

Guia docent de l'assignatura "Química i enginyeria de proteïnes" 2011/2012

Codi: 100935

Crèdits ECTS: 6

Titulació	Pla	Tipus	Curs	Semestre
2500253 Biotecnologia	815 Graduat en Biotecnologia	OB	3	1

Contacte

Nom : Josep Vendrell Roca

Email : Josep.Vendrell@uab.cat

Utilització d'idiomes

Llengua vehicular majoritària: català (cat)

Algun grup íntegre en anglès: No

Algun grup íntegre en català: Sí

Algun grup íntegre en espanyol: No

Prerequisits

No hi ha prerequisits oficials, però se suposa que l'estudiant ha adquirit coneixements suficientment sòlids de les assignatures dels dos primers cursos, en especial de les de Fonaments de Química, Química Orgànica, Bioquímica i Tecnologia del DNA recombinant.

Com en altres matèries, gran part de la bibliografia està en anglès, idioma que també és utilitzat a les figures projectades a les classes de teoria.

Objectius i contextualització

L'assignatura Química i Enginyeria de Proteïnes forma part de la matèria "Proteïnes i àcids nucleics: estructura, funció i enginyeria" de la que les dues primeres assignatures s'han impartit al segon curs. En aquesta assignatura s'estudien les característiques estructurals i funcionals dels aminoàcids, els pèptids i les proteïnes tant des d'un punt de vista bàsic com aplicat.

Les proteïnes són les molècules efectores de molts processos bioquímics i biològics, gran part dels quals han estat vistos els dos primers cursos. Tanmateix, el coneixement de la seva estructura i funció es fonamental per a la comprensió transversal i aprofundida d'un bon nombre de matèries del Grau de Biotecnologia. Els coneixements teòrics adquirits en l'assignatura de Química i Enginyeria de Proteïnes es complementen amb una formació pràctica al laboratori en l'assignatura de Laboratori Integrat 5.

Objectius de l'assignatura:

Aprofundir en el coneixement de les característiques físico-químiques dels aminoàcids i els pèptids. Descriure i aplicar les metodologies per a l'anàlisi de la seqüència de proteïnes i la síntesi de pèptids. Reconèixer els elements estructurals, els diferents nivells de complexitat, els tipus de plegaments de proteïnes i la seva capacitat de formació d'estructures d'ordre superior.

Saber recórrer a les fonts d'informació adequades per establir classificacions estructurals de proteïnes. Conèixer i saber explicar els mètodes més habituals d'anàlisi de la conformació i l'estabilitat de les proteïnes, inclosos els d'anàlisi tridimensional.

Descriure les bases moleculars del plegament de proteïnes, de la seva dinàmica molecular, del seu processament post-traduccionall i del seu trànsit intra- i extracel·lular.

Saber establir relacions evolutives entre proteïnes i conèixer els mètodes d'anàlisi i de predicció estructural.

Conèixer i saber com aplicar les metodologies més habituals per a la producció i purificació de proteïnes recombinants.

Saber dissenyar estratègies per a la modificació i optimització de les propietats de les proteïnes. Conèixer les bases per al disseny de proteïnes i les metodologies utilitzades en aquests processos.

Assolir una visió global de les relacions estructura-funció a proteïnes i de les aplicacions d'aquestes biomolècules a la medicina, la indústria i la recerca.

Integrar els coneixements teòrics adquirits per interpretar els resultats d'experiments científics i per resoldre problemes experimentals, utilitzant la terminologia científica adequada.

Competències i resultats d'aprenentatge

1212:E01 - Descriure les bases moleculars, cel·lulars i fisiològiques de l'organització, el funcionament i integració dels organismes vius en el marc de la seva aplicació als processos biotecnològics.

1212:E01.32 - Interpretar els resultats que s'obtenen d'estudis estructurals de proteïnes i àcids nucleics

1212:E01.33 - Identificar motius i dominis conservats de proteïnes.

1212:E01.34 - Classificar proteïnes en famílies estructurals partint de dades sobre seqüència i estructures secundària i terciària.

1212:E01.35 - Valorar les diferents tècniques d'anàlisi estructural i decidir sobre la seva aplicació a situacions experimentals concretes.

1212:E01.36 - Analitzar correctament dades sobre constants d'afinitat i llocs d'unió lligand-macromolècula.

1212:E01.37 - Descriure correctament les bases moleculars del plegament, el trànsit, la modificació i el recanvi de proteïnes

1212:E01.38 - Interpretar dades experimentals sobre estabilitat i plegament de proteïnes.

1212:E05 - Obtenir informació de bases de dades i utilitzar el programari necessari per a establir correlacions entre estructura, funció i evolució de macromolècules.

1212:E05.04 - Extreure estructures tridimensionals de macromolècules de bases de dades i manejar el programari necessari per a visualitzar-les i comprendre les relacions estructura-funció.

1212:E05.05 - Deducir relacions evolutives entre macromolècules partint de l'anàlisi de dades seqüencials.

1212:E05.06 - Extreure informació de les bases de dades genòmiques i proteòmiques.

1212:T01 - Interpretar resultats experimentals i identificar elements consistents i inconsistents.

1212:T01.00 - Interpretar resultats experimentals i identificar elements consistents i inconsistents.

1212:T05 - Aplicar els recursos informàtics per a la comunicació, la recerca d'informació, el tractament de dades i el càlcul.

1212:T05.00 - Aplicar els recursos informàtics per a la comunicació, la recerca d'informació, el tractament de dades i el càlcul.

1212:T06 - Llegir textos especialitzats tant a llengua anglesa com a les llengües pròpies.

1212:T06.00 - Llegir textos especialitzats tant a llengua anglesa com a les llengües pròpies.

1212:T07 - Fer una presentació oral, escrita i visual d'un treball a una audiència professional i no professional, tant en anglès com en les llengües pròpies.

1212:T07.00 - Fer una presentació oral, escrita i visual d'un treball a una audiència professional i no professional, tant en anglès com en les llengües pròpies.

Continguts

TEORIA

1. Propietats fonamentals dels aminoàcids i de les proteïnes

Les proteïnes, els pèptids i les seves funcions als éssers vius. Estructura i propietats fisico-químiques dels aminoàcids. Reactivitat química. Aportació diferencial dels aminoàcids a les propietats de les proteïnes i relacions evolutives.

II. L'enllaç peptídic i la seqüència polipeptídica

Estereoquímica de l'enllaç peptídic. Tipus de pèptids naturals. Reactivitat química a pèptids. Implicacions estructurals i funcionals de la seqüència polipeptídica. Estratègies per a la determinació de la seqüència de proteïnes. Síntesi química de pèptids; llibreries combinatorials.

III. Determinants conformacionals. Estructures secundàries

Nivells d'estructuració tridimensional. Tipus de forces estabilitzadores de la conformació. Cooperativitat de les interaccions febles. Condicionants del plegament de proteïnes. Tipus principals d'estructures secundàries; aminoàcids que hi participen.

IV. Classificació estructural de les proteïnes

Estructures supersecundàries i motius. Dominis estructurals. Estructura terciària. Proteïnes . Proteïnes /. Proteïnes . Mètodes de classificació. Conformació i funció a proteïnes fibroses: -queratina, fibroïna, col·lagen. Bases de dades CATH i SCOP. Exemples de cerca i classificació.

V. Correlació estructura-funció. Exemples

Funcions generals de les proteïnes. Proteïnes enzimàtiques: exemples. Proteïnes que s'uneixen a àcids nucleics: exemples. Motors moleculars: exemples. Proteïnes de membrana.

VI. Estructura quaternària de proteïnes

Avantatges de l'adopció d'estructures quaternàries i factors que la governen. Protòmers i subunitats. Disposicions dels protòmers a l'espai; simetries. Exemples de proteïnes oligomèriques: relacions estructura-funció i regulació de l'activitat

VII. Determinació de l'estructura tridimensional de les proteïnes

Metodologies generals de caracterització estructural de proteïnes. Anàlisi en dissolució o en films: IR, DC, UV-Vis, fluorescència, RPE. Anàlisi en cristalls: raigs-X i ME. Espectroscòpia de RMN.

VIII. Plegament i dinàmica conformacional

Plegament i desplegament de proteïnes: estat natiu i estat desplegat. Mètodes d'anàlisi del plegament. Característiques termodinàmiques i mecanístiques del procés de plegament. Models que el descriuen. Plegament i agregació; les malalties conformacionals. Plegament de proteïnes *in vivo*: les chaperones moleculars. Proteïnes intrínsecament desestructurades. Dinàmica molecular de proteïnes.

IX. Processos i modificacions post-traducció

Tipus de modificacions post-traducció i implicacions funcionals. Transport i modificacions associades. Proteòlisi limitada: pre-proteïnes, zimògens. Degradació i recanvi proteic *in vivo*.

X. Interacció proteïna-ligand

Forces que intervenen en l'associació proteïna-ligand. Determinació dels paràmetres termodinàmics de la interacció. Mètodes per l'estudi de la interacció. Disseny de fàrmacs basat en l'estructura.

XI. Evolució bioquímica de proteïnes

Relacions evolutives entre proteïnes: especiació i diferenciació proteiques. Detecció i anàlisi d'homologies. Bases de dades seqüencials. Arbres filogenètics. Evolució convergent i divergent; exemples. Evolució per assemblatge de mòduls. De la seqüència a l'estructura i la funció: modelat conformacional; predicció d'estructura 3D..

XII. Enginyeria de proteïnes: producció heteròloga

Objectius de l'enginyeria de proteïnes i cicle productiu. Estratègies generals per a l'expressió heteròloga de

proteïnes recombinants. Expressió heteròloga en diferents organismes; elecció del sistema d'expressió. Metodologies per a la purificació i l'anàlisi de proteïnes recombinants.

XIII. Enginyeria de proteïnes: redisseny i síntesi de novo

Disseny racional: la mutagènesi dirigida com eina d'anàlisi i modificació de proteïnes. Exemples i aplicacions de l'enginyeria de proteïnes en l'anàlisi de l'estructura, l'estabilitat, i la funcionalitat. Modificació i millora de les propietats de les proteïnes. Evolució dirigida: enginyeria de proteïnes per mètodes combinatoris. Exemples de proteïnes recombinants. Disseny de proteïnes *de novo*.

PROBLEMES

El contingut d'aquest apartat es lliurarà en forma de dossier el començament del semestre a través del Campus Virtual i consisteix en una quantitat determinada d'enunciats de problemes relacionats amb els temes desenvolupats a Teoria. Les pròpies característiques de les diverses parts del temari de Teoria fan que els enunciats dels problemes es concentrin en alguns aspectes determinats.

Metodologia

Les activitats formatives de l'assignatura es divideixen en classes de teoria, classes de resolució de problemes o casos pràctics, lliurament de treballs mitjançant el Campus Virtual i seminaris/tutories. Aquestes darreres sessions de tutoria/seminaris complementen les oficialment programades i es faran a l'inici del darrer terç del curs per discutir alguns seminaris seleccionats.

Classes de teoria

El professor/a explicarà el contingut del temari amb el suport de material audiovisual que estarà a disposició dels estudiants al Campus Virtual de l'assignatura amb antelació a l'inici de cada tema. Aquestes sessions expositives, de les que n'hi ha previstes 38, constituïran la part més important de la docència presencial. És recomanable que els estudiants disposin del material publicat al CV en forma impresa per tal de poder seguir les classes amb més comoditat i que consultin de forma regular els llibres recomanats a l'apartat de Bibliografia d'aquesta guia docent

A indicacions del professor/a, els coneixement d'algunes parts escollides del temari hauran de ser cercats i estudiats mitjançant aprenentatge autònom per part dels estudiants, per al que es proporcionarà informació sobre localitzacions a llibres de text, pàgines web, etc. Aquest material d'estudi autònom i altres qüestions/problemes pràctics que es puguin plantejar podran ser, en part, el contingut de les sessions de tutoria.

Resolució de problemes o casos pràctics

Els estudiants es dividiran en dos grups (A i B), les llistes dels quals es faran públiques a començaments de curs, i assistiran a les sessions programades pel seu grup. Està previst que es facin 7 sessions que es dedicaran a la resolució de casos pràctics i problemes experimentals relacionats amb els continguts del programa de teoria.

A començaments de semestre es lliurarà a través del Campus Virtual un dossier d'enunciats de problemes de l'assignatura que s'aniran resolent al llarg de les sessions; el dossier podrà ser actualitzat periòdicament.

Els estudiants hauran de treballar els problemes fora de l'horari de classe, ja sigui individualment o en grup. Les sessions presencials seran generalment no expositives, de manera que la resolució dels problemes o casos pràctics es farà conjuntament entre estudiants i el professor de problemes. Seran benvingudes les iniciatives de resolució pública de problemes per part de persones o grups que els hagin preparat amb antelació. Periòdicament, el professor de problemes informarà de la futura recollida d'algun problema que s'haurà de dur resolt i lliurar-lo a l'inici de la sessió posterior. També de manera periòdica caldrà resoldre i lliurar problemes presencialment a sessions escollides a l'atzar.

Lliurament de treballs

A través del Campus Virtual es proposarà exercicis o cassos pràctics que els alumnes hauran de treballar i resoldre abans d'una data concreta. Es preveu un total de tres lliuraments al llarg del semestre que s'hauran d'enviar - en format PDF - mitjançant l'eina de lliurament d'arxius del Campus Virtual dins del termini establert. Aquesta activitat docent està dissenyada per complementar la docència tant de teoria com de problemes/casos pràctics.

Seminaris/tutories

Essent els continguts de l'assignatura força extensos, resulta aconsellable proposar que els continguts d'una part de la matèria siguin preparats de manera autònoma per part dels estudiants (vegeu el segon paràgraf dedicat a la metodologia en classes de teoria). A començaments de semestre s'informarà a través del CV de la llista de punts del temari o relacionats amb el temari que hauran de ser preparats pels estudiants en grups de 3-4 persones. Donat que la llista no contindrà suficients temes per a que cada grup n'elabori un de manera exclusiva, és possible que un mateix tema sigui tractat per més d'un grup. El professor establirà les pautes d'aquesta activitat durant el primer mes de docència. Tanmateix, les iniciatives per preparar seminaris de temàtica no prevista però clarament relacionada amb l'assignatura seran ben rebudes.

Per la preparació del seminaris es podrà programar tutories amb els grups d'estudiants interessats a fer-les. Els seminaris preparats pels diferents grups seran lliurats a través del Campus virtual dins dels límits de les dates fixades i anunciades amb antelació.

Com es deia a l'inici d'aquest apartat sobre metodologia docent, es programarà tres sessions de tutoria fora de l'horari oficial on es presentaran públicament alguns seminaris seleccionats (3 seminaris per sessió). La tria d'aquests seminaris no obehirà necessàriament a criteris de qualitat sinó a criteris d'oportunitat per complementar la docència feta a les classes presencials.

Calendari d'activitats

A la programació elaborada per la coordinació de la titulació hi figura hores de docència marcades com de teoria els dilluns i els divendres, mentre que els dimecres i els dijous estan marcats com dies de problemes/casos pràctics. Donat que, com s'ha especificat abans, hi ha previstes 38 sessions de teoria i 7 sessions de problemes/casos pràctics, a començaments de curs es publicarà en el Campus virtual de l'assignatura la programació detallada, indicant quines setmanes s'utilitza els dimecres i els dijous per fer docència amb els subgrups A i B (set setmanes en total) i quines setmanes es dediquen només a la docència teòrica presencial. En aquests darrers casos, tots els estudiants seran convocats només els dimecres, restant els dijous lliures.

Material disponible al Campus Virtual de l'assignatura

Guia docent

Presentacions utilitzades pels professors a classes de teoria

Dossier de problemes

Calendari esquemàtic de les activitats docents

I tot aquell material que es vagi generant al llarg del semestre

Activitats formatives

Activitat	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Tipus: Dirigides			
Classes de teoria	38	1.52	1212:E01.33 , 1212:E01.34 , 1212:E01.35 , 1212:E01.37 , 1212:T01.00 , 1212:T06.00 , 1212:E01.38 , 1212:E01.36
Estudi - treball autònom	65	2.6	1212:E01.32 , 1212:E01.37 , 1212:E05.04 , 1212:E05.06 ,

			1212:T06.00 , 1212:T01.00 , 1212:E05.05 , 1212:E01.38 , 1212:E01.36 , 1212:E01.33 , 1212:E01.34 , 1212:E01.35
Lliurament d'exercicis	4	0.16	1212:E01.32 , 1212:E05.04 , 1212:E05.06 , 1212:T05.00 , 1212:E05.05 , 1212:E01.38 , 1212:E01.33
Preparació de seminaris	4	0.16	1212:E01.32 , 1212:E05.04 , 1212:T01.00 , 1212:T07.00 , 1212:T06.00 , 1212:T05.00
Resolució de problemes o casos pràctics	7	0.28	1212:E01.32 , 1212:E01.35 , 1212:E01.36 , 1212:T01.00 , 1212:E05.06 , 1212:E05.05 , 1212:E01.38
Treball en grup o individual per resolució de problemes o lliuraments. Cerca d'informació	20	0.8	1212:E01.32 , 1212:T05.00 , 1212:E05.04 , 1212:E05.05 , 1212:T01.00 , 1212:E05.06
Tutories/presentació de seminaris	3	0.12	1212:E01.32 , 1212:T05.00 , 1212:T07.00 , 1212:T01.00

Avaluació

L'avaluació de l'assignatura serà individual i continuada i estarà subdividida en els mòduls següents: proves parcials on s'integrarà la teoria i els problemes, resolució presencial de problemes, lliuraments d'exercicis mitjançant el Campus virtual i elaboració d'un seminari.

Proves parcials integrades de teoria i problemes

Hi haurà tres proves parcials al llarg del semestre que constaran de preguntes tipus test, preguntes curtes i problemes. Les preguntes tipus test suposaran el 60% de la nota total de cada prova i les preguntes curtes i problemes el 40% restant. D'aquesta manera es pretén fer una avaluació integrada de tots els conceptes vistos a classes presencials.

Els exàmens parcials tenen caràcter eliminatori, de manera que aquells estudiants que hagin obtingut als dos primers parcials una nota igual o superior a 4,0, obtindran una nota per aquest apartat que serà el promig de les notes dels tres parcials. Aquells estudiants que no hagin superat el valor de 4,0 en qualsevol dels dos primers parcials s'hauran d'examinar del parcial o parcials pendents el dia del tercer examen parcial, essent les darreres notes les que es tindran en compte pel càlcul de la nota final. Tanmateix, és possible accedir a millorar la nota de parcials prèviament superats, amb l'única condició de renunciar a la primera nota obtinguda.

Cadascuna d'aquestes proves tindrà un pes del 25% a la nota total del curs; per tant, el pes total d'aquest apartat en la nota final és d'un 75%.

Resolució presencial de problemes

A les classes presencials de problemes es resoldran els enunciats del dossier de problemes/casos pràctics que estarà publicat al CV. Els estudiants hauran de preparar els problemes previstos per cadascuna de les sessions. En alguna d'aquestes sessions, previ avís per part del professor, els estudiants lliuraran alguns dels exercicis proposats, que posteriorment seran corregits i comentats a classe. En altres ocasions caldrà resoldre presencialment problemes del dossier en sessions escollides a l'atzar.

El pes total d'aquest apartat és del 5% de l'assignatura i es calcularà com el promig de les notes de cada lliurament (tres com a màxim).

Lliuraments d'exercicis mitjançant el Campus Virtual

Periòdicament es proposarà exercicis o casos pràctics que els estudiants hauran de resoldre individualment i lliurar mitjançant l'eina corresponent del CV abans d'una data concreta. Es donarà temps suficient entre l'anunci i la data de finalització del lliurament, però caldrà respectar estrictament aquesta última data ja que el

CV rebutja automàticament qualsevol lliurament fora de termini.

Està previst proposar uns tres lliuraments al llarg del semestre i el pes d'aquest apartat en la nota és del 10%, que es calcularà a partir del promig de les notes obtingudes.

Seminaris

L'avaluació dels seminaris preparats en grups de 3-4 persones comptarà un 10% de la nota final. A les tres sessions de tutoria que es programaran fora de l'horari oficial es presentaran públicament alguns seminaris seleccionats, en especial aquells que cobreixin les parts del temari no exposades a classe. A l'examen del tercer parcial hi constarà un nombre limitat de preguntes sobre aquests seminaris exposats públicament.

Avaluació global

Els estudiants han de participar i ser avaluats en tots els apartats de l'assignatura per poder-la superar. A banda de la nota mínima de 4,0 que cal obtenir en els dos primers parcials per tal d'eliminar-ne la matèria corresponent, l'única nota mínima exigida és la del 35% del màxim a la nota mitjana dels tres exàmens parcials.

L'assignatura es considerarà aprovada quan la suma final dels quatre apartats en què es subdivideix la nota assoleixi el 5,0.

Activitats d'avaluació

Activitat	Pes	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Lliurament d'arxius mitjançant el CV	10	1	0.04	1212:E01.32 , 1212:E01.34 , 1212:E05.05 , 1212:T07.00 , 1212:T06.00 , 1212:E05.06
Lliurament de casos/problemes resolts a classe	5	1	0.04	1212:E01.32 , 1212:E01.35 , 1212:E01.36 , 1212:T01.00
Proves parcials de teoria	75	6	0.24	1212:E01.32 , 1212:E01.36 , 1212:E01.38 , 1212:T01.00 , 1212:T06.00 , 1212:E05.05 , 1212:E01.37 , 1212:E01.35 , 1212:E01.33 , 1212:E01.34
Seminaris	10	1	0.04	1212:E01.33 , 1212:T05.00 , 1212:T07.00 , 1212:T06.00 , 1212:E05.06 , 1212:E01.38 , 1212:E05.04

Bibliografia

Bàsica

- Brandën C. i Tooze J., **Introduction to Protein Structure** (1999) Garland Pub.
- Gómez-Moreno C i Sancho J. (eds.) **Estructura de Proteínas** (2003) Ariel Ciencia
- Petsko, R. & Ringe, D., **Protein Structure and Function** (2003) Blackwell Publishing
- Whitford, D., **Proteins: Structure and Function** (2005) Wiley

Complementària

- Buckel, P. (ed), **Recombinant Protein Drugs** (2001), Birkhäuser Verlag
- Bujnicki, J.M. (ed.) **Prediction of protein structure, functions and interactions** (2008) Wiley
- Buxbaum, E., **Fundamentals of Protein Structure and Function** (2007), Springer
- Creighton T.E., **Proteins. Structures and Molecular Properties.** (1993) (2nd ed.) Freeman W.H. & Co.

- Fersht A. **Structure and Mechanism in Protein Science** (1999) W.H. Freeman & Co.
- Glick, B.R. & Pasternak, J.J. **Molecular Biotechnology** (1998) ASM Press
- Kamp, R.M., Calvete, J. J., Choli-Papadopoulou, T. **Methods in Proteome and Protein Analysis** (2004) Springer-Verlag
- Kraj, A. & Silberring, J. (eds) **Introduction to Proteomics** (2008) Wiley
- Lesk, A.M. **Introduction to Protein Science** (2010) Oxford University Press
- Lutz, S., Bornscheuer, U.T. (eds.) **Protein Engineering Handbook** (2008) Wiley
- Oxender D.L. i Fox C.F., **Protein Engineering** (1987) Alan Liss Inc.
- Patthy, L. **Protein Evolution**(2007) (2nd ed.) Wiley
- Perutz M., **Protein Structure. New Approaches to Disease and Therapy.** (1992). Freeman W.H. & Co.
- Schultz, G.E. & Schirmer, R.H. **Principles of Protein Structure** (1979) Springer Verlag
- Park, S.J., Cochran, J.R. **Protein Engineering and design** (2009) CRC Press
- Sternberg M.J.E. **Protein Structure Prediction.** (1996) IRL- Oxford University Press
- Twyman, R., **Principles of Proteomics** (2004) Taylor & Francis
- Veenstra, T.D. & Yates, J.R. **Proteomics for Biological Discovery** (2006) Wiley
- Walsh, G. **Proteins: Biochemistry and Biotechnology** (2001) Wiley

Llocs de cerca bibliogràfica (en negreta els més destacats)

[NCBI PubMed search](#)

[Biblioteques de la UAB](#)

[Medline](#)

Servidors de diverses institucions / Bases de dades estructurals de proteïnes / Programes de visualització

[3Dee database](#)

[BLAST a NCBI](#)

[CATH](#)

[Comparative Sequence Analysis](#)

[DALI](#)

[EMBL](#)

[Human Genome](#)

[European Bioinformatics Institute](#)

[EXPASY \(Swiss Inst. of Bioinformatics\)](#)

[Molecular visualization resources](#)

[Molscript](#)

[National Center for Biotechnology Information](#)

[PIR](#)

[Pfam home page](#)

[Predict protein](#)

[Protein Explorer](#)

[Protein sequence Analysis](#)

[ProteinDataBank](#)

[ProteinDataBank - Europe](#)

[PyMol home page](#)

[RasMol](#)

[SCOP](#)

[Structural protein domain classification](#)

[Swiss-PDBViewer/DeepView](#)

[SWISS-PROT](#)

[World index of molecular visualization resources](#)

Llocs generals i d'iniciació, cursos de proteïnes i de Bioquímica estructural

[Molecular Models for Biochemistry](#)

[P. Reisberg's Biochemistry pages](#)

[BioMolecules in the Classroom](#)

[Curs de proteïnes amb temaris, auto-tests, etc](#)

[Principles of Protein Structure Using the Internet](#)

[Bioquímica - Devlin](#)

[Protein explorer](#)

[Medical Biochemistry](#)

[BioROM](#)