta anteriorment (encara que la qualificació hagués estat superior).

Es superarà l'assignatura quan la suma de les qualificacions obtingudes sigui  $\geq 5$  punts (sobre un màxim de 10).

Per participar a la recuperació, l'alumnat ha d'haver estat prèviament avaluat en un conjunt d'activitats el pes de les quals equivalgui a un mínim de dues terceres parts de la qualificació total de l'assignatura o mòdul. Per tant, l'alumnat obtindrà la qualificació de "No Avaluable" quan les activitats d'avaluació realitzades tinguin una ponderació inferior al 67% en la qualificació final.

Avaluació única:

L'alumnat que s'acull a l'avaluació única ha de realitzar les pràctiques d'aula (problemes amb CellDesigner) a les sessions presencials i lliurarà l'informe de forma individual. Aquest informe tindrà un pes del 20% de la nota final. El lliurament de l'informe no és recuperable.

L'avaluació única consisteix en una prova de síntesi única sobre els continguts de tot el programa de teoria i problemes. La nota obtinguda a la prova de síntesi representa el 80% de la nota final de l'assignatura.

La prova d'avaluació única es farà coincidint amb la mateixa data fixada en calendari per a la darrera prova d'avaluació continuada i s'aplicarà el mateix sistema de recuperació que per l'avaluació continuada. La data d'entrega del treball es farà també el mateix dia de la prova d'avaluació única.

Es superarà l'assignatura quan la suma de les qualificacions obtingudes sigui  $\geq 5$  punts (sobre un màxim de 10).

## Activitats d'avaluació continuada

Títol	Pes	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Avaluació de problemes/temes específics	20%	1	0,04	1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15
Prova parcial 1 continguts teòrics	40%	3	0,12	3, 5, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14
Prova parcial 2 de continguts teòrics	40%	3	0,12	5, 7, 8, 9, 11, 12, 14

## Bibliografia

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.

## **Programari**

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