

Nom de l'assignatura:	Diagnòstic per la Imatge
Codi:	20427
Titulació:	Grau en Biologia Humana
Curs:	4t.
Trimestre:	1r.
Nombre de crèdits ECTS:	4
Hores de dedicació de l'estudiant:	100
Llengua o llengües de la docència:	català, castellà i anglès

Professors: Manuel Algara (professor associat UPF), que farà de coordinador; Juan Domingo Gispert, Carles Falcón, Alan Tucholka, Ana Rodríguez, Flavio Zuccarino, Santiago Medrano (professors associats); Xavier Sanjuan i Àngel Gayete (col·laboradors acadèmics); Josep Lloreta (catedràtic UPF), professors convidats.

Assignatura: Diagnòstic per la Imatge (2014-2015)

1. Identificació de l'activitat docent

L'assignatura Diagnòstic per la Imatge en Biomedicina és una assignatura de formació bàsica en el grau en Biologia Humana, que té 4 crèdits ECTS. És impartida en el primer trimestre del quart curs de la titulació en forma de 20 hores teòriques, 10 seminaris i 15 de pràctiques.

2. Coordinació i professors

Les activitats docents seran impartides pels professors Manuel Algara (coordinador), i Josep Lloreta, Juan Domingo Gispert, Carles Falcón, Alan Tucholka, Ana Rodríguez, Flavio Zuccarino, Santiago Medrano, Xavier Sanjuan i Àngel Gayete (professors convidats).

3. Competències que s'han d'assolir

Durant el procés docent de l'assignatura es pretén que l'estudiant pugui assolir les competències demanades per les autoritats educatives i previstes en el pla d'estudis de la titulació. Serien les següents:

- Reconèixer amb tècniques d'imatge la morfologia i l'estructura dels teixits, òrgans i sistemes.
- Conèixer els fonaments de la interacció de les radiacions amb l'organisme humà.
- Aprendre les bases de la imatge radiològica.
- Conèixer altres tècniques d'imatge per al diagnòstic.
- Tenir la capacitat d'aplicar els criteris de protecció radiològica en els procediments diagnòstics i terapèutics amb radiacions ionitzants.

4. Objectius generals

El projecte docent de l'activitat pretén:

- Proporcionar a l'estudiant tant els fonaments teòrics bàsics com les competències i les habilitats pràctiques que li permetin apropar-se al conjunt de les diferents tècniques del diagnòstic per la imatge, entès com una eina per a l'estudi de l'anatomia, la fisiologia i la fisiopatologia *in vivo*, tant en humans com en animals d'experimentació.
- Transmetre a l'estudiant interès i curiositat envers el diagnòstic per la imatge, fent que gaudeixi estan en contacte amb aquesta especialitat i estimulant-ne l'ús en la recerca biomèdica.
- Implicar l'estudiant en el procés del seu propi aprenentatge per tal que desenvolupi una metodologia científica adient, emprant l'aprenentatge basat en problemes i dotant-lo d'eines per desenvolupar en un futur una tasca investigadora qualificada.
- Col·laborar en l'assoliment per part dels estudiants de competències transversals bàsiques.

5. Objectius específics

L'assignatura té tres parts: imatge basada en radiacions ionitzants, imatge basada en altres mitjans i microscòpia. És necessari tenir coneixements previs de la cèl·lula, el cicle cel·lular i de Física per a les Ciències de la Salut de primer curs.

Els objectius específics de cada tema estan reflectits en cada classe teòrica, els seminaris o les pràctiques. Aquests objectius seran l'objecte d'avaluació del rendiment acadèmic dels estudiants.

6. Avaluació dels aprenentatges

L'avaluació de l'activitat es farà exclusivament a partir dels objectius específics.

a) Mètodes d'avaluació

L'avaluació es farà mitjançant proves d'elecció múltiple (5 alternatives, 1 única correcta, descomptant els encerts per atzar), proves d'assaig, majoritàriament de respostes curtes amb criteris objectius de correcció i proves de vertader o fals (descomptant els encerts per atzar).

b) Tipus i nombre d'avaluacions

Durant el curs es farà una avaluació formativa (amb una petita contingència positiva sobre la nota final en cas de ser superada).

Al final del procés docent es farà l'avaluació final de teoria, que constarà d'una prova d'elecció múltiple amb preguntes i d'una prova d'assaig de preguntes curtes. Ambdues proves seran sobre tots els temes desenvolupats, tant en classes teòriques com seminaris, pràctiques o material de lectura personal inclòs en l'aula virtual.

c) Contingència dels diferents tipus d'avaluació sobre la nota acreditativa final

Avaluació final:	PEM	40%
	Assaig	30%
Avaluació contínua:	Resolució exercici de quantificació (grup)	10%
	Preguntes de les pràctiques	10%
	Presentació de l'informe de la publicació (grup)	10%

d) Criteris de superació i qualificacions qualitatives

Per superar l'activitat, l'estudiant ha de participar en les activitats programades, i ha d'obtenir una nota de 4 o superior a l'avaluació final (PEM i assaig) i de 5 o superior en la nota global.

e) Criteris sobre el procés de recuperació

Els estudiants que després del procés d'avaluació no hagin superat l'assignatura tindran l'opció de fer una prova de recuperació de l'avaluació final el mes de juliol. En cap cas es podrà recuperar l'activitat avaluada durant l'avaluació contínua. L'estudiant mantindrà la qualificació obtinguda i es farà el còmput amb la nova nota de l'examen de juliol amb les contingències descrites a l'apartat c).

7. Continguts: programa de l'assignatura

Temari que s'impartirà en classes magistrals. Durada: 20 hores. Tots els temes tenen una durada de 50 minuts.

Tema 1. Radiobiologia I (Algara)

Acció de les radiacions ionitzants sobre el medi. Acció directa i indirecta, transferència lineal d'energia. Acció de les radiacions sobre les cèl·lules. Resposta cel·lular a la irradiació: lesions reparables, potencialment reparables i letals. Retard en la divisió. Concepte de mort cel·lular i apoptosi. Corbes de supervivència. Factors que modifiquen la radiosensibilitat: radioprotectors i radiosensibilitzadors. L'efecte oxigen.

Tema 2. Radiobiologia II (Algara)

Acció de les radiacions sobre els teixits i els òrgans. Efectes clínics de les radiacions: fisiopatologia, simptomatologia i tractament. Efectes clínics de la irradiació parcial i total d'un organisme. Concepte de dosi letal-50.

Tema 3. Introducció a la imatge mèdica I (Gispert)

Conceptes bàsics d'imatge mèdica digital. Contrast i resolució. Soroll i artefactes. Imatge planar i tomogràfica. Imatge morfològica i funcional. Radiació ionitzant o no ionitzant. Concepte de resolució espacial, resolució temporal i sensibilitat. Concepte de font, subjecte i detector dins de la metodologia per obtenir una imatge: tipus de font. Paràmetres d'una imatge: resolució, definició de Full Width at Half Maximum (FWHM); mostreig; contrast; relació entre senyal i fons; "Field of view". Imatge multidimensional: 2D, 3D i 4D. Anàlisi d'imatge: processament i quantificació d'imatges. Processament: paletes de color (LUT); operacions puntuals; operacions locals; transformacions geomètriques. Quantificació: regions d'interès (ROI); segmentació i classificació; quantificació de les imatges. Presentació de les imatges: colors paramètrics, tractament de les imatges, segmentació. Modalitats d'imatge biomèdica: radiologia, ecografia, medicina nuclear i imatge molecular, ressonància magnètica, imatge òptica.

Tema 4. La radiologia I (Gispert)

Interacció dels raigs X amb la matèria. Receptor de la radiació. La placa radiogràfica com a receptor dels raigs X i sistema d'imatge. Base, revestiments i emulsions. La química de les sals de plata. Tipus d'emulsions. Sensibilitat, contrast i mida del gra. Obtenció de la imatge. De la imatge latent a la imatge radiogràfica. El maneig de les plaques. Els sistemes de revelat. Llum de seguretat. Valoració de les densitats. Efectes d'una manipulació incorrecta. Identificació d'artefactes. Imatges que no empen la placa radiogràfica. Receptors electrònics. La imatge assistida electrònicament. Pantalles de fòsfor. Pantalles per radiologia digital. Intensificadors d'imatge. Els receptors de semiconductors. La imatge digital. Sistemes de sostracció digital. Detectores de raigs X. Tècniques d'imatge basades en raigs X: plaques de raigs

X, angiografia, ortopantomografia, fluoroscòpia. Tomografia computada. Sistemes de reconstrucció de la imatge: la retroprojecció, els filtres, la reconstrucció iterativa, equips preclínic.

Tema 5. L'ecografia (Gispert)

Base teòrica dels ultrasons: transmissió del so, i reflexió i atenuació dels ultrasons. Sistemes generadors/receptors d'ultrasons: transductors. Formació de la imatge ecogràfica: la interfase sònica com a modulador de la imatge i la imatge per efecte Doppler. Tècniques avançades en ecografia: Doppler, ecopotenciadors i eco 3D. Interpretació de la imatge: orientació de plànols, identificació d'estructures i valoració de fluxos. Avantatges i limitacions dels ultrasons. Aplicacions en medicina i recerca biomèdica.

Tema 6. La ressonància magnètica I (Falcón)

Bases físiques: magnetització i precessió nuclear, ones de radiofreqüència (excitació i relaxació), i obtenció i formació de la imatge. Tipus d'imatges: seqüències d'imatge, angiografia i fluxos, imatge paramètrica mitjançant productes de contrast, imatge i tensors de difusió, espectroscòpia.

Tema 7. La ressonància magnètica II (Falcón)

Interpretació de la imatge: orientació, caracterització tissular, artefactes. Modalitats avançades d'RM: agents de contrast. RM cardíaca, Imatge ponderada en difusió (DWI), RM funcional (fMRI), imatge espectroscòpica. Avantatges, limitacions i contraindicacions de l'RM.

Tema 8. La ressonància magnètica III (Tucholka)

Exemples d'utilització de l'RM en la recerca biomèdica.

Tema 9. Imatges de TC i d'RM I (Gayete)

La TC com a paradigma de la imatge tomogràfica. Tomografia i anatomia seccional: concepte d'axial, sagital i coronal. Reconstrucció de la imatge: píxels i vòxels, nombre de TC o unitats Hounsfield. Concepte de finestra (ample i nivell). Gruix de tall i concepte del volum parcial. Estudis simples i amb contrast: millora de la imatge amb contrastos oral i endovenós per TC i RM. Concepte de cinètica del contrast (corbes de densitat o intensitat/temps). Artefactes induïts per contrast. Postprocessament. Altres imatges basades en la TC.

Claus per interpretar les imatges d'RM. Avantatges de la imatge per ressonància magnètica. TC *versus* RM. Semiologia general dels diferents components tissulars en RM. Angiografia. Ressonància magnètica funcional (fMRI).

Tema 10. Utilitat dels isòtops en biomedicina I (Gispert)

La radioactivitat aplicada a la imatge biomèdica: definició; classificació dels processos

radioactius i característiques dels processos radioactius. Obtenció d'isòtops emissors gamma i de positrons. Aplicació a la biomedicina. Concepte radiotraçador. Concepte de vida mitjana. Mecanismes d'actuació dels radiotraçadors.

Tema 11. Utilitat dels isòtops en biomedicina II (Gispert)

Bases fisiològiques dels estudis amb isòtops. Aplicació dels radiotraçadors a tècniques d'imatge: radiotraçadors SPECT, radiotraçadors PET. L'entorn GMP. Tomografia per emissió de fotó únic (SPECT) i positrons (PET): definició de SPECT i de PET: definició, obtenció de dades, reconstrucció d'imatges, quantificació i processament.

Tema 12. Utilitat dels isòtops en biomedicina III (Gispert)

Generació dels isòtops: bases físiques del ciclotró; funcionament i estructura del ciclotró. Manufactura dels radiotraçadors: condicionant de sistemes; necessitat d'automatització; síntesi i purificació; formulació, control de qualitat. Bases fisiològiques dels radiotraçadors PET: administració i imatge. L'entorn GM: del radiotraçador al radiofàrmac.

Tema 13. Imatge òptica (Gispert)

Imatge òptica. Bases físiques: bioluminescència i biofluorescència. Aparells d'imatge òptica, procés d'obtenció d'imatges. Tomografia de fluorescència. Tipus d'agents de contrast per imatge òptica, avantatges, indicacions i limitacions dels sistemes òptics.

Tema 14. Tècniques d'imatge en recerca translacional (Gispert)

Models animals i tècniques d'imatge: tomografia axial computada. Ressonància magnètica, tomografia per emissió de fotó únic (SPECT), tomografia per emissions de positrons (PET). Imatge molecular PET en animals: PET com a tècnica d'imatge molecular en animals; de la investigació animal als humans. Mètodes isotòpics *ex vivo*. Utilitat dels mètodes isotòpics en la recerca translacional i en el desenvolupament de nous productes farmacèutics.

Tema 15. La microscòpia I (Sanjuan)

Introducció: una mica d'història; propietats de les imatges microscòpiques; funcions del microscopi. Conceptes teòrics: magnificació; difracció com a límit de la resolució; concepte de PSF; conceptes òptics: resolució, obertura numèrica, índex de refracció i aberracions òptiques. Mètodes de contrast en microscòpia: concepte de contrast. Contrast químic. Contrast òptic: microscopi de contrast de fase; microscopi de contrast interferencial; fluorescència: propietats dels fluorocroms, les proteïnes fluorescents. Microscopi de fluorescència. Microscopi confocal. Altres tècniques de seccionament òptic: microscopi multifotó, deconvolució.

Tema 16. La microscòpia II (Sanjuan)

La resolució de la imatge digital. Teorema de Nyquist. Sistemes de captació digital:

xips de silici (CCD, CMOS) i fotomultiplicadors (PMT). Tècniques i aplicacions microscòpiques. Les dimensions de la imatge microscòpica: X +Y (anàlisi de colocalització); profunditat (Z stacks, projeccions, renderització 3D); temps, *t* (escales temporals), multiposició (microscòpia automatitzada).

Tema 17. La microscòpia III (Sanjuan)

Tècniques avançades en microscòpia: FRAP; FRET; tècniques de detecció de molècula simple: FLIM, FCS/FCCS. Microscòpia electrònica vs. microscòpia òptica: microscòpia correlativa (CLEM). Superant el límit de difracció: TIRF; 4Pi; tècniques de super-resolució: il·luminació estructurada, STED, PALM/STORM.

Tema 18. La microscòpia IV (Sanjuan)

Processament i anàlisi d'imatge. Processament d'imatge: operacions puntuals; operacions locals; operacions geomètriques; classificació o binarització; filtres morfològics.

Tema 18. La microscòpia V (Sanjuan)

Anàlisi d'imatge: quantificació; paràmetres morfomètrics; paràmetres densitomètrics. Anàlisi d'imatge aplicat a la microscòpia automatitzada: High Throughput Screening.

Tema 20. Microscòpia electrònica (Lloreta)

Microscòpia electrònica de transmissió. Principis bàsics, paral·lelismes i diferències amb el microscopi òptic (de llum). Processament de mostres per microscòpia electrònica. Aplicacions de la microscòpia electrònica de transmissió en les ciències biomèdiques.

Sessions de seminaris. Durada: 6 hores.

Seminari 1. Bioestadística (Falcón)

Estadística aplicada a la recerca en imatge.

Durada: 1 hora. Lloc: aules de la UPF. Grup de tota la classe.

Seminari 2. Anàlisi estadística de neuroimatge (Falcón)

Exemples d'anàlisi estadística de proves de neuroimatge.

Durada: 2 hores. Lloc: aules de la UPF. Grups de 30 alumnes.

Seminari 3. Teoria de radioprotecció (Lacruz)

Normes de radioprotecció. Llei de la inversa del quadrat de la distància.

Durada: 1 hora. Lloc: aules de la UPF. Grups de 30 alumnes.

Seminari 4. Conferència convidat (Zimmermann)

"Current developments and future perspectives in light microscopy".

Durada: 1 hora. Lloc: aules de la UPF. Grup de tota la classe.

Seminari 5. Visió general de l'assignatura (Algara)

Durada: 1 hora. Lloc: aules de la UPF. Grup de tota la classe.

Sessions de pràctiques. Durada: 20 hores.

Pràctica 1. Tractament digital de les imatges (Tucholka)

Durada: 2 hores. Lloc: aules de la UPF (informàtica). Grups de 15.

Objectiu: apropar-se al tractament digital de la imatge mèdica.

Desenvolupament: es veuran diversos exemples d'imatges biomèdiques, posant especial èmfasi en els conceptes explicats en la sessió teòrica i aprendre la importància dels ROI i el seu càlcul.

Pràctica 2. Exercici de ROI (Gispert, Tucholka, Falcón)

2.1. Càlculs de ROI (Tucholka i Falcón)

Durada: 1 hora. Lloc: aula d'informàtica. Grups de 30.

Desenvolupament: els professors explicaran els exercicis, els alumnes quedaran repartits en grups de 15 (o 5); s'entregarà l'exercici que s'ha de fer i el tutor assignarà les tasques.

2.2. Tutorització presencial (Tucholka i Falcón)

Durada: 6 hores (repartides en tres sessions) Lloc: aula d'informàtica. Grups de 15.

Objectiu: resoldre l'exercici.

Desenvolupament: els quatre grups de pràctiques resoldran l'exercici a l'aula d'informàtica sota la supervisió del tutor.

2.3. Presentació dels exercicis (Gispert, Tucholka i Falcón)

Durada: 2 hores. Lloc: aules de la UPF. Grups de tota la classe.

Objectiu: resoldre l'exercici.

Desenvolupament: el professor presentarà la resolució de l'exercici.

Pràctica 3. Protecció radiològica (Quera)

Durada: 1 hora. Lloc: oncologia radioteràpica (Hospital de l'Esperança). Grups de 15.

Objectiu: conèixer els diversos sistemes que hi ha per protegir-se de les radiacions i quantificar-ne l'impacte.

Pràctica 4. Acostament a una instal·lació radiològica (Rodríguez, Medrano, Zuccarino)

Durada: 2 hores. Lloc: Servei de Radiodiagnòstic de l'Hospital del Mar. Grups de 15.

Objectiu: proporcionar un primer contacte amb l'estructura física d'un servei de diagnòstic per la imatge i els aparells de raigs X.

Desenvolupament: conèixer la distribució de les sales, la feina assistencial que s'hi desenvolupa i l'utilitatge que hi trobem, incloent-hi el tub de raigs X convencional. Control de mil·liamperatge i quilovoltatge. Els sistemes de revelat i els resultats sobre la placa radiogràfica. El telecomandament. Aproximació a l'escòpia. Aproximació al contrast. La tomografia axial computada. Aproximació a la imatge tomogràfica. Les

finestres i el contrast. La ressonància magnètica. Bases i diferències amb la TC.

Pràctica 5. Lectura crítica d'un article científic preclínic (Gispert, Tucholka, Falcón i Algara)

5.1. Tutorització presencial (Gispert, Falcón i Tucholka)

Durada: 2 hores. Lloc: aules de la UPF i aula virtual. Grups de 5.

Objectiu: aprendre la sistemàtica de lectura crítica d'un article científic de tècniques d'imatge.

Desenvolupament: els diversos grups de pràctiques es reuniran de manera presencial i no presencial amb el seu tutor per tal de fer un seguiment de la preparació de l'informe.

5.2. Presentació dels informes (Gispert, Carles, Tucholka i Algara)

Durada: 3 hores. Lloc: aules de la UPF. Grups de tota la classe.

Objectiu: aprendre a exposar.

Desenvolupament: tots els grups de pràctiques exposaran davant de tota la classe la revisió de l'article i la seva resolució en 10 minuts. Els professors faran les preguntes i els aclariments adients.

Pràctica 6. Microscòpia (San Juan)

Durada: 1 hora. Lloc: laboratori. Grups de 5.

Objectiu: captar imatges amb el microscopi confocal.

Desenvolupament: aquesta pràctica consistirà en una visita a l'Advanced Light Microscopy Unit del CRG/UPF, una de les unitats de microscòpia millor equipades d'Europa. Com a part de la visita, els estudiants podran operar amb un microscopi confocal per poder veure'n el funcionament i les capacitats (situació: sala 559 del PRBB).

8. Metodologia docent

Els estudiants han de seguir, com a requeriment per superar l'assignatura, les activitats que estan previstes durant el curs. Tot i l'anterior, no es controlarà l'assistència a l'activitat de classes magistrals. A la resta d'activitats hi haurà un control exhaustiu.

Les activitats previstes durant el procés docent seran les següents:

a) Classes magistrals

Tot i que el professor dispensarà els continguts mitjançant classes magistrals, es fomentarà la participació dels estudiants. Aquesta activitat es realitzarà a les aules de la facultat.

Es pretén que els objectius puguin ser assolits majoritàriament durant el temps previst de l'activitat presencial programada.

b) Seminaris

Els seminaris es faran en grups de 30 alumnes o de tota la classe, on es pretén aplicar els coneixements dels conceptes explicats en les classes magistrals i d'altres. Aquesta activitat es realitzarà a les aules de la facultat. Els continguts dels seminaris són susceptibles d'avaluació.

c) Sessions de pràctiques

Es faran 6 sessions de pràctiques. Totes les sessions es consideren obligatòries i es podrà comprovar l'assistència.

9. Programació d'activitats

La programació de les activitats de l'assignatura està recollida en l'horari oficial de la facultat.

Els dies de lliurament dels informes es comunicaran oportunament durant el curs.

10. Bibliografia

Atès que la matèria és molt específica, no es recomanen llibres de referència. La major part de la bibliografia es proporcionarà als estudiants en forma de fotocòpies de capítols de llibres o de publicacions que considerem d'interès.

Llibres de consulta:

1. Ministerio de Sanidad y Consumo. *Protección radiológica. Parte 1. Conceptos generales*. Madrid: Publicaciones del Ministerio de Sanidad y Consumo. Secretaría General y Técnica, 1988. [Colección de Sanidad Ambiental].
2. Bushong, Stewart C. *Manual de radiología para técnicos*. 6a. ed. Madrid: Harcourt-Mosby, 1999.
3. Gárate Rojas, Manuel. *Fundamentos de técnica radiográfica*. 4a. ed. Badalona: Agfa Medical, 1988.

4. D. A. *Fundamentos de la imagen radiográfica*. Madrid: Kodak Ediciones, 1986.
5. Schild, Hans H. *La resonancia nuclear magnética hecha fácil... bueno, o casi*. Scherind Diagnóstico.
6. Ministerio de Sanidad y Consumo. *Protección radiológica. Parte IV. Medicina nuclear*. Madrid: Publicaciones del Ministerio de Sanidad y Consumo. Secretaría General y Técnica, 1988. [Colección de Sanidad Ambiental].
7. Henkin, Robert E. i d'altres. *Nuclear Medicine. Part II. The Scientific Basis of Nuclear Medicine*. St. Louis Mosby, 1996. Pàg. 41-508.
8. Maisey, M. i d'altres. *Atlas of Clinical Positron Emission Tomography*. Nova York: Oxford University Press Inc., 1999. Pàg. 3-50.
9. Webb, Andrew. *Introduction to biomedical imaging*. UK. ISBN 0-470-23766-3. [Any d'edició: 2003]. [Està a la Biblioteca].
10. Programa de la ONU para el Medio Ambiente. *Radiación. Dosis, efectos y riesgos*. Madrid: Publicaciones del Consejo de Seguridad Nuclear, 1989.
11. Russ, John C. *The imaging processing handbook*. 3a. ed. CRC Press, 1999. *Biological Electron Microscopy (1992)*. M. J. Dykstra.
12. Rawlins, D. J. *Light Microscopy*. 1992.
13. Slayter, E. M.; Slayter, H. S. *Light and Electron Microscopy*. 1992.
14. Toga, A. W.; Mazziotta, J. C. (ed.). *Brain Mapping: The Methods*. [Molts capítols sobre PET, MRI, autoradiografía, microscòpia confocal i d'imatges òptiques / Many relevant chapters on PET, MRI, autoradiography, confocal microscopy and optical imaging].
15. Whittemore, Hank. *Your Future Self: A journey to the Frontiers of Molecular Medicine*. 1998. [Perspectiva llegada de les eines d'imatges per a diferents aplicacions / Layman's perspective on imaging tools for various applications].
16. *Curso avanzado de Espectroscopia por Resonancia Magnética Nuclear*. Escuela de Verano, Universidad de Zaragoza, Jaca (Huesca). 27 de junio - 3 de julio de 1993. 300 pàg. Editor: Manuel Rico. Madrid: Sociedad Española de Óptica. Comité Español de Espectroscopia, DL, 1993.
17. Bushberg, Jerrold T. i d'altres. *The essential physics of medical imaging*. 2a. ed. Filadèlfia: Lippincott Williams & Wilkins, cop. 2002. [Diagnòstic radiològic, física mèdica, diagnòstic per la imatge].
18. Luaña, Víctor i d'altres. *Espectroscopia molecular*. Oviedo: Universidad de Oviedo. Servicio de Publicaciones, DL. 2002. [Espectroscòpia molecular. Anàlisi espectral. Estructura molecular].
19. Pawley, James (ed.). *Handbook of Biological Confocal Microscopy*. 3a. ed. Springer, 2006. [Està a la Biblioteca].
20. Bogdanov, Alexei (ed.); Licha, Kai (ed.). *Molecular Imaging: An Essential Tool in Preclinical Research, Diagnostic Imaging, and Therapy*. Springer. Berlín, Heidelberg, Nova York. 228 pàg. [Llibre de tapa dura]. [90 fig.]. ISBN 3-540-21021-0.

Recursos a la web

1. Cursos d'Imatge Molecular de la Universitat d'Ucla: gran quantitat de material excel·lent. Diapositives (algunes s'han manllevat per a les classes), vídeos i textos. Molt recomanable: <<http://laxmi.nuc.ucla.edu:8248/index.html>>.
2. Let's Play PET! Còpia a la web d'un CD-ROM educacional sobre tomografia per emissió de positrons. Interessant per aprofundir en el tema PET. <<http://www.crump.ucla.edu/software/lpp/lpphome.html>>.
3. AuntMinie: la pàgina web predilecta dels radiòlegs de tot el món, per la gran quantitat de material que conté sobre radiologia, TC, eco, RM i medicina nuclear. Per matar hores i hores veient casos i recopilant material. <<http://auntminnie.com/index.asp?sec=ref>>.
4. Molecular Expressions Optical Microscopy Primer: extensíssima web amb gran quantitat d'informació sobre qualsevol aspecte de la microscòpia. Part de les figures mostrades a classe s'han extret d'aquí: <<http://www.micro.magnet.fsu.edu/primer/>>.
5. Fluorescencetutorials: tutories molt didàctiques sobre els principis bàsics de la fluorescència, editades per la casa comercial Molecular Probes: <<http://www.invitrogen.com/site/us/en/home/support/Tutorials.html>>.
6. Microscòpia confocal: excel·lents tutories sobre el funcionament del microscopi confocal: <<http://www10.uniovi.es/tutoriales/confocal/presentacion.swf>>.