



ARTÍCULO ESPECIAL

Máster en Oncología Molecular. Un conocimiento indispensable en la práctica clínica[☆]



Mónica López Barahona^{*}

Centro de Estudios Biosanitarios, Madrid, España

Recibido el 27 de enero de 2016; aceptado el 22 de marzo de 2016

Disponible en Internet el 4 de mayo de 2016

PALABRAS CLAVE

Oncología;
Máster;
Patología;
Molecular;
Cáncer;
Especialidad

Resumen La formación que reciben los especialistas vinculados con la enfermedad oncológica no aborda en profundidad el conocimiento de las bases moleculares del cáncer. Hoy no se concibe una práctica clínica de excelencia sin el conocimiento de las bases moleculares de la enfermedad. Consecuentemente, resulta necesaria una formación específica en oncología molecular que le aporte al especialista médico una herramienta óptima en el diagnóstico y tratamiento.

El cáncer tiene unas bases genéticas y moleculares estudiadas en profundidad por los mejores laboratorios del mundo. El diagnóstico, pronóstico y tratamiento se basa cada vez más en los marcadores moleculares de cada paciente.

De esta necesidad surgió el *Máster en Oncología Molecular: Bases Moleculares del Cáncer* que se presenta en este artículo, y que es considerado en muchos servicios de oncología de hospitales españoles y latinoamericanos una formación esencial para sus residentes y especialistas.

Este máster se imparte íntegramente *online*, permitiendo al especialista médico compaginar la formación con su trabajo, siguiendo las clases desde su propio ordenador. Otras ventajas para el alumno son el establecimiento de redes profesionales con otros especialistas y la adquisición de nuevas capacidades para participar en proyectos de investigación y colaboraciones científicas.

© 2016 Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

KEYWORDS

Oncology;
Master;
Pathology;
Molecular;

Master in Molecular Oncology: An indispensable knowledge in clinical practice

Abstract The training received by the MDs in oncology does not allow enough time to look into the molecular basis of cancer. Nowadays, a clinical practice of excellence cannot be conceived without knowledge of the molecular basis of the disease.

[☆] Candidatura finalista en el *Premio al mejor Proyecto o Trabajo en la Enseñanza de Posgrado y/o Formación de Especialistas* de los Premios de EDUCACIÓN MÉDICA 2015, convocados por la Cátedra de EDUCACIÓN MÉDICA Fundación Lilly-UCM.

^{*} Dirección Postal: C/Ponferrada 54, Local, 28029 Madrid.

Correo electrónico: mlbarahona@ceb.edu.es

Cancer; Specialty

Consequently, specific training in molecular oncology will provide the MD with an optimal tool in the diagnosis and treatment of cancer.

The genetic and molecular basis of cancer have been studied in detail by the best laboratories in the world. The diagnosis, prognosis and treatment are increasingly based on the molecular markers of each patient.

The Master in Molecular Oncology: Molecular Basis of Cancer has been created for this need, which is presented in the following article. This course is considered an essential training for oncology residents and fellows in most Spanish and Latin-American hospitals.

The full program is online. This allows medical specialists to combine their training with their clinical practice, following the courses from their own computers. Other advantages for the students are: creation of professional networks with other specialists from all over the world and the acquisition of new skills to participate in research projects and scientific collaborations. © 2016 Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

El Centro de Estudios Biosanitarios¹ cuenta con más de 12 años de experiencia en la gestión de proyectos docentes, de investigación y de desarrollo en el ámbito de las ciencias experimentales y de las ciencias de la salud. Está especializado en la formación del profesional biosanitario a través de cursos y posgrados en las áreas de oncología y experimentación animal.

La investigación y la formación son las herramientas esenciales para abordar el cáncer en la práctica clínica diaria. Si alguna de ellas falta, la aproximación al enfermo no será la correcta.

Teniendo en cuenta esta necesidad de formación, en 2003 el Centro de Estudios Biosanitarios desarrolló por primera vez un programa de posgrado específico sobre oncología molecular, dirigido a oncólogos clínicos, patólogos, hematólogos y otros especialistas biosanitarios vinculados con la enfermedad tumoral. Este programa de formación está orientado a cubrir las necesidades del profesional médico:

- Necesidad de conocer el origen molecular de los cánceres: para seguir mejorando en el diagnóstico, pronóstico y tratamiento oncológicos. Los especialistas relacionados con esta enfermedad necesitan conocer en profundidad el origen molecular de los cánceres y el patrón de desarrollo.
- Necesidad de conocer las variaciones fenotípicas del cáncer: la enfermedad oncológica puede variar en distintos pacientes por la diferente expresión fenotípica de las mutaciones en los genes implicados, o por las interacciones entre el genotipo y los factores ambientales².
- Necesidad de dominar nuevos abordajes terapéuticos: las nuevas terapias oncológicas se basan cada vez más en las características moleculares de cada tumor. Es primordial que el especialista médico conozca y domine nuevos abordajes terapéuticos basados en las vías moleculares implicadas en carcinogénesis.
- Necesidad de una visión multidisciplinar de la oncología: aunar los conocimientos de médicos, investigadores básicos y docentes es esencial para avanzar en el descubrimiento de nuevas terapias, el diagnóstico y el tratamiento del cáncer.

En septiembre de 2016 comenzará la duodécima edición de este máster pionero en España, Europa y Latinoamérica, y que es considerado en muchos servicios de oncología de hospitales españoles y latinoamericanos una formación esencial para sus residentes y especialistas.

El reconocimiento que ha adquirido el *Máster en Oncología Molecular: Bases Moleculares del Cáncer* se debe principalmente a la innovación docente de este programa, que se detalla en los siguientes puntos:

1. La organización multidisciplinar del máster. No se limita a una visión clínica de la enfermedad, sino que a lo largo del programa se integran conocimientos que abarcan desde la investigación básica hasta la cabecera del paciente, pasando por la biología molecular del cáncer, la patología de los tumores y la aplicación clínica de los fármacos. Este abordaje de la enfermedad oncológica permite que, además de los médicos, otros profesionales del ámbito biosanitario que desarrollan su labor profesional en oncología puedan beneficiarse de los conocimientos impartidos en este máster.
2. La gran diversidad y número de ponentes que integran el cuerpo docente, procedentes del ámbito académico, clínico y/o investigador. El enfoque de profesionales como investigadores básicos, bioinformáticos, biólogos moleculares, oncólogos, patólogos o hematólogos aporta a los alumnos una visión más global de la enfermedad y un conocimiento más profundo del proceso de carcinogénesis, así como del desarrollo y tratamiento del tumor.
3. El formato de impartición del máster. La plataforma *e-learning* permite que el alumno se organice su tiempo de estudio para compaginarlo con su labor profesional. El alumno tiene a su disposición todo el material didáctico de cada sesión. No obstante, lejos de ser una formación individualista, los recursos de la plataforma *e-learning* permiten el establecimiento de redes entre alumnos y profesores de distintas especialidades y de distintos lugares del mundo. Estas redes ayudan tanto en el estudio del posgrado como en la práctica clínica, permitiendo intercambiar opiniones sobre casos puntuales y establecer colaboraciones a nivel internacional.

Un programa único

El *Máster en Oncología Molecular: Bases Moleculares del Cáncer* se realiza en colaboración con el Centro Nacional de Investigaciones Oncológicas de España (CNIO)³, cuenta con la recomendación de la *European School of Oncology*⁴ y con el aval científico de la Sociedad Española de Oncología Médica⁵ y de la Sociedad Española de Hematología y Hemoterapia⁶.

El reconocimiento que ha ido adquiriendo este programa de posgrado a lo largo de las sucesivas ediciones queda patente en el respaldo y aval de las principales sociedades médicas relacionadas con la oncología (fig. 1).

La clave de la excelencia de este posgrado reside en su profesorado (tabla 1), que procede de las instituciones más prestigiosas en oncología, tanto a nivel nacional (CNIO, Hospital Vall d'Hebron⁷, CSIC⁸) como a nivel internacional (MD Anderson de Houston⁹, Universidad de Harvard¹⁰, etc.). Los profesores del *Máster en Oncología Molecular: Bases Moleculares del Cáncer* son en muchos casos los propios autores del descubrimiento del gen o la ruta y cuya implicación en oncología explican, o de la técnica que permite una estrategia de diagnóstico, etc. En resumen, investigadores con reconocido prestigio internacional que trasladan al alumno los últimos avances en la oncología molecular.

El cuerpo docente se coordina a través de la dirección general académica de la que dependen 4 directores y un coordinador del *practicum* (fig. 2). Tanto los directores como los profesores garantizan que los contenidos del máster sean de máxima calidad y actualidad.

Actualmente el profesional interesado en aumentar sus conocimientos sobre el cáncer puede elegir entre diversos programas de posgrado en oncología. Hay iniciativas de formación orientadas a la investigación básica, la aplicación clínica, la oncología experimental, la biomedicina, una especialidad concreta de la oncología o el tratamiento de un tipo determinado cáncer. Se han analizado los programas de cada uno de estos posgrados¹¹⁻¹⁵ y las características que diferencian al *Máster en Oncología Molecular: Bases Moleculares del Cáncer* se muestran a continuación:

- Programa pionero: la oferta de posgrados en el área de oncología se ha ampliado significativamente en los últimos

años. La mayoría de los programas analizados tienen una andadura de entre 2 y 5 años. El máster que imparte el Centro de Estudios Biosanitarios se ofreció por primera vez en el año 2003, y tiene la experiencia y consolidación de 11 ediciones, que han permitido ir mejorando y adaptando el plan docente a los nuevos descubrimientos y terapias de tratamiento.

- Enfoque multidisciplinar: en función de su trayectoria profesional, el especialista médico puede elegir programas de posgrado que estén más centrados en la investigación básica del cáncer, en la aplicación clínica sobre el paciente o en el tratamiento concreto de un tipo de tumor. No obstante, si lo que busca el profesional es un enfoque multidisciplinar de la enfermedad oncológica, desde la biología molecular hasta la aplicación terapéutica, esta se encuentra en el *Máster en Oncología Molecular: Bases Moleculares del Cáncer*.
- Formato de impartición: algunos de los programas de posgrado analizados se imparten en formato presencial, bien por requerimientos de la institución universitaria, bien por los contenidos del propio programa, que no son trasladables a un entorno virtual. Las características de la plataforma *e-learning* utilizada para impartir el *Máster en Oncología Molecular: Bases Moleculares del Cáncer* permiten que por un lado el alumno se organice individualmente su tiempo de estudio, y por otro lado participe en actividades virtuales que favorecen el contacto y colaboración con otros especialistas.
- Perfil de los docentes: el cuerpo docente de los programas analizados incluye en su mayoría profesores vinculados a la propia institución o universidad organizadora y médicos del hospital asociado a dicha institución. El *Máster en Oncología Molecular: Bases Moleculares del Cáncer* cuenta con un elenco docente procedente de 14 centros de investigación, 2 empresas, 2 fundaciones, 16 hospitales y 7 universidades, así como 2 instituciones internacionales (Universidad de Harvard y MD Anderson Cancer Center [tabla 1]).

Formato del programa

El *Máster en Oncología Molecular: Bases Moleculares del Cáncer* se imparte íntegramente *online* a través del

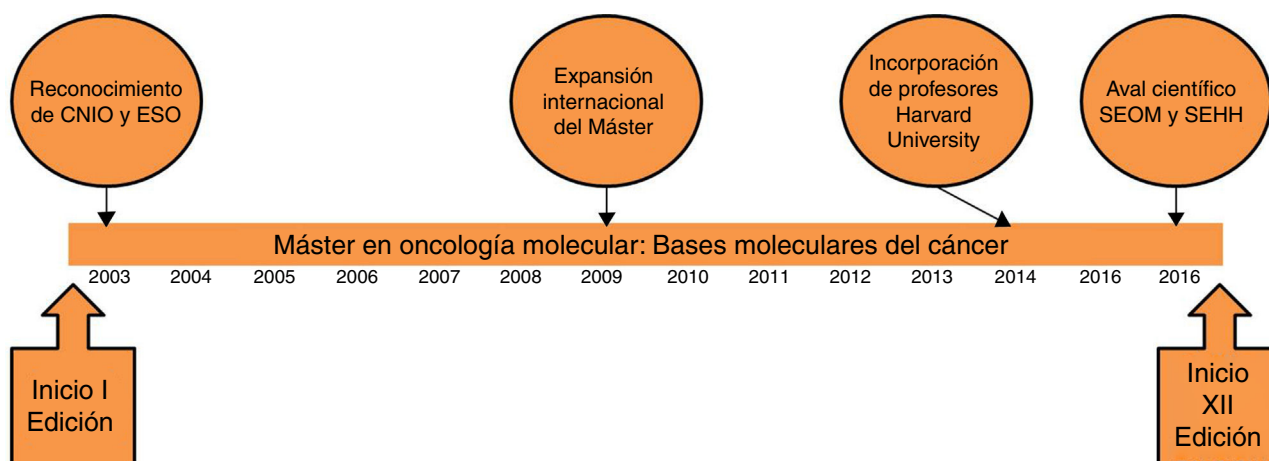


Figura 1 Reconocimiento del máster por instituciones médicas y académicas.

Tabla 1 Profesorado del *Máster en Oncología Molecular: Bases Moleculares del Cáncer*

Procedencia	Tipo de centro	Centro	Profesor
Internacional	Hospital	University of Harvard-Beth Israel Deaconess Medical Center	Beck, Andrew Paolo Pandolfi, Pier Slack, Frank Sukhatme, Vikas Toker, Alex
Nacional	Centro de Investigación	M.D. Anderson Cancer Center Centro Nacional de Investigaciones Oncológicas	Wistuba, Ignacio Al-Shahrour, Fatima Barbacid, Mariano Benítez, Javier Cruz Cigudosa, Juan Domínguez, Orlando Malats Riera, Nuria Malumbres, Marcos Martínez, Lola Morente, Manuel Muñoz, Javier Peláez, Fernando Robledo, Mercedes Roncador, Giovanna Serrano, Manuel Soengas, Marisol Urioste, Miguel X. Real, Francisco Esteller Badosa, Manel Fabregat, Isabel Gil, Joan Blanco, Luis Fernández Herrero, Luis Ángel Rojo, Federico A. González, Carlos Capellá, Gabriel Casanovas, Oriol de Sanjosé, Silvia Perucho, Manuel Nadal, Ángel Crespo, Piero León, Javier Mangues, Ramón Olea, Nicolás Arribas, Joaquín Seoane, Joan Jiménez, Benilde Larriba, María Jesús Muñoz, Alberto Palmero, Ignacio Del Peso, Luis Quintanilla, Miguel
		Bellvitge Biomedical Research Institute (IDIBELL)	
		Centro de Biología Molecular Severo Ochoa Centro Nacional de Biotecnología IMIM-Hospital del Mar Parc Recerca Biomèdica Barcelona (PRBB) Institut Català d' Oncologia (ICO)	
		Institut de Medicina Predictiva i Personalitzada del Càncer Instituto de Bioingeniería y CIBERDEM Instituto de Biomedicina y Biotecnología de Cantabria Instituto de Investigación Biomédica Sant Pau Instituto de Investigación Biosanitaria-Granada Instituto de Investigación Vall d'Hebrón Instituto de Investigaciones Biomédicas	

Tabla 1 (Continuación)

Procedencia	Tipo de centro	Centro	Profesor
Nacional	Empresa privada	Instituto de Salud Carlos III	García Castro, Javier Rojas, José María López Barahona, Mónica
		Centro de Estudios Biosanitarios	
	Fundación	Pivotal	García, José Javier
		Fundación Marqués de Valdecilla	Vaqué, José Pedro
	Hospital	Fundación Puerta de Hierro	Sánchez-Beato, Margarita
		Clínica Universidad de Navarra	Melero, Ignacio
		Hospital Clinic, Barcelona	Campo, Elías Gascón, Pere
		Hospital Clínico San Carlos	Díaz-Rubio, Eduardo
		Hospital Duran i Reynals	Sánchez-Céspedes, Montserrat
		Hospital Universitari Germans Trias i Pujol	Ariza, Aurelio
		Hospital Universitario 12 de Octubre	López Martín, José A. Rodríguez-Peralto, José L.
		Hospital Universitario Arnau Vilanova	Guiu, Xavier Matías
		Hospital Universitario de Salamanca	Gutiérrez, Norma
		Hospital Universitario La Fe de Valencia	Sanz Alonso, Miguel Á.
		Hospital Universitario La Paz	Hardisson, David
		Hospital Universitario Marqués de Valdecilla	López Vega, José Manuel Montes, Santiago Piris Pinilla, Miguel Ángel
		Hospital Universitario Puerta de Hierro	Granado, Fernando
		Hospital Universitario Ramón y Cajal	Romero, Jesús Garrido, Pilar
		Hospital Universitario Vall d'Hebron	Palacios, José Bosch, Francesc
		Hospital Universitario Virgen del Rocío	Paz-Ares, Luis
	Universidad	MD Anderson Center Spain	Fernando García, Juan
		Universidad Autónoma de Madrid	Cuezva, José Manuel Fernández, Miguel Fernández Piqueras, José Fresno, Manuel Guzmán, Manuel
		Universidad Complutense de Madrid	
		Universidad de Cantabria	Lafarga, Miguel
		Universidad de Oviedo	López Otín, Carlos
		Universidad de Salamanca	De Álava, Enrique
		Universidad de Valencia	Fariñas, Isabel
		Universitat de Vic	Calle Rosigana, M. Luz

Campus Virtual del Centro de Estudios Biosanitarios. Esta metodología permite al alumno visualizar las clases magistrales del profesor desde su propio ordenador, y siempre con el apoyo de la dirección y el cuerpo docente del máster.

Esta plataforma *e-learning* es la herramienta óptima para facilitar las tareas del profesor y del alumno, a través de diversas aplicaciones. Las ventajas que ofrece esta herramienta al seguimiento del *Máster en Oncología Molecular: Bases Moleculares del Cáncer* son las siguientes:



Figura 2 Dirección general académica del Máster en Oncología Molecular: Bases Moleculares del Cáncer.

- **Grabación y alojamiento en la plataforma virtual de las clases teóricas del profesor**, en las que se desarrollan los conceptos principales de cada materia, apoyándose en una presentación de diapositivas. Tanto la voz e imagen del profesor como la presentación de diapositivas se capturan y encriptan para alojarse en el campus virtual y poner a disposición de los alumnos.
- **Participación en foros** que permiten conocer y debatir publicaciones relevantes y/o casos prácticos propuestos por el profesor a los alumnos.
- **Gestión de archivos** para alojar y administrar los materiales recomendados por el profesor con el objetivo de ampliar y consolidar los conocimientos de las distintas materias.

Todo lo anterior hace de la plataforma el soporte tecnológico ideal para este programa. Es una herramienta que aporta flexibilidad y permite el seguimiento del profesor al alumno y la interacción de alumnos entre sí y profesor-alumno simultánea o individualmente.

Además de profundizar en los conocimientos sobre la oncología molecular, el seguimiento de este máster a través de la plataforma *e-learning* permite al alumno la adquisición de nuevas capacidades en el entorno virtual que resultan muy útiles. Entre estas capacidades se pueden resaltar: la búsqueda y selección de documentación científica; la lectura comprensiva y crítica, incluyendo su valoración desde criterios diversos (interés, compatibilidad con ideas, viabilidad en la práctica, etc.) o la participación en foros de opinión.

Metodología docente

Los fines que se persiguen al ofrecer este máster al especialista vinculado con la enfermedad oncológica son:

- Procurar al alumno los conocimientos que la investigación básica está aportando sobre el origen y el desarrollo de los cánceres.
- Dar a conocer al alumno los patrones de expresión fenotípica de los tumores.
- Proporcionar al alumno abordajes terapéuticos basados en vías moleculares implicadas en carcinogénesis.
- Transmitir al alumno la metodología de la investigación básica y clínica en oncología que le permitan realizar, al menos, una memoria de investigación tutelada.

Este programa de posgrado tiene un año de duración, a lo largo del cual se estudian las bases moleculares de la enfermedad tumoral (tabla 2). Se distribuye en 4 módulos:

Módulo 1: Biología molecular y celular del cáncer¹⁶

Este módulo permite adquirir los conocimientos básicos sobre la biología de las células, los mecanismos de regulación génica y los cambios causados por la transformación neoplásica. En él se revisan los procesos moleculares y genes que controlan la proliferación celular y la actividad biológica de los principales protooncogenes y genes supresores de tumores y las consecuencias de su alteración. Asimismo, se estudia la importancia de la reparación del daño genético y la ruta mutadora en la carcinogénesis. Se analiza

Tabla 2 Contenidos de los Módulos del Máster

Contenidos del <i>Máster en Oncología Molecular: Bases Moleculares del Cáncer</i>	
Módulo I: Biología molecular y celular del cáncer	
Módulo	Título
Células, genes y regulación de la expresión génica	<p>Lección inaugural: de la oncología molecular a las terapias individualizadas: impacto en la práctica clínica</p> <p>La célula eucariótica</p> <p>El proceso de carcinogénesis. Células normales vs tumorales</p> <p>El genoma humano: genes y código genético</p> <p>Epigenética y cáncer</p> <p>Regulación de la expresión génica</p> <p>Células troncales/stem y células pluripotentes inducidas (iPS)</p> <p><i>Cancer stem cells</i> (CSC). CSC en cáncer colorrectal</p> <p>Fenotipo mutador y epigenética del cáncer de colon</p> <p>Genes y cáncer I. Proto-oncogenes y oncogenes: descubrimiento de oncogenes víricos y humanos</p>
Protooncogenes y oncogenes	<p>Genes y cáncer II. Genes supresores y genes de predisposición al cáncer</p> <p>Transmisión de la señal mitogénica. Receptores tirosina</p> <p>La familia HER/c-ERBB. Biología e implicación en cáncer de mama</p> <p>Bases genéticas del cáncer de mama y ovario hereditario</p> <p>La familia de oncogenes Ras y sus adaptadores y efectores</p> <p>El ciclo celular: retinoblastoma, CDK y cáncer</p> <p>La familia génica MYC</p> <p>Cannabinoides y cáncer</p>
Genes supresores de tumores	<p>Mutaciones y mecanismos de reparación del ADN</p> <p>Metabolismo, mitocondria y cáncer</p> <p>El TGF-β: efecto en carcinogénesis</p> <p>La vía Hedgehog en carcinogénesis</p> <p>La vía TP53</p> <p>Alteraciones de la vía TP53 en tumores</p> <p>La vía Notch en carcinogénesis</p> <p>Apoptosis, necrosis, autofagia y cáncer</p> <p>El gen de fusión BCR-ABL y otros oncogenes de fusión en leucemias mieloides</p> <p>PI3K-PTEN-AKT-mTOR <i>pathway</i></p> <p>El gen supresor APC y la vía Wnt-beta catenina</p> <p>Hipoxia y cáncer. El gen supresor VHL</p>
Procesos celulares implicados en carcinogénesis	<p>Bases moleculares y genéticas de la metástasis</p> <p>TGF-beta y gliomas</p> <p>¿Cómo evaden los tumores la respuesta inmune?</p> <p>Inflamación y cáncer</p> <p><i>Cancer immunology</i></p> <p>Adhesión celular y cáncer: E-cadherina. Transición epitelio-mesénquima</p> <p>Migración celular: integrinas y el oncogén c-MET</p> <p>Angiogénesis, vasculogénesis y linfangiogénesis tumorales</p> <p>Mecanismo de acción de agentes antiangiogénicos</p>
Módulo II: patología molecular	
Módulo	Título
Introducción	<p><i>Molecular pathology for cancer diagnostics</i></p> <p>Introducción a la patología molecular</p>
Técnicas aplicadas al diagnóstico e investigación	<p>Introducción a las técnicas especiales en histopatología</p> <p>Producción de anticuerpos monoclonales para su uso en investigación y diagnóstico de procesos linfoproliferativos</p>
Patología molecular en la clínica: neoplasias linfoides	<p>Clasificación molecular de las neoplasias hematológicas</p> <p>Diagnóstico molecular en linfomas</p> <p>Linfoma B difuso de célula grande</p>

Tabla 2 (Continuación)

Módulo	Título
Patología molecular en la clínica	Leucemias crónicas Cáncer de páncreas: datos para un desafío Técnicas basadas en el análisis de ADN Secuenciando los genomas del cáncer
Patología molecular en la clínica: cáncer de mama y ginecológico	Patología molecular del cáncer de ovario Patología molecular del cáncer de mama Patología molecular del cáncer de endometrio
Patología molecular en la clínica: citogenética del cáncer	Marcadores citogenéticos, moleculares y epigenéticos de las leucemias mieloides Biobancos: una antigua actividad y una nueva disciplina Genes de fusión en tumores epiteliales y sarcomas: FISH, arrayCGH y secuenciación masiva
Patología molecular en la clínica: tumores sólidos	Sarcomas Cáncer colorrectal: hacia una clasificación molecular Cáncer avanzado: selección de terapia basada en firmas mutacionales
Patología molecular en la clínica	Cáncer de vejiga: patología molecular Microambiente y metástasis <i>The silent revolution: An introduction to microRNAs in cancer</i> Técnicas basadas en análisis de ARN
Patología molecular en la clínica: carcinoma broncopulmonar	Patología molecular del cáncer de pulmón Diagnóstico molecular en cáncer pulmonar Estado actual del tratamiento en cáncer de pulmón: quimioterapias tradicionales versus nuevas terapias dirigidas
Patología molecular en la clínica: SNC	SNC: tumores gliales Patología molecular del cáncer prostático
Patología molecular en la clínica: ¿hacia una medicina personalizada?	¿Medicina estratificada (biomarcadores) o Medicina personalizada (modelos-omics)? Introducción a las técnicas de secuenciación masiva Descubrimiento de biomarcadores genómicos para terapia personalizada en cáncer Evaluación del valor pronóstico de un marcador. Análisis supervivencia. Modelización de la evolución de una enfermedad
Patología molecular en la clínica: melanoma	Avances en la biología del melanoma Melanoma, el diagnóstico molecular Melanoma, selección de terapia basada en marcadores moleculares Mieloma Introducción a la proteómica Citometría de flujo
Módulo III: oncología molecular	
Módulo	Título
Agentes relacionados con riesgo de cáncer	Introducción al módulo y conceptos sobre aplicabilidad Factores de riesgo relacionados. Dieta y tabaco Alcohol y carcinogénesis. Mecanismos moleculares Radiaciones ionizantes. Efectos de dosis bajas. Factores modificadores Virus y otros agentes infecciosos y cáncer Retos y oportunidades de la integración de datos omics en los estudios epidemiológicos Exposición humana a disruptores endocrinos y cáncer Mecanismos de acción de los estrógenos
Cánceres familiares	Carcinógenos, huella genética Introducción al cáncer familiar. Entidades con herencia mendeliana demostrada Diagnóstico molecular. Estrategias diagnósticas Consejo genético en cáncer familiar. Problemas diagnósticos
Farmacología y agentes antitumorales	Introducción al proceso de descubrimiento y desarrollo de fármacos Histopatología y farmacodinámica en tratamientos con agentes de diseño molecular TP73 como diana terapéutica Ingeniería de anticuerpos para uso terapéutico Tratamiento con anticuerpos inmunoestimuladores Descubrir, validar y transferir a la clínica dianas terapéuticas en sarcomas

Tabla 2 (Continuación)

Módulo	Título
Otras estrategias de tratamiento	Nanoconjuntos nanotóxicos contra células iniciadoras de metástasis en cáncer colorrectal
	Terapias biológicas en el tratamiento preoperatorio del cáncer de mama
	Potencial de los reguladores del ciclo celular en el diseño de agentes terapéuticos
	Vitamina D y cáncer: mecanismos y posibilidades de uso clínico
	Terapia génica: viroterapia antitumoral en clínica
	Papel de la terapia antiangiogénica en la progresión tumoral y la formación de metástasis
	Evolución molecular e implicaciones clínicas del cáncer de próstata
	Regulación de la apoptosis en la leucemia linfática crónica: nuevas dianas terapéuticas
	Reprogramación embrionaria y cáncer
	Biología molecular de la modificación de la radiosensibilidad celular
Metodología en investigación clínica	Fármacos que bloquean la estimulación oncogénica
	Nuevos conceptos para el diseño de antitumorales inhibidores de la ruta Ras-ERK
	Matriz extracelular, estroma tumoral y chaperonas como dianas de tratamiento
	Nuevas terapias moleculares en el cáncer de páncreas
	Proteínas del metabolismo energético: dianas emergentes de la terapia antitumoral
Metodología en investigación clínica	Metodología y aplicación en investigación clínica
	Utilidad del material biológico en protocolos clínicos. Creación de kits diagnósticos
	Aportación de la biología molecular en la toma de decisiones clínicas en el cáncer colorrectal

también la importancia y bases de los procesos de apoptosis, senescencia e inmortalización celular, angiogénesis y linfangiogénesis y de la inmunología tumoral esencial para entender la reciente estrategia terapéutica de la inmunooncología.

Módulo 2: Patología molecular¹⁷

En este módulo se revisan las técnicas modernas de patología molecular con objeto de comprender sus posibilidades y utilidad clínicas. Se adquieren los conocimientos básicos sobre algunas de ellas y sobre el diseño, manejo y perspectivas de los *biochips* génicos en la farmacogenómica, el diagnóstico y tratamiento. Se discute también el diseño y gestión de los bancos de tumores y las nuevas perspectivas que ofrece la epidemiología molecular. Este módulo incluye un *practicum* que consiste en la realización de un programa de prácticas optativo en los laboratorios del CNIO.

Módulo 3: Oncología molecular¹⁸

Este módulo está dirigido al conocimiento de las nuevas terapias anticancerosas, permitiendo la revisión actualizada de las posibilidades de la aplicación de la bioinformática al diseño de fármacos, el estado actual de la búsqueda de fármacos dirigidos frente a dianas moleculares, proteasas y procesos como la angiogénesis. En él se revisan también las diversas modalidades de terapias inmunológicas, discutiendo los resultados de los ensayos clínicos realizados, los problemas y las perspectivas.

Módulo 4: Memoria de investigación

El cuarto módulo del *Máster en Oncología Molecular: Bases Moleculares del Cáncer* consiste en la realización de una memoria de investigación. Dicha memoria puede realizarse

bien en laboratorios de investigación básica, bien en hospitales sobre temas de investigación clínica, o puede consistir en una revisión bibliográfica con preguntas dirigidas y tuteladas.

La secuencia cronológica de la impartición de los módulos se ha establecido en función de una estrategia coherente que busca aportar primero los conocimientos esenciales de las bases genéticas, celulares y moleculares del cáncer (módulo I) para poder después aplicar estas al diagnóstico y clasificación molecular de los tumores, cuestión que se aborda en el módulo II para culminar en el módulo III con el traslado a la cabecera del enfermo mediante terapias basadas en el componente molecular de la enfermedad.

Se busca una coordinación docente horizontal y vertical del plan de estudios. Por un lado, la interacción horizontal se garantiza por las reuniones de planificación y seguimiento que la dirección del máster lleva a cabo trimestralmente con los coordinadores de los 3 módulos y del programa de *practicum*. Por otro lado, la interacción vertical se garantiza a través de la tutorización del trabajo de fin de máster del alumno, velando por la adecuada aplicación de los resultados de aprendizaje obtenidos en el diseño, realización y defensa del proyecto.

La evaluación de los estudiantes en cada uno de los módulos del máster permite a profesores y coordinadores analizar el grado de asimilación de los conocimientos de cada alumno. La evaluación a través del campus virtual se realiza mediante el siguiente sistema:

- Exámenes de materia: al finalizar cada materia el alumno realiza un examen tipo test de la misma, que estará integrado por las preguntas que cada uno de los profesores que participa en la docencia de la materia plantee. Las preguntas se formulan de manera clara, y su formulación se basa en criterios relevantes para evaluar los resultados de aprendizaje de cada materia.

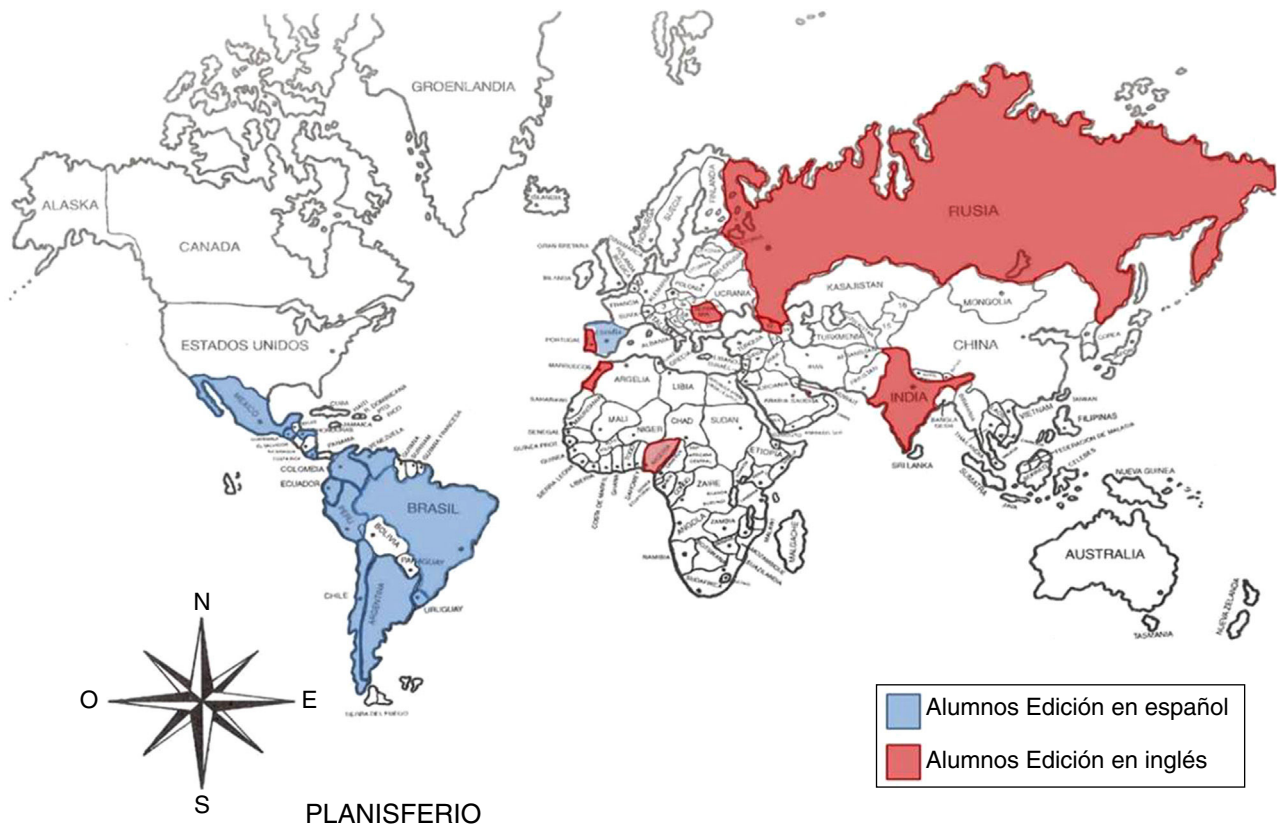


Figura 3 Procedencia multinacional de alumnos.

- Participación en el campus virtual: las clases magistrales son el fundamento del máster, por lo que se establece un control de visualización de los vídeos de las clases y participación a través de distintos procedimientos que aporta la plataforma virtual: registros de entrada con las claves personales a los vídeos, realización de actividades, cumplimiento de plazos, participación en foros.
- Elaboración y defensa del trabajo final de máster: el alumno, con la orientación de un tutor, debe elaborar un trabajo de investigación sobre alguno de los aspectos científicos o áreas de estudio abordadas en las diversas materias del máster. Para la evaluación de este trabajo se tiene en cuenta la presentación, redacción y estructura del trabajo, el rigor, la originalidad, la capacidad para transmitir al resto de la comunidad científica los frutos de la investigación realizada y la aplicabilidad práctica de las conclusiones del trabajo.

El alumnado del máster

El *Máster en Oncología Molecular: Bases Moleculares del Cáncer* está dirigido a oncólogos clínicos, patólogos, hematólogos y otros especialistas médicos relacionados con la enfermedad tumoral. Además de los objetivos específicos del máster, se busca el diálogo entre alumnos de distintas especialidades y el establecimiento de colaboraciones permanentes para el diagnóstico y tratamiento de los pacientes.

La demanda para recibir la formación que este programa ofrece ha superado las fronteras españolas. A lo largo de sus 11 ediciones este programa de posgrado ha contado con

alumnos procedentes de países como Argentina, Chile, Brasil, Cuba, Colombia, Venezuela, México, etc.

También se ha recibido una alta demanda de este programa formativo en países en los que no se habla español. Por ello, se ha traducido al inglés y se imparte también en otros países del mundo. La procedencia multinacional de especialistas médicos que han realizado el *Máster en Oncología Molecular: Bases Moleculares del Cáncer* se puede observar en la [figura 3](#).

Son numerosas las ventajas de realizar el *Máster en Oncología Molecular: Bases Moleculares del Cáncer*. Entre ellas se detallan las siguientes:

- **Formación multidisciplinar:** el alumno adquiere un conocimiento profundo de la oncología molecular, desde la biología molecular del cáncer hasta las nuevas terapias basadas en el componente molecular de la enfermedad. Estos contenidos los recibe de manos de los mejores profesionales, procedentes de diversas disciplinas científicas y médicas.
- **Organización del tiempo de estudio con la labor profesional:** el formato de impartición del máster permite que el alumno siga la formación desde su propio ordenador, de modo que puede compaginar el posgrado con su jornada laboral. Todo el material didáctico se encuentra a disposición del alumno en el campus virtual.
- **Calidad de los contenidos:** cada bloque temático se imparte bajo la modalidad de un conjunto de seminarios. De esta forma se garantiza la participación de un alto número de especialistas e investigadores con reconocido

prestigio internacional que trasladan al alumno los últimos avances en la oncología molecular.

- **Creación de una red profesional:** las actividades que se realizan a través de las tutorías o los foros del campus virtual, como debatir publicaciones relevantes o analizar casos prácticos, fomentan el establecimiento de redes entre alumnos y profesores de distintas especialidades y lugares del mundo.
- **Adquisición de destrezas prácticas:** la realización de un programa optativo de prácticas en las instalaciones del Centro Nacional de Investigaciones Oncológicas da la posibilidad al alumno de utilizar y dominar las técnicas más novedosas de diagnóstico del cáncer.
- **Manejo de recursos on-line:** la utilización del entorno virtual facilita el aprovechamiento de los elementos disponibles y permite al alumno familiarizarse con recursos on-line que pueden ser de utilidad en su trabajo diario.
- **Auto-seguimiento:** la realización de cuestionarios al final de cada bloque de contenidos proporciona al alumno información sobre el grado de asimilación de los contenidos.
- **Investigación en oncología molecular:** el alumno, tras la realización del trabajo final de máster, desarrolla la autonomía suficiente para participar en proyectos de investigación y colaboraciones científicas o tecnológicas dentro de su ámbito temático, en contextos interdisciplinares y con un alto componente de transferencia del conocimiento a la práctica clínica.

A lo largo de las 11 ediciones de este posgrado más de 600 especialistas se han formado en las bases moleculares del cáncer. Entre los profesionales que han sido alumnos del *Máster en Oncología Molecular: Bases Moleculares del Cáncer* cabe destacar: médicos internos residentes, facultativos especialistas, médicos adjuntos, directores médicos y de investigación de industrias, investigadores clínicos, responsables de laboratorio, profesores universitarios y jefes de sección y servicio de hospitales y clínicas.

Como se puede observar, este posgrado no está únicamente dirigido a los profesionales vinculados con la oncología con menos experiencia, sino que especialistas de todos los estratos jerárquicos de las áreas de servicio hospitalarias han visto la necesidad de profundizar sus conocimientos sobre las bases moleculares del cáncer.

Además de médicos especialistas relacionados con el área oncológica, otros profesionales del ámbito biosanitario han

visto la utilidad de los conocimientos impartidos en este máster. La distribución de especialistas en las últimas 3 ediciones del máster se pueden observar en la [tabla 3](#).

Conclusiones

- El diagnóstico y tratamiento de la enfermedad tumoral debe abordarse desde un punto de vista multidisciplinar. El *Máster en Oncología Molecular: Bases Moleculares del Cáncer* aporta al especialista médico que lo cursa unos conocimientos sobre clínica, patología molecular y biología celular del cáncer que le permiten tener una visión global de la enfermedad, desde la mutación genética que causa la transformación neoplásica hasta las implicaciones del uso de nuevas terapias inmunológicas.
- Las nuevas terapias contra el cáncer están basadas en la inhibición específica de rutas moleculares cuyo efecto terapéutico depende de las características moleculares de cada enfermedad tumoral. Una formación especializada en las bases moleculares del cáncer aporta al profesional oncológico una herramienta esencial en el diagnóstico, pronóstico y tratamiento de la enfermedad.
- El *Máster en Oncología Molecular: Bases Moleculares del Cáncer* ofrece al alumno un conocimiento molecular, celular y clínico de la enfermedad oncológica que beneficia a todos los profesionales implicados en el diagnóstico y tratamiento del cáncer.
- El método docente es innovador en esta área de formación. En primer lugar por la organización multidisciplinar del máster, ya que integra a lo largo del programa conocimientos relacionados con todos los aspectos de la oncología molecular; en segundo lugar por la gran diversidad de ponentes, que proceden de los principales centros de investigación, hospitales y universidades y de diferentes especialidades. En tercer lugar por el formato del máster, que se imparte íntegramente on-line. El alumno puede organizarse su tiempo de estudio, pero al mismo tiempo se le facilita el establecimiento de redes profesionales con alumnos y profesionales.

Conflicto de intereses

La autora declara no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Centro de Estudios Biosanitarios. [consultado 22 Mar 2016]. Disponible en: <http://ceb.edu.es/>
2. Caldé Llopis T. Diagnóstico molecular del cáncer colorrectal hereditario. IX Congreso SEOM. Tenerife, 2003.
3. Centro Nacional de Investigaciones Oncológicas. [consultado 22 Mar 2016]. Disponible en: <https://www.cnio.es/es/index.asp>
4. European School of Oncology. [consultado 22 Mar 2016]. Disponible en: <http://www.eso.net/>
5. Sociedad Española de Oncología Médica. [consultado 22 Mar 2016]. Disponible en: <http://www.seom.org/>
6. Sociedad Española de Hematología y Hemoterapia. [consultado 22 Mar 2016]. Disponible en: <http://www.sehh.es/es/>
7. Hospital Vall d'Hebron. [consultado 22 Mar 2016]. Disponible en: <http://www.vhebron.net/es>
8. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. [consultado 22 Mar 2016]. Disponible en: <http://www.csic.es/>

Tabla 3 Distribución por especialidades de los alumnos de las últimas 3 ediciones

Puesto de trabajo	Distribución de alumnos
Director médico	1%
Médico adjunto	10%
Facultativo especialista de área	30%
Médico interno residente	51%
Responsable de laboratorio	3%
Investigador clínico	3%
Study Manager	1%
Medical writer	1%

9. MD Anderson Cancer Center. [consultado 22 Mar 2016]. Disponible en: <https://www.mdanderson.org/>
10. University of Harvard-Beth Israel Deaconess Medical Center. [consultado 22 Mar 2016]. Disponible en: <http://www.bidmc.org/>
11. Máster Universitario en Hematología y Oncología Clínico Experimental - Universidad de Murcia. [consultado 22 Mar 2016]. <http://www.um.es/web/medicina/contenido/estudios/masteres/hematologia>
12. I Máster Internacional en Oncología Clínica - Universidad Francisco de Vitoria. [consultado 22 Mar 2016]. Disponible en: <http://www.masteroncologiaclinica.com>
13. Máster Universitario en Investigación Clínica y Aplicada en Oncología - CEU San Pablo. [consultado 22 Mar 2016]. Disponible en: http://www.postgrado.uspceu.es/pages/investigacion_oncologia/presentacion.php?ID_M=30#mc
14. Máster en Oncología Básica y Clínica (5ª ed.) - Universidad del País Vasco. [consultado 22 Mar 2016]. Disponible en: <http://www.master-oncologia.es>
15. Máster Universitario en Biomedicina y Oncología Molecular - Campus de Excelencia Internacional Universidad de Oviedo. [consultado 22 Mar 2016]. Disponible en: http://cei.uniovi.es/postgrado/masteres/visor/-/asset_publisher/xK3t/content/master-universitario-en-biomedicina-y-oncologia-molecular;jsessionid=FBC59D43394FA91A30F54330A86862BB
16. Weinberg RA. The biology of cancer. 2nd ed. New York: Garland Science; 2013.
17. Debra G, Leonard B. Molecular pathology in clinical practice. New York: Springer Science & Business Media; 2007.
18. Ramaswamy G. The Washington Manual® of Oncology. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2007.