

UNIVERSIDAD CARLOS III

GRADO EN CIENCIAS BIOMÉDICAS / BIOMEDICINA

BORRADOR – VERSIÓN FINAL

ÍNDICE

Reflexiones		pg. 02
UC III. Grado en Ciencias Biomédicas – Borrador versión final		pg. 07
Bloque «Básico»	(065 ECTS)	pg. 07
Biofísica		pg. 07
Química general y orgánica		pg. 07
Bioquímica		pg. 07
Evolución y genética		pg. 08
La célula. Biología molecular celular		pg. 08
Embriología		pg. 08
Anatomía, Histología y Fisiología humanas		pg. 08
Microbiología		pg. 09
Farmacología		pg. 09
Tecnologías		pg. 09
Laboratorio		pg. 09
Imagen		pg. 10
Bloque «Obligatorio»	(125 ECTS)	pg. 10
Grandes síndromes fisiopatológicos		pg. 10
Fisiopatología médico-quirúrgica		pg. 10
Neurobiología		pg. 10
Biología del cáncer		pg. 11
Medicina y Sociedad. Salud Pública		pg. 11
Matemáticas, bioestadística e Informática		pg. 11
Medicina: I+D		pg. 11
Medicina: economía y empresas		pg. 12
Bloque «Electivo»	(18 ECTS: Cáncer o Neurociencias)	pg. 12
Cáncer		pg. 12
Neurociencias		pg. 13
Bloque «Humanidades»	(006 ECTS)	pg. 13
Bloque «Prácticas externas»	(014 ECTS)	pg. 13
Bloque «Trabajo Fin de Grado»	(012 ECTS)	pg. 13
Grupo de trabajo		pg. 14
Centros e instituciones de apoyo		pg. 15
Bibliografía general		pg. 16
Anexo		pg. 23

UNIVERSIDAD CARLOS III

GRADO EN CIENCIAS BIOMÉDICAS / BIOMEDICINA

BORRADOR – VERSIÓN FINAL

REFLEXIONES

A comienzo de los años noventa del siglo pasado entrevistaron a Sir James W. Black (1924-2010), cogalardonado —Gertrude B. Elion y George H. Hitchings— con el Premio Nobel de Fisiología o Medicina 1988 por «sus descubrimientos de fármacos eficaces». Le preguntaron por su punto de vista sobre el futuro de su ciencia; respondió que se produciría un triunfo progresivo de la fisiología sobre la biología molecular. Si el genoma contiene toda la información para que emerja la función fisiológica, la fisiología debe disponer de la capacidad de interpretación suficiente para comprender el genoma: «genoma vs fisioma». El fisioma debe ser integrador, no excluyente, y de esta convergencia emergerá una nueva aproximación más potente de lo que pudieran llegar a serlo cada uno por separado.

El guante lo recogieron los fisiólogos de Oxford C. A. Richard Boyd y David Noble en su libro *The Logic of Life* y el mensaje lo encriptaron en el subtítulo: *The Challenge of Integrative Physiology*. Ni el organismo humano es una, aunque sofisticada, máquina ni la vida está íntegramente escrita en ADN. Tal reduccionismo está lejos de la comprensión de los sistemas vivos complejos que se autoorganizan, crecen, desarrollan, adaptan, reproducen, reparan para mantener forma y función, envejecen y mueren. La venida de las ciencias de la complejidad ofrece una renovada visión no meramente reduccionista hacia la naturaleza, origen y fabricación de la vida.

A partir de descubrimientos en biología sucedidos en las últimas décadas, matemáticos y biólogos han aceptado la complejidad como un sujeto técnico. Las viejas teorías filosóficas respecto a las bases de las propiedades emergentes y los conflictos entre reduccionismo y holismo como marcos de referencia han sido reexaminados a la luz de las nuevas teorías de los sistemas complejos. Los conceptos de equilibrio, multiestabilidad o comportamiento estocástico —conceptos familiares a físicos y químicos— se utilizan con frecuencia para comprender determinados problemas intrínsecos a los sistemas vivos como adaptación, retroalimentación o comportamiento emergente. E ideas como formación de patrones que están el meollo de la física de la materia condensada ayudan a comprender el autoensamblaje y el desarrollo de los sistemas biológicos. Si el mestizaje entre áreas de conocimiento hasta hace poco ignoradas entre ellas es el camino para comprender la complejidad de lo viviente, poco esfuerzo debería invertirse en justificar la estrategia convergente de las llamadas ciencias biomédicas en un ambiente de mayor amplitud.

En las Ciencias Biomédicas convergen morfología, desarrollo y función e integran —«multiómica»— los avances «ómicos» —genómica, epigenómica, proteómica, celulómica o metabolómica— en una cadena de complejidad creciente —biología de sistemas o fisiología integrada—. Ello en un intento de comprender, más allá del análisis de datos y las interacciones parciales, el conjunto del organismo en cuanto individuo y sus interacciones sociales a escala micro —microbioma o flora comensal— y macro —antropogenia y epidemiología. Todo ello como puente de unión entre el laboratorio y la clínica.

Las Ciencias Biomédicas contemplan la traslación de conocimiento —del laboratorio al paciente— y su retroalimentación —traslación inversa—, en los contextos de las diferentes patologías —medicina clínica—, de un paciente en particular —medicina personalizada y de precisión— y en el contexto de la salud pública —fisiología traslacional o de las moléculas a la salud pública—; y la transferencia de ese conocimiento en valor añadido —procedimientos y productos—.

Las herramientas son, como la propia Biomedicina, complejas: matemáticas, físico-química, biología, ciencias sociales, ciencias agropecuarias, urbanismo o medioambiente. También eminentemente prácticas: diferentes aplicaciones de las ciencias de la computación e información, laboratorios, empresa o comunicación

El objetivo final de las Ciencias biomédicas son los grandes retos y amenazas a la salud. Para ello es necesario contar con profesionales capaces, desde las respectivas especializaciones, construir, desde el diálogo interdisciplinar, una estrategia global desde el genoma al entorno de convivencia.

Ciencias Biomédicas se refiere a la aplicación de las ciencias básicas, experimentales, lógicas y formales, con el objetivo de incrementar el conocimiento de la Medicina clínica y de la Salud pública, en aras de desarrollar nuevas estrategias y mejorar las existentes para la prevención, diagnóstico, tratamiento, monitorización y rehabilitación de las enfermedades a niveles personal y comunitario y, con ello, garantizar el bienestar social de la manera más eficiente posible.

Determinadas Universidades han creado nuevos Departamentos de Ciencias Biomédicas mediante la fusión de Departamentos clásicos como Anatomía, Fisiología y Patología en un esfuerzo de desarrollar programas integradores interdisciplinarios. Pero las Ciencias Biomédicas en su desarrollo actual siguen ampliando su horizonte.

De acuerdo con la reciente (25/01/15) Iniciativa «Medicina de Precisión», que hace hincapié en más y mejor salud, que no es más que mejores condiciones de vida y, ello, prevención, la acción pretendida por la Universidad Carlos III debe contemplar aspectos domésticos —diseño de utensilios o accesibilidad para personas con algún tipo de discapacidad—, urbanísticos —patología de las megaciudades—, medioambientales —xenobióticos—, estilos de vida —drogas, tabaco, alcoholismo, sedentarismo— y alimentación —aspectos básicos agropecuarios.

Las Ciencias Biomédicas también hacen hincapié en los aspectos traslacionales del conocimiento más allá del esquema clásico «del laboratorio al enfermo», recalcando la importancia de la retroalimentación «desde el enfermo al laboratorio». La recuperación de la figura del «investigador clínico» —aquel que sirve de puente entre el básico y el clínico— recupera plena vigencia. Las Ciencias Biomédicas aportan conocimiento aplicado aunque excluyen la práctica médica clínica directa. Las Ciencias biomédicas tienen plena vigencia en el desarrollo de la emergente «medicina personalizada o de precisión».

El currículo debe contemplar el análisis de los datos que la clínica proporciona, por lo que la bioestadística, desde el ensayo clínico tradicional al neonato ensayo clínico unipersonal. También la comprensión de *big data* o megadatos imprescindible para una epidemiología moderna y, también, en el ámbito de los historiales médicos en los formatos de historia clínica escrita y digitalizada. Entorno digital que dominará en los años próximos; desde la telemedicina y las TIC en la última milla al manejo de megacohortes. Sin olvidar la presencia de las matemáticas en todo el espectro formativo, desde la fisiología a la modelización.

Las Ciencias Biomédicas tienen presente la faceta empresarial de la traslación del conocimiento en cuanto valor añadido, lo que exige una preparación específica para ello. Todo ello bajo el amparo de la ética y la ley.

El objetivo del grado es formar profesionales que, con un conocimiento inicialmente reduccionista pero a la par con una visión integrada de los mecanismos fisiopatológicos, apliquen esos conocimientos al estudio de problemas relevantes, esencialmente complejos, en la prevención, diagnóstico y tratamiento de enfermedades. También, cubrir el puente existente entre el conocimiento básico y su aplicación clínica y social. Por lo tanto, es un título que puede contribuir a que los avances del conocimiento científico se trasladen de modo efectivo a la mejora de las condiciones de vida de la población y, también, a la empresa. Por otro lado, los problemas de salud representan un factor de retroalimentación clave en la búsqueda y comprensión de los mecanismos biológicos fundamentales. Además las CC Biomédicas, aún teniendo una entidad propia, abren las puertas a los diversos grados de Medicina, Veterinaria, Farmacología o Biología.

Este grado prepara, de manera global —desde las moléculas al organismo y su relación en la biosfera— y eminentemente práctica, a los estudiantes para abordar problemas complejos a través de la investigación biomédica en el sentido «del laboratorio al paciente y de este al laboratorio», sin dejar de lado la relación con el medio ambiente global, el valor añadido, los condicionantes éticos y legales y las tecnologías dominantes.

Ciencias e Ingeniería Biomédicas representan —convergiendo en un doble Grado— el punto de partida hacia un nuevo planteamiento de abordar la enseñanza de las Ciencias de la Vida, en especial de lo que denominamos Medicina.

REFERENCIAS

- Boyd CAR, Noble D. *The Logic of Life. The Challenge of Integrative Physiology*. Oxford: Oxford University Press, 1993.
- Brenner S. “Theoretical biology in the 3rd millennium” *Phil Trans R Soc Lond B* 354: 1963-5, 1999.
- Brenner S. “The end of the beginning” *Science* 287: 2173-4, 2000.
- Brenner S. “Sequences and consequences” *Phil Trans R Soc B*, 365: 207-12, 2010.
- Cannon WB. *The Wisdom of the Body*. New York: The Norton Library-WW Norton & Co Inc, 1963, revised and enlarged ed (1st ed, 1932).
- Collins FC. “Reengineering translational science: the time is right” *www.ScienceTranslationalMedicine* 3 (90): 1-6, 6 July 2011.
- Collins FS, Varmus H. “A new initiative on precision medicine” *N Engl J Med* 372:793-5, 2015.
- Committee on ... *Research at the Intersection of the Physical and Life Sciences*. Washington DC: The National Academies Press, 2010.
- Committee on A Framework for Developing a New Taxonomy of Disease. Board on Life Sciences. Division on Earth and Life Studies. National Research Council of the National Academies. “Toward Precision Medicine: Building a Knowledge Network for Biomedical Research and a New Taxonomy of Disease”. Washington, DC: The National Academies Press, 2011. www.nap.edu.
- Cornish-Bowden A. “Systems biology. How far has it come?” *Biochem Soc* Feb. 2011: 16-8.

- Culliton BJ. “Editorial: Molecular medicine in a changing world” *Nat Med* 1:1, 1995.
- Culliton BJ. “Editorial: Clinical investigation: and endangered science” *Nat Med* 1: 281, 1995.
- Culliton BJ. “Editorial: The hostile takeover of medicine” *Nat Med* 1: 719, 1995.
- Dietz H. “A healthy tension in translational research” *J Clin Invest* 124 (4): 1425-1429, 2014.
- Editorial. “Physician-Scientists: Mind the Gap” *Nat Med* 6: 605, 2000.
- Editorial. “Lost in clinical translation” *Nat Med* 10: 879, 2004.
- Editorial. “Lost in translation” *Nat Neurosci* 7: 1281, 2004.
- Editorial. “Lost in translation – Basic science in the era of translational research” *Infect Immun* 78 (2): 563-566, 2010.
- Fineberg HV, Hunter DJ. “A global view of health – An unfolding series” *N Engl J Med* 368: 78-79, 2013.
- Guttmacher AE, Collins FS. “Welcome to the genomic era” *N Engl J Med* 349: 996-8, 2003.
- Hahn WC. “The perfect storm: challenges and opportunities for translational medicine” *J Clin Invest* 123 (11): 49-63-4966, 2013.
- Hester RL, Iliescu R, Summers R, Coleman TG. “Systems biology and integrative physiological modelling” *J Physiol* 589: 1053-60, 2011.
- Höring H, Marincola E, Marincola FM. “Obstacles and opportunities in translational research” *Nat Med* 11 (7): 705-708, 2005
- Jones R. “The impact of molecular medicine on health services” *Nat Med* 2: 959-60, 1996.
- Jonsen AR, Durfy SJ, Burke W, Motulsky AG. “The advent of ‘unpatients’” *Nat Med* 2 (6): 622, 1996.
- Joyner MJ. “Physiology: alone at the bottom, alone at the top” *J Physiol* 589: 1005, 2011.
- Joyner MJ, Pedersen BK. “Ten question about systems biology” *J Physiol* 589: 1017-30, 2011.
- Kong HH, Segre JA. “Bridging the translational research gap: A successful partnership involving a physician and a basic scientific” *J Invest Dermatol* 2010; 130: 1478-1480.
- McMullan D. “What is personalized medicine?” *Genome*, <http://genomemag.com/what-is-personalized-medicine/>
- Mischel PS. “Lost – and found – in translation” *J Clin Invest* 121 (8): 3357-3359, 2011
- Munroe JB. “A coalition to drive personalized medicine forward” *Future Med* 1: 9-13, 2004.
- Nathan DG, Varmus HE. “The National Institutes of Health and clinical research: a progress report” *Nat Med* 6: 1201-4, 2000.
- Noble D. “Topical review. Neo-Darwinism, the modern synthesis and selfish genes: are they of use in physiology?” *J Physiol* 589: 1007-15, 2011.
- Noble D. “Editorial”, *J Royal Soc Interface Focus* 1: 1-2, 2011.
- Noble D. “Neo-Darwinism, the modern synthesis and selfish genes are they of use in physiology?” *J Physiol* 589: 1007-15, 2011.
- Noble D. “Editorial. Systems: What’s in a name?” *Physiology* 26: 126-8, 2011.
- Nurse P. “Horizons: Life, logic and information” *Nature* 454: 424-6, 2008.
- Precision Medicine Initiative (PMI) Working Group Report to the Advisory Committee to the Director, NIH. “The Precision Medicine Initiative Cohort Program – Building a Research Foundation for 21st Century Medicine”. Sept. 17, 2015.

- Ruaño G. “*Quo vadis personalized medicine?*” *Future Med* 1: 1-7, 2004.
- Schork NJ. “Comment: Personalized medicine: Time for one-person trials” *Nature* 520: 609-11, 2015.
- Schwartz K, Vilquin J-T. Building the translational highway: toward new partnerships between academia and private sector” *Nat Med* 9: 493-5, 2003
- Seals DR. “Translational physiology: from molecules to public health” *J Physiol* 589: 3457-69, 2013.
- Sawyers CL. “Translational research: are we on the right track?” *J Clin Invest* 118 (11): 3798-3801, 2008.
- Weatherall D. *Science and the Quiet Art. Medical Research & Patient Care*. Oxford: Oxford University Press, 1995.
- Zerhouni EA. “The NIH Roadmap” *Science* 3 Oct. 2003; 302: 63-64, 72.
- Zerhouni EA. “Translational and clinical science – Time for a new vision” *N Eng J Med* 353: 1621-3, 2005.

UNIVERSIDAD CARLOS III

GRADO EN CIENCIAS BIOMÉDICAS / BIOMEDICINA

BORRADOR – VERSIÓN FINAL

BLOQUE BÁSICO (65 ECTS)

Biofísica

Sólidos y fluidos

Biofísica de macromoléculas

Biomembranas. Gradientes iónico y de potencial. Transportes pasivo y activo.

Potencial de acción. Excitabilidad

Termodinámica. Intercambio energético

Comunicación

Vibraciones y ondas. Óptica. Biomecánica. Radiactividad. Temperatura. Presión. Gravedad.

Interacción físico-biológica. Sistemas dinámicos: equilibrio, multiestabilidad, comportamiento estocástico, formación de patrones. Adaptación, retroalimentación, comportamiento emergente. Sistemas complejos.

Biomecánica. Mecanotransducción.

Química general y orgánica

Átomos y moléculas. Estructura de la materia

Tabla periódica de los elementos

Valencia y enlaces. Enlace de hidrógeno, interacción hidrofóbica, interacción iónica o electrostática, enlace covalente

La molécula de agua

Halógenos y moléculas que contienen carbono, nitrógeno, fósforo, azufre o hierro.

Moléculas anilladas: hidrocarburos cíclicos. Aminas heterocíclicas.

Grupos funcionales

Estereoquímica. Isómeros y enantiómeros

Tipos de reacciones. Sustituciones nucleofílicas. Hidrólisis y redox.

Cinética de las reacciones químicas.

Biomoléculas. Hidratos de carbono. Lípidos, ácidos grasos saturados e insaturados.

Aminoácidos, péptidos y proteínas; estructuras 1^a, 2^a, 3^a y 4^a. Ácidos nucleicos.

Bioquímica

La naturaleza de la vida.

Metabolismo intermediario. Metabolismo de glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos.

Dieta. Nutrición. Regulación de la ingesta. Necesidades energéticas.

Vitaminas, minerales, elementos traza.

Evolución y genética

Evolución y especiación.

Genética mendeliana. Genotipo y fenotipo. Ligamiento y recombinación. Mutación.

Gen dominante y recesivo. Herencia no mendeliana y multifactorial.

Genética de poblaciones.

La célula. Biología molecular celular.

Procariotes y eucariotes. Organismos pluricelulares.

La célula como modelo experimental. Técnicas de estudio celular.

Bioquímica celular. Regulación enzimática. Metabolismo energético. Biosíntesis celular.

Biología molecular. ADN: estructura, replicación y reparación.

Organización de los genomas. Genoma humano.

Flujo de la información. Transcripción, traducción. Transcripción inversa.

Epigenética.

Estructura celular. Membrana celular. Organización nuclear. Tráfico intracelular de macromoléculas. Mitocondria. Citoesqueleto.

Motilidad celular. Interacción con la matriz extracelular.

Regulación celular. Señalización celular. Ciclo celular.

Diferenciación y transdiferenciación celular. Células troncales y pluripotentes.

Ómicas.

Embriología

Fecundación.

Embriogénesis. Ejes y planos corporales. Organogénesis.

Desarrollo y crecimiento.

Teratología.

El embrión y el feto como dianas terapéuticas. Cirugía intraútero.

FIV. Selección de embriones. Manipulación mediante vectores y edición del genoma.

Células troncales embrionarias. Organoides.

Anatomía, Histología y Fisiología humanas

Morfología, estructura y función del cuerpo humano.

Niveles de organización: célula, tejido, órgano, sistema. Fisiología integrativa.

Homeostasis. Equilibrios hidro-electrolítico y ácido-base y redox.

Biocomunicación. Hormonas y factores de crecimiento. Intercomunicación paracrina y otras formas de comunicación intercelular.

Sistema músculo-esquelético.

Sistema integumentario

Sistema cardio-vascular

Sistema respiratorio

Sistema hematológico

Sistemas linfático e inmunológico

Sistema inmunológico. Órganos primarios y secundarios. Vasos linfáticos. Células inmuno-competentes. Antígenos y anticuerpos. Inmunidad innata. Inmunidad

adquirida. Hipersensibilidad. Alergias. Autoinmunidad. Inmunodeficiencias primarias y adquiridas.
Sistema gastrointestinal. Digestión. Nutrición artificial: enteral y parenteral.
Sistema urinario
Sistema reproductor y embarazo. Planificación familiar. Consejo genético.
Transexualidad.
Integración de los sistemas
Adaptación. Estrés en los sistemas biológicos.
Fisiología del ejercicio. Entrenamiento.
Envejecimiento

Microbiología

Interacción patógeno huésped. Microbioma.
Patogenia microbiana.
Bacteriología. Parasitología. Micología. Virología.
Cultivos.
Farmacología antimicrobiana.
Resistencias.
Inmunización y vacunas.

Farmacología

Diseño y desarrollo de fármacos. Relación estructura-actividad.
Farmacocinética y farmacodinámica.
Biodisponibilidad. Bioequivalencia
Biomarcadores y dianas terapéuticas.
Farmacología clínica. Grupos terapéuticos en medicina.
Medicamentos en situaciones especiales.
Farmacovigilancia. Utilización racional de medicamentos.
Biofármacos. Farmacogenómica.
Terapias génica y celular.
Toxicología.
Medicina complementarias.

Tecnologías

Laboratorio
Analítica clínica
Bioquímica clínica: Técnicas electroforéticas, cromatográficas, espectroscópicas y cristalográficas.
Cultivo celular. Citogenética: cariotipo. Secuenciación.
Fraccionamiento celular.
Técnicas citométricas
Biopsia en fase líquida.

Imagen

Imagen médica. Técnicas radiológicas invasivas y no invasivas. TAC, IRM, fMR, PET. Ecografía, termografía. Multimodalidad. Endoscopia. Fetoscopia. Realidad aumentada y realidad virtual. Navegación.
Biopsia tisular. Microscopías óptica, electrónica, confocal, fluorescencia.
Electrografía. EEG. ECG. EMG.

OBLIGATORIO (125 ECTS)

Grandes síndromes fisiopatológicos

Síndrome general de adaptación
Degeneración, reparación y regeneración tisular.
Fiebre: termorregulación
Inflamación aguda.
Inflamación crónica (citoquinas, adipoquinas)
Shock y Síndrome de respuesta inflamatoria sistémica.
Enfermedades metabólicas (diabetes, obesidad). Metaboloma.
Síndromes obstructivos.
Coma y muerte cerebral.

Fisiopatología médico-quirúrgica

Semiología y propeútica.
Bases moleculares, genéticas y bioquímicas de la enfermedad.
Diagnóstico morfológico y molecular. Imagen médica. Tecnologías en laboratorio clínico.
Enfermedades transmisibles. Infectología. Enfermedades reemergentes y emergentes.
Enfermedades no transmisibles Enfermedades inflamatorias, autoinmunes y degenerativas.
Fisiopatología y grandes síndromes de los aparatos respiratorio, cardiovascular, digestivo, endocrino, renal, aparato locomotor, sangre y órganos hematopoyéticos.
De las enfermedades metabólicas congénitas a la enfermedad molecular.
Cirugía: coagulación, cicatrización, suturas.
Anestesia. UCI.
Trasplantes de órganos y tejidos. Rechazo. Inmunodepresión. Infectología distintiva.
Tecnologías médico-quirúrgicas. Mini-invasividad; robótica.
Ingeniería biomédica. Biomateriales y biomimética. Ingeniería de tejidos. Prótesis y órtesis.
Dispositivos médico-quirúrgicos. Técnicas estratigráficas.
Medicina clínica, rehabilitación, medicina basada en la evidencia, medicina molecular, medicina estratificada, medicinas personalizada y de precisión.
Nanomedicina.

Neurobiología.

Neuronas y glía.
Plasticidad celular. Sinapsis. Neurotransmisores.
Anatomía funcional. Sistemas nerviosos central, periférico y vegetativo.
Coordinación sensorio-motora. Reflejos.
Fisiopatología de las funciones emocionales y cognitivas.

Patologías del sistema nervioso.
Psicobiología. Trastornos de la personalidad. Anorexia nerviosa.

Biología del cáncer.

Tumor, neoplasia, cáncer.
Cáncer: descontrol en el crecimiento de la célula tumoral; potencial replicativo ilimitado; invasión y metástasis; angiogénesis.
Etiología. Bases genéticas; aspectos biológicos, clínicos y epidemiológicos.
Diagnóstico precoz; biopsia: histopatología, estadiaje.
Tumores prevalentes.
Epidemiología. Prevención.
Oncoterapia: cirugía, radioterapia, quimioterapia, inmunoterapia.

Medicina y Sociedad. Salud Pública.

Protagonistas y logros en la historia de la Medicina.
Enseñanza de la medicina. Convergencia.
Sistema Nacional de Salud. Legislación: General de Sanidad; del Medicamento; sobre Donación y Trasplantes de Órganos y Tejidos; de la Autonomía del Paciente y de Derechos y Obligaciones en Materia de Información y Documentación Clínica; sobre Técnicas de Reproducción Humana Asistida; sobre Identidad y Expresión de Género.
OMS. ONG. Fundaciones.
Medicina hospitalaria y extrahospitalaria.
Tecnificación médica.
Bioética. Error médico.
Epidemiología. Peso de la enfermedad. Enfermedades prevalente y raras.
Prevención metabolopatías congénitas
Accesibilidad. Domótica. Urbanismo.
Enfermedades sociales: drogas, alcohol, tabaco.
Medio ambiente. Xenobióticos.
Demografía: fecundidad, mortalidad, migración.
Principios agropecuarios: transgénesis, manipulación y conservación de alimentos.

Matemáticas, bioestadística e Informática

Ensayos clínicos. Estadística. Meta-análisis.
Megacohortes. Bases de datos. *Big data*.
Computación, IA en medicina.
Modelos.
TIC en medicina.

Medicina: I+D

Modelos animales. Anatomía y fisiología comparadas. Bioseguridad. Manejo y legislación de los animales de laboratorio
In vivo, in vitro, in silico.
DOR (investigación orientada a la enfermedad); POR (Investigación orientada al paciente).
Acciones coordinadas, convergencia e tecnológica avanzada.

Medicina traslacional.
Centros de referencia: nacionales y extranjeros.
Agencias de I+D: nacionales y extranjeras.
Becas y ayudas de investigación: nacionales y extranjeras.
Ley de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación.
Comunicación oral, escrita y relacional.
Búsqueda, lectura, evaluación y discusión de literatura científica. Canon biomédico: publicaciones «clave» en medicina.

Medicina: economía y empresas.

Economía de la Salud.
I+D: financiación. Política científica.
Academia y empresa.
Patentabilidad.
Parques tecnológicos y corredores empresariales.
Incubadoras y aceleradoras. *Start-up* y *spin-off*.
Modelo y plan de negocio.
Administración y gestión.
Fondos de inversión.
Bolsa de valores: mercados, cotizaciones.
Principios empresariales.

«ELECTIVOS» = 18 ECTS. (CÁNCER o NEUROCIENCIAS)

Cáncer

Biología molecular y celular del cáncer (Conceptos básicos, etiología y patogénesis)
Cáncer: Definición; impacto poblacional y en los costes del sistema de salud.
Mecanismos genéticos y epigenéticos del cáncer.
Reparación del ADN, mutaciones, aberración cromosómica.
Oncogenes, genes supresores de los tumores y genes moduladores.
Envejecimiento y cáncer. Telómeros y telomerasa.
Concepto de iniciación, promoción y progresión. Selección clonal. Células troncales.
Metástasis: importancia, mecanismos, consecuencias.
Papel del estroma: Matriz extracelular, angiogénesis, Fibroblastos asociados al cáncer.
Citogenética.

Diagnostico del Cáncer
Técnicas diagnosticas: Histopatología, imagen y diagnósticos moleculares.
Enfermedades hiperproliferativas: Hiperplasia, displasia, lesiones in situ, neoplasia.
Tumores malignos y benignos.
Grado y estadio. Importancia en el pronóstico.
Clasificación histotípica. Nuevas clasificaciones moleculares.

Prevención del Cáncer
Cáncer hereditario vs Cáncer esporádico (concepto de herencia vs susceptibilidad).
Cáncer relacionado con el medio ambiente: UV, radiaciones ionizantes, virus, xenobióticos, hormonas.
Diagnostico precoz del cáncer y lesiones premalignas.

Estilo de vida (Tabaco, UV, obesidad, dieta).

Prevención química (e.g. tamoxifeno).

Tratamiento y aspectos clínicos del cáncer

Importancia de las clasificaciones moleculares para el tratamiento.

Cáncer: Cura o control. Terapia personalizada-precisión.

Radioterapia, quimioterapia y terapia dirigida a dianas específicas.

El enfermo de cáncer; su papel en la elección del tratamiento..

Cuidados paliativos. Apoyo psicológico del paciente con cáncer. Fin de la vida: aspectos prácticos y éticos.

Neurociencias

Neurobiología del desarrollo. Modelos simples.

Neurogénesis adulta. Modelo de ratón.

Neurobiología molecular y celular. Especificidad celular (neuronas y glia). Plasticidad neuronal.

Comunicación neuronal. Sinapsis, neurotransmisores.

Neurobiología integradora. Circuitos. Conectoma.

Percepción sensorial. Neuropatología sensorial.

Coordinación motora. Neuropatología del sistema motor e integración sensorio-motora

Sistema nervioso vegetativo.

Circulación cerebral: regulación. Fisiopatología de la isquemia cerebral.

Barrera hemato-encefálica y líquido cefalorraquídeo. Metabolismo cerebral.

Hipotálamo y sistema límbico.

Interacción periférica – Sistema Nervioso Central

Sueño y vigilia.

Conducta emocional.

Funciones complejas: atención, memoria y aprendizaje, motivación, cognición.

Funciones controladas por áreas específicas del SNC. Fisiopatología del lenguaje.

Patologías del sistema nervioso: vasculares, metabólicas, degenerativas, tumorales.

Neurociencias clínica y experimental.

Neurociencia computacional. Interacción cerebro-máquina.

Neurofarmacología.

Neuroprótesis.

«HUMANIDADES» = 6 ECTS

Literatura y Medicina.

Medicina en las Artes.

Historia de las Ideas.

«Las humanidades incluidas en el currículo del Grado Ing. Biomédica».

«PRÁCTICAS EXTERNAS» = 14

«TRABAJO FIN DE GRADO» = 12

GRUPO de TRABAJO

Coordinador

Pedro R. García Barreno

Internos (UC 3)

Claudio Conti

Manuel Desco Menéndez

José Luis Jorcano Noval

Externos

Jesús Ávila de Grado

Carlos Belmonte Martínez

María A. Blasco Marhuenda

Ramón Gomis i de Barbarà

José López Barneo

Miguel Martín Jiménez

Electivas

Cáncer: Profs. María A. Blasco, [Claudio Conti], Miguel Martín

Investigación

CNIO

Hospital

Hospital General Universitario Gregorio Marañón

Neurociencias: Profs. Jesús Ávila, Carlos Belmonte, José López Barneo.

Investigación

Instituto Neurociencias Alicante (CSIC / Universidad Miguel Hernández)

Instituto Cajal

CBM Severo Ochoa

Hospital

Hospital Clínico San Carlos

Hospital Virgen del Rocío

Contexto general

Ramón Gomis

Centros e Instituciones de Apoyo

Universidad Carlos III

Departamentos

Instituto de Salud Carlos III

Biblioteca Nacional de Ciencias de la Salud

Centro Nacional de Epidemiología

Centro Nacional de Sanidad Ambiental

Escuela Nacional de Sanidad

Instituto de Investigación de Enfermedades Raras

Unidad Funcional de Investigación en Enfermedades Crónicas

Unidad de Investigación en Cuidados de Salud

Unidad de Investigación en Telemedicina

CIBERNED/FCIEN

Consejería de Salud – Comunidad de Madrid

Centro de Transfusión

Anillo radiológico

Organización Nacional de Trasplantes

Empresas

Asociación Nacional Empresarial de la Industria Farmacéutica (Farmaindustria)

Asociación Española de Bioempresas (ASEBIO)

Instituciones extranjeras

Univ. Maastricht

Univ. California, San Diego

Otros

BIBLIOGRAFÍA GENERAL

Libros de Texto o Consulta

Kevin Ahern, Indira Rajagopal & Taralyn Tan, *Biochemistry – Free for All*, Oregon State, 2016; University <http://biochem.science.oregonstate.edu/files/biochem/ahern/Biochemistry%20Free%20for%20All%20Final.compressed.pdf>.

William Bialek, *Biophysics: Searching for Principles*, 2011; https://www.princeton.edu/~wbialek/PHY562/WB_biophysics110918.pdf.

Bruce Albers, Alexander Johson, Julian Lewis, David, Morgan, Martin Raff, Keith Roberts & Peter Walter, *Molecular Biology of the Cell* (& ed.), Garland Science, 2015.

Jonathan D. Spratt, Lonie R Salkowski, Marios Loukas, Tom Turmezal, Jamie Weir & Peter H. Abrahams, *Weir & Abrahams' Imaging Atlas of Human Anatomy* (5 ed.), Elsevier, 2017.

John E. Hall, *Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology* (13 ed.), Elsevier, 2015.

Bertram G. Katzung, Susan B. Masters & Anthony J. Trevor, *Basic & Clinic Pharmacology*, 12th ed., Mc Graw Hill Lange, 2012. <http://file.zums.ac.ir/ebook/188-Basic%20and%20Clinical%20Pharmacology%2012th%20Edition=Bertram%20Katzung%20Susan%20Masters%20Anthony%20Trevor=007.pdf>.

Ricahrd Hunt, ed., *Microbiology and Immunology On-line*, University of South Carolina School of Medicine. <http://www.microbiologybook.org/>.

David A. Warrell, Timothy M. Cox & John D. Firth (eds.), *Oxford Textbook of Medicine* (5 ed.), 2010; revised 2016.

Dennis L. Kasper, Anthony S. Fauci, Dan L. Longo, Stephen L. Hauser, J. Larry Jameson & Joseph Loscalzo (eds.), *Harrison's Principles of Internal Medicine* (19 ed.), vol. 1: Basic Principles and Cardinal Manifestations of Diseases; vol. 2: Disease Pathogenesis and Treatment, Mac Graw Hill Education, 2016.

Robert L. Nussbaum, Roderick R. McInnes, *Huntington F Willard, Thompson & Thompson Genetics in Medicine* (7 ed.), Saunders, 2017.

Andrew R. Marks & Ushma S. Neill (eds.), *Science in Medicine. The JCI Textbook of Molecular Medicine*, JCI Jones and Barlett Publishers, 2008.

Peter F. Lawrence, Richard M. Bell, Merril T. Dayton & James C. Hebert, *Essentials of General Surgery* (5 ed.), Lippincott Williams and Wilkins, 2012.

Eduardo Bruera, Irene Higginson, Charles F. von Gunten & Tatsuya Morita (eds.), *Textbook of Palliative Medicine and Supportive Care*, (2 ed.), CRC Press, 2016.

W. Mark Saltzman, *Biomedical Engineering: Bridging Medicine and Technology* (2 ed.), Cambridge Texts in Biomedical Engineering, 2015.

Eric Kandel, James Schwartz, Thomas Jessell, Steven Siegelbaum & A.J. Hudspeth (eds.), *Principles of Neural Science* (5 ed.), New York, Mc Graw Hill Medical 2013.

Richards on the Brain, <http://www.richardsonthebrain.com/>.

Eileen E. Morrison & Beth Furlong, eds., *Health Care Ethics. Critical Issues for the 21st Century*, Burlington MA, Jones & Barlett Learning, 2014.

Christopher J. L. Murray & Alan D. Lopez, eds., *The Global Burden of Disease and Injury 1. Global Burden of Disease. A comprehensive assessment of mortality and disability from diseases, injuries, and risk factors in 1990 and projected to 2020*, Cambridge MA, Harvard University Press, 1996.

Rogers Detels, Martin Gulliford, Quarraisha Abdool Karim & Chorh Chuan Tan, eds., *Oxford Textbook of Global Public Health*, 6 ed., Oxford University Press, 2015. <http://oxfordmedicine.com/view/10.1093/med/9780199661756.001.0001/med-9780199661756-part-1>.

Linda T. Kohn, Janet M. Corrigan & Molla S. Donaldson, Editors; Committee on Quality of Health Care in America, Institute of Medicine, *To Err Is Human: Building a Safer Health System*, Washington: National Academy Press, 2000. <https://www.nap.edu/download/9728>.

Stephan Jones & Frank M. Groom, *Information and Communication Technologies in Healthcare*, Boca Raton FL, CRC Press, 2012.

L.M. Friedman, C.D. Furberg, D. DeMets, D.M. Reboussin & C.B. Granger, *Fundamentals of Clinical Trials*, 5th ed., Springer, 2015.

Jimeng Sun & Chandan K. Reddy, *Big Data Analytics for Healthcare* - Tutorial presentation at the SIAM International Conference on Data Mining, Austin, TX, 2013, IBM-Wayne State, <https://www.siam.org/meetings/sdm13/sun.pdf>.

Arvin Agah, ed., *Medical Applications of Artificial Medicine*, Boca Raton FL, CRC Press, 2014.

Peter Drucker, *Management: Tasks, Responsibilities, Practices*, Harper Business, 1993.

Thomas Peters & Robert H. Waterman, *In Search of Excellence. Lessons from America's Best-Run Companies*, Harper Collins, 1982.

Tom Harbin, *The Business Side of Medicine: What Medical Schools Don't Teach You*, Mill City Press, Inc., 2013.

Christian Nielsen (ed.), *The Basics of Business Models*, Morten Lund, bookboon.com.

Online Science and Math Textbooks, <https://msu.edu/~wangjife/textbook.html>.

Artículos

Medicina traslacional

- Ketty Schwartz & Jean-Thomas Vilquin, “Building the translational highway: toward new partnerships between academia and the private sector”, *Nature Med* 2003; 9 (5): 493-495.
- Editorial, “Lost in clinical translation”, *Nature Med* 2004; 10 (9): 879.
- Editorial, “Lost in translation”, *Nature Neuroscience* 2004; 7 (12): 1281.
- Heide Hörig, Elisabeth Marincola & Francesco M. Marincola, “Obstacles and opportunities in translational research”, *Nature Med* 2005; 11 (7): 705-708.
- Charles L. Sawyers, “Translational research: are we on the right track?” *J Clin Invest* 2008; 118 (11): 3798-3801.
- Editorial, “Lost in translation – Basic science in the era of translational research”, *Infect Immun* 2009; 78 (2): 563-566.
- Francis S. Collins, “Reengineering translational science: The time is right”, *Sci Transl Med* 2011; 3: 90cm17.
- Paul S. Mischel, “Lost – and found – in translation”, *J Clin Invest* 2011; 121 (8): 3357-3359.
- William C. Hahn, “The perfect storm: challenges and opportunities for translational medicine”, *J Clin Invest* 2013; 123 (11): 4963-4966.
- Harry Dietz, “A healthy tension in translational research”, *J Clin Invest* 2014; 124 (4): 1425-1429.
- Doris McGartland Rubio, Ellie E. Schoenbaum, Linda S. Lee et al., “Defining translational research: implications for training”, *Acad Med* 2010; 85 (3): 470-5. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2829707/>.

Medicina molecular

- Barbara J. Culliton, “Molecular medicine in a changing world”, *Nature Med* 1995; 1 (1): 1.
- Samuel Hellman, “The patient and the public good”, *Nature Med* 1995; 1 (5): 400-402.
- Albert R. Jonsen, Sharon J. Durfy, Willie Burke & Arno G. Motulsky, “The advent of the ‘unpatients’”, *Nature Med.* 1996; 2 (6): 622-624.
- Roger Jones, “The impact of molecular medicine on health services”, *Nature Med* 1996; 2: 959-960.
- Alan E. Guttmacher & Francis S. Collins, **serie eds.**
 - Alan E. Guttmacher & Francis S. Collins, “Genomic Medicine – A primer”, *N Engl J Med* 2002; 347 (19): 1512-1520.
 - Wylie Burke, “Genetic testing”, *N Engl J Med* 2002; 347 (23): 1867-1875.
 - Muin J. Khoury, Linda L. McCabe & Edwards R.B. McCabe, “Population screening in the age of genomic medicine”, *N Engl J Med* 2003; 348 (1): 50-58.
 - Richard Weinshilboum, Inheritance and drug response, *N Eng J Med* 2003; 348 (6): 529-537.
 - Henry T. Lynch & Albert de la Chapelle, “Hereditary colorectal cancer”, *N Engl J Med* 2003; 348 (10): 919-932.
 - Robert L. Nussbaum & Christopher E. Ellis, “Alzheimer’s disease and Parkinson’s disease”, *N Engl J Med* 2003; 348 (14): 1356-1364.
 - Louis M. Staudt, “Molecular diagnosis of the hematologic cancers”, *N Engl J Med* 2003; 348 (18): 1777-1785.
 - Richard Wooster & Barbara L. Weber, “Breast and ovarian cancer”, *N Engl J Med* 2003; 348 (23): 2339-2347.

- Elizabeth G. Nabel, “Cardiovascular disease”, *N Eng J Med* 2003; 349 (1): 60-72.
- Ellen Wright Clayton, “Ethical, legal, and social implications of genomic medicine”, *N Engl J Med* 2003; 349 (6): 562-569.
- Wylie Burke, “Genomics as a probe for disease biology”, *N Engl J Med* 2003; 349 (10): 969-974.
- Alan E. Guttmacher & Francis S. Collins, “Welcome to the genomic medicine”, *N Engl J Med* 2003; 349 (10): 996-998.
- Eric S. Lander, **The heroes of CRISPR**, *Cell* 2016; 164: 18-28.

Bases científicas de la medicina

- Julius H. Comroe & Robert D. Dripps, “Scientific basis for the support of biomedical science”, *Science* 1976; 192: 105-111.
- Richard Smith, “Comroe and Dripps revisited”, *Br Med J* 1987; 295: 1404-1407.
- Elias Zerhouni, “The NIH Roadmap”, *Science* 2003; 302: 63-64, 72.
- Elias Zerhouni, “Translational and clinical science – Time for a new vision”, *N Eng J Med* 2005; 353 (15): 1621-1623.
- Paul A. Insel, Stuart Kornfeld, Philip W. Majerus [...] & Jean D. Wilson, “Blast from the past”, *J Clin Invest* 2004; 114 (8): 1017-1033.
- Jerrold M. Olefsky, “The US’s changing competitiveness in the biomedical sciences”, *J Clin Invest* 2007; 117 (1): 270-276.
- Nancy C. Andrews, “Can we keep the ‘academic’ in academic medicine? *N Engl J Med* 2010; 362 (1): 390-393.
- J. Larry Jameson, “Disruptive innovation as a driver of science and medicine”, *J Clin Invest* 2014; 124 (7): 2822-2826.
- AAP Position Statement, “The imperative to invest in science has never been greater”, *J Clin Invest* 2014; 124 (9): 3680-3681.
- Mukesh K. Jain, “Advancing the mission”, *J Clin Invest* 2015; 125 (9): 3308-3315.
- Paul B. Rothman, “Medicine in 2055”, *J Clin Invest* 2015; 125 (9): 3316-3320.

Biología de sistemas

- Alvan R. Feinstein, “Basic biomedical science and the destruction of the pathophysiologic bridge from bench to bedside”, *Am J Med* 1999; 107: 461-467.
- Sydney Brenner, “Theoretical biology in the third millennium”, *Phil Trans R Soc Lond B* 1999; 354: 1963-1965.
- Paul Nurse, “Life, logic and information”, *Nature* 2008; 454: 424-426.
- Denis Noble, “Neo-Darwinism, the modern synthesis and selfish genes: are they of use in physiology? *J Physiol* 2011; 589 (5): 1007-1015.
- Michael J. Joyner & Bente K. Pedersen, “Ten questions about systems biology”, *J Physiol* 2011; 589 (5): 1017-1030.
- Robert L. Hester, Radu Iliescu, Richard Summers & Thomas G. Coleman, “Systems biology and integrative physiological modelling”, *J Physiol* 2011; 589 (5): 1053-1060.
- Denis Noble, “Editorial - Systems: What’s in a name? *Physiology* 2011; 26: 126-128.
- Athel Cornish-Bowden, “Systems biology: How fast has it come?”, *Biochem J* 2011; feb.: 16-18.
- Douglas R. Seals, “Translational physiology: from molecules to public health”, *J Physiol* 2013; 591 (14): 3457-3469.

- Sydney Brenner, “The end of the beginning”, *Science* 2000; 287: 2173-2174.
- Sydney Brenner, “Sequences and consequences”, *Phil Trans R Soc Lond B* 2010; 365: 207-212.

Investigación clínica

- James B. Wingarden, “The clinical investigator as an endangered species”, *N Engl J Med* 1979; 301 (23): 1254-1259.
- James V. Warren, “The evolution of the clinical investigator”, *J Lab Clin Med* 1983; 101 (3): 335-350.
- Gordon N. Gill, “The end of the physician-scientist?”, *Am Scholar* 1984; 353-369.
- Robert M. Glickman, “The future of the physician scientist”, *J Clin Invest* 1985; 76: 1293-1296.
- Joseph L. Goldstein, “On the origin and prevention of PAIDS (Paralyzed Academic Investigator’s Disease Syndrome)”, *J Clin Invest* 1986; 78: 848-854.
- Thomas P. Stossel, “Brave new medicine”, *J Clin Invest* 1987; 80: 921-927.
- Bernardine Healy, “Innovators for the 21st Century: Will we face a crisis in biomedical-research brainpower?”, *N Engl J Med* 1988; 319 (16): 1058-1064.
- Irwin M. Arias, “Training basic scientist to bridge the gap between basic science and its application to human disease”, *N Engl J Med* 1989; 321 (14): 972-974.
- Jay A. Berzofsky, “Cross-fertilization among fields: A seminal event in the progress of biomedical research”, *J Clin Invest* 1994; 94: 911-918.
- Barbara J. Culliton, “Clinical investigation: an endangered science”, *Nature Med* 1995; 1 (4): 281.
- Judith L. Swain, “Is there room left for academics in academic medicine?”, *J Clin Invest* 1996; 98 (5): 1071-1073.
- Joseph L. Goldstein & Michael S. Brown, “The clinical investigator: bewitched, bothered, and bewildered – but still beloved”, *J Clin Invest* 1997; 99 (12): 2803-2812.
- James N. Thompson & Jay Moskowitz, “Preventing the extinction of the clinical research ecosystem”, *J Am Med Assoc* 1997; 278 (3): 241-245.
- Gordon H. Williams, “The conundrum of clinical research: bridges, linchpins, and keystones”, *Am J Med* 1999; 107: 522-524.
- Leon E. Rosenberg, “Physician-Scientist – endangered and essential”, *Science* 1999; 283: 331-332.
- John I. Bell, “Clinical research is dead; long live clinical research”, *Nature Med* 1999; 5 (5): 477-478.
- Leon E. Rosenberg, “The physician-scientist: an essential – and fragile – link in the medical research chain”, *J Clin Invest* 1999; 103 (12): 1621-1626.
- David A. Shaywitz, Joseph B. Martin & Dennis A. Ausiello, “Patient-oriented research: principles and new approaches to training”, *Am J Med* 2000; 109: 136-140.
- Editorial, “Physician-scientists: mind the gap”, *Nature Med* 2000; 6 (6): 605.
- David G. Nathan & Harold E. Varmus, “The National Institutes of Health and clinical research: a progress report”, *Nature Med* 2000; 6 (11): 1201-1204.
- William R. Hazzard, “Clinical investigation: but why?”, *Exp Biol Med* 2001; 226 (10): 871-872.
- Martha L. Gray & Joseph V. Bonventre, “Training PhD researchers to translate science to clinical medicine: closing the gap from the other site”, *Nature Med* 2002; 8 (5): 433-436.
- Ajit Varki & Leon E. Rosenberg, “Emerging opportunities and career paths for the Young physicians-scientist”, *Nature Med* 2002; 8 (5): 437-439.
- Eric G. Neilson, “The role of medical school admissions committees in the decline of physicians-scientists”, *J Clin Invest* 2003; 11 (6): 765-767.
- Kenneth Kaushansky, “Mentoring and teaching clinical investigation”, *J Clin Invest* 2004; 114 (8): 1165-1168.

- David G. Nathan, “The several Cs of translational clinical research”, *J Clin Invest* 2005; 115 (4): 795-797.
- Barry S. Collier, “The physician-scientist, the state, and the oath: thoughts for our times”, *J Clin Invest* 2006; 116 (10): 2567-2570.
- Andrew R. Marks, “Physician-scientist, heal thyself...”, *J Clin Invest* 2007; 117 (1): 2.
- Dennis Ausiello, “Science education and communication”, *J Clin Invest* 2007; 117 (10): 3128-3130.
- Alexander M. Shneider, “Four stages of a scientific discipline; four types of scientist”, *Trends Biochem Sci* 2009; 34 (5): 217-223.
- Heidi H. Kong & Julia A. Segre, “Bridging the translational research gap: a successful partnership involving a physician and a basic scientist”, *J Invest Dermatol* 2010; 130: 1478-1480.
- Jonathan Epstein, “Lessons of our fathers”, *J Clin Invest* 2010; 120 (6): 2243-2247.
- Dania Daye, Chirag B. Patel, Jaimo Ahn & Freddy T. Nguyen, “Challenges and opportunities for reinvigorating the physician-scientist pipeline”, *J Clin Invest* 2015; 125 (3): 883-887.
- P. Frederick Sparling, “A doctor’s dilemma: choices amidst change”, *J Clin Invest* 2015; 125 (9): 3330-3340.
- Dianna M. Milewicz, Robin C. Lorenz, Terence S. Dermody, Lawrence F. Brass & the Nat Assoc Md-PhD Programs Executive Comm., “Rescuing the physician-scientist workforce: the time for action is now”, *J Clin Invest* 2015; 125 (10): 3742-3747.
- Special issue, “Clinical Research”. Robert L. Perlman, Richard A. Rettig & Alan N. Schechter, eds., “Twenty-five years of increasing concern for the linchpin of medical advances”, *Perspect Biol Med* 2004; 47 (4): 475.
 - Alan N. Schechter, Robert L. Perlman & Richard A. Rettig, “Why is revitalizing clinical research so important, yet so difficult?”, *Perspect Biol Med* 2004; 47 (4): 476-486.
 - Judith P. Swazey & Renée C. Fox, “Remembering the ‘golden years’ of patient-oriented clinical research?”, *Perspect Biol Med* 2004; 47 (4): 487-504.
 - Jonathan Rees, “The fundamentals of clinical discovery”, *Perspect Biol Med* 2004; 47 (4): 597-607.

Editorial, **A survey of the future of Medicine. Peering into 2010**, *The Economist* March 19th. 1994, 1-19.

Editorial, **Looking back on the Millennium in Medicine**, *N Engl J Med* 2000; 342 (1): 42-9.

James C. Thompson, **Gifts from surgical research. Contributions to patients and to surgeons (2)**, *J Am Coll Surg* 2000; 190 (5): 509-21.

What is the Global Burden of Disease (GBD)?, IHME, http://www.healthdata.org/sites/default/files/files/Projects/GBD/GBD2015_Brief.pdf.

Benziger CP, Roth GA, Moran AE. **The Global Burden of Disease study and the preventable burden of NCD**. *Global Heart*. 2016 Dec 8; 11(4):393-397.

Nocholas Kassebaum, Christopher J.L. Murray, Alan Lopez , **Global, regional, and national disability-adjusted life-years (DALYs) for 315 diseases and injuries and healthy life expectancy (HALE), 1990-2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015**, *The Lancet*. 2016 Oct 7; 388:1603–1658

- Ole Kiehn & Hans Forsberg, **Scientific background: The brain's navigational place and grid cell system**. https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/2014/advanced-medicineprize2014.pdf.
- Edvard I. Moser, Emilio Kropff & May-Britt Moser, **Place cells, grid cells, and brain's spatial representation system**, *Annu. Rev. Neurosci.* 2008; 31: 69-89.
- Lucian L. Leape & Donald M. Berwick, **Five Years after To Err Is Human. What have we learned?**, *JAMA* 2005; 293: 2384-90. https://hospitalmedicine.ucsf.edu/improve/literature/error_in_medicine_5_yrs_later_leape_ama.pdf.
- Lloyd Resnick, **Ten years after To Err Is Human: How far have we come with patient safety?** *Vital Signs* 2010; 15 (2): 1-2, [http://www.massmed.org/news-and-publications/vital-signs/vital-signs-february-2010-\(-pdf\)/](http://www.massmed.org/news-and-publications/vital-signs/vital-signs-february-2010-(-pdf)/).
- Barbara Balik & Frank Dopkiss, **10 Years after To Err Is Human: Are we listening to patients and families yet?** *NPSF* 2010; 13: 1-9. http://c.ymedn.com/sites/www.npsf.org/resource/collection/C5F866F5-5F21-4471-B557-035310A2B42E/Focus_vol-13-1-2010.pdf.
- Martin A Makary, **Medical error – the third leading cause of death in the US**, *Br Med J* 2016; 353: i2139.
- Aris Persidis & Francesco De Rubertis, **Spin-offs versus start-ups as business models in biotechnology**, *Nature Biotechnology* 2000; **18**, 570 – 571.

ANEXO

UNIVERSIDAD CARLOS III

GRADO EN CIENCIAS BIOMÉDICAS / BIOMEDICINA

BORRADOR FINAL

La propuesta de borrador * recoge el argumentario sobre el área de conocimiento propuesto de cuatro fuentes de información:

1. *The Student Room*, «a Forum and wiki where students [about, two millions] share academic and social knowledge and experiences. Includes study help, choosing a university, careers, and life»: Biomedical Sciences Degree.
2. Cuatro universidades españolas:
 - a. Universitat Autònoma Barcelona: Grado de Ciencias Biomédicas
 - b. Universitat Barcelona: Grado de Ciencias Biomédicas
 - c. Universitat Lleida: Grado de Ciencias Biomédicas
 - d. Universidad Sevilla: Grado en Biomedicina Básica y Experimental
3. Cuatro universidades europeas:
 - a. Imperial College, Londres: Studies in Biomedical Sciences
 - b. Karolinska Institut: Bachelor's Programme in Biomedicine
 - c. Maastricht University: Bachelor's Programme in Biomedical Sciences.
 - d. University of Oxford: Course in Biomedical Sciences
4. Cuatro universidades norteamericanas:
 - a. Harvard College: Graduate Program Biol. & Biomed. Sciences
 - b. University California, San Diego: Biomedical Sciences Graduate Program.
 - c. University of New Mexico: Biomedical Sciences Graduate Program.
 - d. University of Ottawa: BsC in Biomedical Sciences.

También se han tenido en consideración las recomendaciones del UK Health Depts.:

- UK Health Departments. *The Future of the Healthcare Science Workforce. Modernising scientific careers: The next steps. A Consultation*. 26 Nov. 2008. En: http://www.ahcs.ac.uk/wordpress/wp-content/uploads/2013/09/MS-Consultation-the-future-of-the-HCS-Workforce-dh_091533.pdf.
- UK Health Departments. *Modernising scientific Careers: The UK way forward*. 26 Febr. 2010. En: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/138326/dh_113990.pdf.

Nota *: La propuesta se refiere, únicamente, al nivel de «Grado en», excluyéndose toda referencia al nivel «Máster en».

PLAN de ESTUDIOS

Denominación: **Grado en Ciencias Biomédicas / Biomedicina**

Duración: **Cuatro años**

Créditos ECTS: **240**

Univ *.	Asignaturas					
	Formación básica	Obligatorias	Optativas	Prácticum	Prácticas externas (obligatorias)	Trabajo fin de Grado
Autónoma Barna.	60	120	54	-	0	6
Barcelona	66	102	60	-	0	2
Lleida	60	126	24	24	0	6
Sevilla	61.5	130.5	18	18	0	12

*: Son las cuatro universidades públicas con el Grado consolidado.

ASIGNATURAS TEÓRICAS (Univ. españolas)

La totalidad de los referentes indicados —Univ. españolas, europeas y americanas— coinciden ampliamente en los currículos.

Los tres primeros años se ocupan con asignaturas de «formación básica» y «obligatorias», con las correspondientes prácticas obligatorias; y el cuarto año se reserva para asignaturas «optativas», el «trabajo fin de grado» y actividades prácticas externas «opcionales».

A. Asignaturas de formación básica y obligatoria

1. Anatomía humana: aparato locomotor	(+)	
2. Anatomía humana *: órganos internos	(+)	
3. Anatomía y Embriología humanas	(+)	
4. Anatomía e Histología de órganos	(+)	
5. Anatomía y Organografía	(+)	
6. Anatomía patológica	(+)	
7. Bioestadística y análisis de datos	(+++)	
8. Bioética y aspectos legales	(+)	
9. Bioética y transferencia del conocimiento	(+)	
10. Bioinformática		(++)
11. Biofísica	(+)	
12. Biología (I, II)		(+)
13. Biología celular	(++++)	
14. Biología celular e Histología	(+)	
15. Biología celular de la patología	(+)	
16. Biología del cáncer	(+)	
17. Biología del desarrollo y teratogenia	(++)	
18. Biología humana fundamental	(+)	
19. Biología molecular	(+)	
20. Biología molecular de la célula	(+)	
21. Bioquímica	(+)	
22. Bioquímica y analítica clínica	(++)	
23. Bioquímica estructural	(++)	
24. Bioquímica del metabolismo	(+)	
25. Cáncer	(+)	
26. Citología e Histología		(+)
27. Desarrollo y tecnología de medicamentos	(+)	
28. Epidemiología y Salud pública	(+)	
29. Estadística	(+)	
30. Estrés en sistemas biológicos	(+)	
31. Estructura y Función de Biomoléculas	(+)	
32. Ética	(+)	
33. Farmacología (general)	(+++)	
34. Farmacología (médica)	(+)	
35. Física	(+)	
36. Física general y Biofísica	(+)	
37. Fisiología general	(++)	
38. Fisiología humana (I, II)	(+)	
39. Fisiopatología humana	(+++)	
40. Fundamentos físico-matemáticos	(+)	
41. Genética	(++++)	

42. Genética humana	(++)
43. Genética médica	(+)
44. Genética molecular	(++)
45. Histología de sistemas	(+)
46. Histología y Fisiología general	(+)
47. Fisiología de sistemas	(+)
48. Ingeniería genética	(+)
49. Inmunología	(+++)
50. Inmunología y cultivos celulares	(+)
51. Inmunopatología	(+++)
52. Laboratorio (I, II)	(+)
53. Manipulación de animales	(+)
54. Matemáticas (aplicadas a la biología)	(+)
55. Metabolismo	(+)
56. Metabolismo de biomoléculas	(+)
57. Métodos epidemiológicos	(+)
58. Microbiología y virología	(++++)
59. Microbiología médica	(++)
60. Neurobiología	(++)
61. Neurociencia básica	(+)
62. Neurología	(+)
63. Organismos modelo en exper. biomed.	(+)
64. Patología (bases biológicas)	(+)
65. Patología celular y molecular	(+)
66. Patología general	(+)
67. Patología vascular	(+)
68. Proteómica e ingeniería de proteínas	(+)
69. Química	(+)
70. Química general y orgánica	(++)
71. Química orgánica	(+)
72. Sistema nervioso (estructura y función)	(+)
73. Técnicas instrumentales (de diagnóstico)	(+++)
74. Técnicas moleculares y celulares	(+)
75. Técnicas ómicas y Bioinformática	(+)
76. Terapias génica y celular	(+)
77. Toxicología	(+)
78. Virología	(+)

B. Asignaturas optativas

1. Animales transgénicos
2. Antropología forense
3. Biofármacos
4. Biofísica de membranas
5. Biología del desarrollo y medicina regenerativa
6. Biología humana
7. Biología molecular y celular del cáncer
8. Biología de sistemas
9. Bioquímica clínica
10. Bioseguridad
11. Citogenética
12. Control de la expresión génica en eucariotes
13. Diagnóstico biológico

14. Economía y gestión de empresas
15. Epigenética
16. Farmacogenética y farmacogenómica
17. Fisiología aplicada
18. Genética del cáncer y oncología
19. Genética humana
20. Genética y reproducción
21. Historia de la biología
22. Imagen biomédica y aplicaciones de las radiaciones
23. **Ingeniería biomédica y aplicaciones de la electrónica** (++)
24. Inmunología de las enfermedades infecciosas
25. Inmunología molecular
26. Microbiología avanzada
27. **Nanobiotecnología / medicina** (++)
28. Neuroquímica
29. Nutrición y dietética (++)
30. Parasitología
31. Prácticas profesionales
32. Psicobiología
33. Salud pública y Organización sanitaria
34. Semiología y propeuéutica
35. Tecnología de la reproducción humana (++)
36. Terapias génica y celular
37. Toxicología

(* Nota: aparecen en el grado de Ingeniería biomédica)

En resumen, el currículo del Grado de Ciencias Biomédicas/Biomedicina de las cuatro universidades españolas estudiadas, recoge 78 asignaturas de formación básica y obligatorias, aunque en muchos casos se trata del mismo contenido con nombres diferentes. De ellas, solo 3 aparecen en los 4 currículos:

Biología celular, Genética (general) y Microbiología general.

Y 6 de esas asignaturas aparecen en 3 de ellos:

Bioestadística (y análisis de datos), Farmacología general, Fisiopatología humana, Inmunología, Inmunopatología y Técnicas instrumentales diagnósticas.

Respecto a las asignaturas optativas aparecen 37; igualmente distintos nombres para contenidos iguales. Solo 4 de estas asignaturas las imparten 2 universidades:

Ingeniería biomédica, Nanobiología/nanomedicina, Nutrición y dietética, Tecnología de la reproducción humana.

Tres asignaturas aparecen indistintamente como asignaturas básicas/obligatorias y como optativas en diferentes universidades:

Biología humana, Bioquímica clínica, Genética humana.

En cualquier caso, no parece justificada la denominación de diversas asignaturas que, en ocasiones, parece forzada.

El currículo de la Universidad de Lleida, tal vez el mejor estructurado, dice: «El catálogo de competencias se ha elaborado a partir del de la Universidad de Marburg», y agrupa las asignaturas en 6 módulos:

Módulo I.	Bases científicas de la vida	(48	ECTS)
Módulo II.	Biología humana	(52,5	ECTS)
Módulo III.	Biología Molecular y de Sistemas	(40,5	ECTS)
Módulo IV.	Problemas clínicos	(45	ECTS)
Módulo V.	Prácticas tuteladas y Trabajo Fin de Grado	(30	ECTS)
Módulo VI.	Materias optativas	(24	ECTS)

En cualquier caso y en la mayor parte de ellos se oferta un «nuevo» Grado de «nuevo» cuño» a base de «viejos» mimbres. En muchos casos, una proliferación vertical de denominaciones ficticias que no hacen sino repetir, con algún aditamento, lo que tradicionalmente se conoce como «cursos preclínicos» del Grado de Medicina.

LA FORMACIÓN PRÁCTICA (Univ. españolas)

Independientemente de las prácticas obligatorias —«prácticum»—, la UC3 debe incidir, de manera especial, en las «prácticas externas» en laboratorios o gestión en empresas u observatorios epidemiológicos.

Las prácticas, obligatorias y externas —habría que suprimir esta distinción— deben contemplar los servicios centrales —laboratorios de análisis clínicos, anatomía patológica, microbiología, imagen médica, archivos y biblioteca— hospitalarios, y las sesiones clínicas de los diferentes servicios. Tampoco debe olvidarse la importancia práctica de la «atención primaria» y el observatorio epidemiológico del Instituto de Salud Carlos III.

El manejo de la información es, hoy, de capital importancia. Convenios con la Biblioteca Nacional de Salud e iniciativas privadas —MEDES de la Fundación Lilly, por ej.— deben ser objetivos de este programa. La relación con el Dept. de *big data* de la UC3 es de capital importancia.

Es importante la formación específica para trabajar en la empresa. Si bien los servicios centrales, en especial los laboratorios de análisis, están sometidos a control de calidad —formación imprescindible—, la manera de trabajar en la empresa implica una serie de condicionantes especiales en cuanto a protocolización.

Protocolización en sentido más amplio —«protocolos clínicos»— es otra faceta que debe contemplarse en el currículo; no solo en cuanto «protocolos de ensayos clínicos» sino «protocolos estándar de diagnóstico y tratamiento». No debe olvidarse la «medicina basada en la evidencia» ni la búsqueda de información de utilidad en la red.

Lo anterior obliga a convenios con hospitales y unidades de atención primaria —importante recordar a efectos de simplificar y facilitar los convenios es que lo alumnos no se forman para atender pacientes— y, también, con empresas tanto desde el punto de vista acceso a laboratorios como de gestión, lo que obligará a la firma de acuerdos de confidencialidad institucionales e individuales (esto último puede condiciona la obligatoriedad de esta actividad a título individual).

El conocimiento del proceso de transferencia tecnológica, la gestión empresarial o los procedimientos de gestión de calidad obligan a relacionarse con los Dept. específicos de la UC3 así como la OTRI universitaria y acciones privadas reconocidas como, sirvan de ejemplo, la Unidad de Transferencia de la Fundación Botín, o consultoras como Deloitte o Elzaburu. También debe incluirse un conocimiento del ámbito financiero respecto la elaboración de un cuaderno de ventas / plan de negocio, pudiendo ser el Banco Santander un referente.

ASIGNATURAS TEÓRICAS (Univ. Maastricht)

1. La vida en la Biosfera
2. Las moléculas de la vida
3. Genes
4. Interacciones entre genes y medioambiente
5. La célula
6. Desarrollo y diferenciación
7. Desarrollo, crecimiento y envejecimiento
8. Homeostasis
9. Control en sistemas biológicos
10. Metabolismo intermediario
11. Metabolismo y ejercicio
12. Nutrición molecular
13. Nutrición clínica
14. Fuentes de energía
15. Introducción a las neurociencias
16. Procesamiento de la información neural
17. Equilibrio y movimiento
18. Trastornos del movimiento
19. Fuerza muscular
20. Entrenamiento
21. Aprendizaje motor
22. Celulopatías
23. Ataque y defensa
24. Sistemas de defensa
25. La enfermedad: diagnóstico y terapéutica
26. Enfermedad inflamatoria crónica
27. Multimorbilidad en obesidad
28. Farmacología básica
29. Habilidades de laboratorio
30. Bioelectrónica y nanotecnología
31. Métodos de investigación en Neurociencias y Toxicología
32. Diagnóstico no invasivo
33. Bioinformática y Biología de sistemas
34. Métodos y estadística
35. Emprendimiento
36. Colaboración entre expertos
37. Acciones coordinadas
38. Presentación en público y relación interpersonal
39. Comunicación oral y escrita y relacional.
40. Pensamiento Académico

- Cada asignatura se acompaña de una complementaria práctica.. Resalta el componente práctico, así como el interés en desarrollar habilidades de comunicación, motivación o emprendimiento.

ASIGNATURAS TEÓRICAS (Univ. CA, SD)

Actividades básicas

De las moléculas a los organismos
Ética en investigación biomédica
Inferencia estadística
Investigación biomédica

Cursos obligatorios

Acción hormonal
Bases moleculares de la acción de los fármacos y del tratamiento de la enfermedad
Biología molecular y celular
Genética y genómica
Patógenos y defensas orgánicas
Patología molecular y cáncer

Seminarios prácticos

Farmacología
Fisiología
Genética y Biología molecular y celular
Patología molecular

Asignaturas optativas

Acción hormonal
Antropogenia
Bases moleculares y celulares de la enfermedad
Bioinformática. Análisis y representación de datos biológicos.
Bioinformática. Análisis numérico y biología multiescalar.
Bioinformática. Aplicaciones en medicina clínica.
Biología de las células troncales
Biología estructural y descubrimiento de fármacos
Biología celular del cáncer
Biología molecular del sistema cardiovascular.
Células troncales, medicina y ética
Ciencia y práctica médicas
Desarrollo de los circuitos neurales
Descubrimiento de fármacos, desarrollo y comercialización.
Enfermedad humana
Escritura y presentación de resultados
Farmacogenómica.
Genética
Glicobiología
Histología.
Introducción a las técnicas invasivas de estudio de los sistemas fisiológicos.
Mecanismos de la enfermedad neurológica.
Métodos cuantitativos en genética.
Modelos animales de enfermedades humanas
Neurobiología molecular y celular
Neuropsicofarmacología
Patógenos y defensa del huésped: inmunología
Proteómica
Técnicas espectroscópicas y microscópicas.
Terapia génica y medicina molecular
Transducción intracelular de señales.
Virología general y estructural