



Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica

www.elsevier.es/eimc



Las relaciones con otras especialidades: la visión de los microbiólogos

Isabel García Bermejo^{a,*} y Gloria Royo García^b

^aServicio de Microbiología, Hospital Universitario de Getafe, Getafe, Madrid, España

^bServicio de Microbiología, Hospital General Universitario de Elche, Elche, Alicante, España

RESUMEN

Palabras clave:

Microbiología clínica
Infección
Laboratorio de microbiología
Relaciones profesionales
Colaboración entre especialistas

La microbiología es una ciencia interpretativa y, como tal, necesita interlocutores cualificados, y esta función es una de las principales actividades del microbiólogo. El presente artículo pretende analizar lo que significa ser microbiólogo a comienzos del siglo XXI, presentar nuestros objetivos y comentar las relaciones profesionales mantenidas con otras especialidades. Las nuevas tecnologías y la automatización han cambiado sustancialmente las características de los laboratorios de microbiología y han modificado la forma en la que el microbiólogo desarrolla su actividad profesional.

En la actualidad, la organización del laboratorio de microbiología clínica del futuro es objeto de controversia y la forma en que ésta se enfoque y desarrolle influirá, inevitablemente, en todos los especialistas que nos dedicamos al estudio de la infección. Los especialistas en microbiología deben realizar la función asistencial, docente e investigadora de forma coordinada con el resto de las especialidades implicadas en el diagnóstico, tratamiento, prevención y control de las infecciones. Para que la colaboración entre los profesionales de las distintas especialidades sea productiva y lo menos conflictiva posible, la relación se ha de basar en el respeto, complementariedad, cooperación y transparencia. Sólo así podremos conseguir que nuestro trabajo contribuya a proporcionar a los pacientes la mejor atención sanitaria posible y daremos contenido al futuro de nuestra especialidad.

© 2010 Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

Relationships with other specialties: the view of microbiologists

ABSTRACT

Keywords:

Clinical microbiology
Infection
Microbiology laboratory
Professional relationships
Collaboration among specialists

Clinical microbiology is an interpretative science and, as such, requires qualified professionals, interpretation being one of the most important activities performed by microbiologists. This article aims to analyze what it means to be a clinical microbiologist at the beginning of the 21st century, to present our professional objectives, and to discuss the professional relationship between microbiology and other specialties. Technological improvements and automation have substantially changed the characteristics of modern microbiology laboratories and have modified microbiologists' professional activity.

Currently, the organization of the clinical microbiology laboratory in the near future is controversial, and strategies and decisions that must be urgently adopted will inevitably influence not only microbiologists' professional activity but also that of other specialists dealing with infectious diseases. Clinical microbiology specialists must develop the three classical professional functions: healthcare, teaching and research. These tasks should be carried out in a coordinated and cooperative fashion with other specialists interested in the diagnosis, treatment, prevention, and control of infectious diseases. To make this collaboration as productive and conflict-free as possible, the relationship must be based on complementarity, cooperation, and transparency. Only in this way will the work of microbiologists contribute to optimal patient care and provide a rationale for the future of our profession.

© 2010 Elsevier España, S.L. All rights reserved.

*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: ibermejo@efd.net (I. García Bermejo).

Introducción

Hace algo más de 300 años que un hombre humilde, llamado Leeuwenhoek, mirando por un ojo mágico, se asomó por primera vez a un mundo nuevo y misterioso poblado por millares de seres minúsculos. En ese momento nació el primer cazador de microbios¹. Con posterioridad llegaron otros, observadores inteligentes, ávidos de conocimiento, con muchas preguntas en busca de respuesta y con mucha paciencia. Algunos de ellos perdieron su vida, víctimas de los seres “invisibles” que buscaban; la gran mayoría permanece en el olvido. Otros, sin embargo, son parte de la historia: Pasteur, Ehrlich, Koch, Roux, la lista es extensa. Médicos, farmacéuticos, químicos, trabajadores entusiastas que nos abrieron el camino de lo que hoy somos. En España, en el reciente pasado siglo, grandes científicos y microbiólogos fueron maestros de muchos profesionales de nuestra especialidad destacando, entre otros, los doctores Gregorio Baquero, Amadeo Foz y Manuel Moreno López. Este último puede servir de ejemplo de lo que significa el trabajo conjunto entre los microbiólogos y otros especialistas. Diariamente, el Servicio de Microbiología de la Clínica Puerta de Hierro recibía a especialistas en medicina interna, cuidados intensivos, cirugía, etc., con el fin de comentar los diagnósticos y tratamientos de los pacientes ingresados. Asimismo, desde el Servicio de Microbiología se llevaba un estricto control de la infección hospitalaria y se elaboraba el mapa epidemiológico del hospital, que permitía detectar y controlar cualquier brote de infección nosocomial.

A finales de la década de los sesenta, ya se había realizado en España un congreso sobre la política de antibióticos y el control de la infección hospitalaria² y, de forma pionera, se habían instaurado las primeras comisiones de infecciones y de epidemiología hospitalaria, quedando patente el papel de consultor que diariamente realizaba el microbiólogo. En la actualidad, los microbiólogos somos algo más que “cazadores de microbios”, la microbiología clínica de nuestro país tiene prestigio y una producción científica importante. Sin embargo, se abren ante nosotros nuevos retos y grandes interrogantes. En este contexto, el presente artículo tiene como objetivo efectuar una consideración de lo que significa ser microbiólogo hoy día, presentar nuestros objetivos y comentar las relaciones profesionales con otras disciplinas y especialidades.

¿Qué es ser microbiólogo?

Para responder a esta pregunta recurrimos a la legislación vigente. El último programa formativo de la especialidad de microbiología y parasitología se aprobó en la Orden SCO/3256/2006 del Ministerio de Sanidad y Consumo³. En él se define la formación a realizar durante un período de 4 años, a la cual se accede desde 5 licenciaturas previas: medicina, farmacia, biología, química y bioquímica. Según consta en la definición recogida en el citado documento, “la especialidad de microbiología y parasitología (MyP) estudia los microorganismos que se interrelacionan con el hombre y la naturaleza de dicha relación que, en ocasiones, se traduce en una enfermedad infecciosa. La especialidad de MyP no sólo ha de considerar el estudio de los microorganismos que producen enfermedades en el hombre, también debe ocuparse de los microorganismos que forman parte de la microbiota saprofita, por la trascendencia que dichos agentes pueden tener en el control de diversos nichos ecológicos, por sus efectos beneficiosos en la fisiología humana y por su potencial patógeno. Las aplicaciones de la MyP al diagnóstico, tratamiento y profilaxis de las enfermedades infecciosas en los humanos son el objeto de estudio de la microbiología clínica”.

De la anterior definición se desprende la primera reflexión: dado que la infección se presenta en el ámbito de actuación de múltiples especialidades, el especialista en MyP debe mantener una estrecha colaboración con todas ellas. Esta colaboración es esencial con todas las especialidades en las que la infección sea una parte sustancial de su actividad, como es el caso de la medicina interna, pediatría, cuidados intensivos, oncología, hematología clínica, medicina preventiva,

las especialidades quirúrgicas, farmacia hospitalaria, medicina familiar y comunitaria y profesionales de enfermería, entre otros. Otros especialistas estrechamente relacionados son los epidemiólogos y los profesionales de la salud pública, necesarios igualmente en los equipos multidisciplinares de trabajo. Es de destacar que el microbiólogo debe coexistir y complementarse con otro “especialista” fundamental: el infectólogo. La figura, el perfil y la importancia de este profesional y los problemas inherentes a la falta de reconocimiento de la especialidad ya han sido tratados con detalle en una monografía reciente⁴, por lo que no consideramos necesaria su reiteración.

Siguiendo con el programa formativo de la especialidad, podemos leer lo siguiente: “su actividad se centra, principalmente, en el laboratorio de microbiología, cuya tecnología y métodos de trabajo son diferentes de los demás laboratorios de diagnóstico”. En este sentido, y según la definición que aparece en el procedimiento de microbiología de la Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica (SEIMC) número 33⁵, “el laboratorio de microbiología clínica es aquel centro o establecimiento que realiza determinaciones microbiológicas, incluyendo las parasitológicas, sobre muestras de origen humano destinadas tanto a la promoción de la salud como al diagnóstico, evolución y tratamiento de las enfermedades infecciosas (Decreto 112/1998 de la Junta de Andalucía, Decreto 108/2000 de la Comunidad Valenciana, Orden 2096/2006 de 30 de noviembre de la Comunidad de Madrid, y otros)”. De lo anteriormente expuesto, se deduce que el microbiólogo debe poseer las bases científicas que permitan realizar los diagnósticos microbiológicos en el laboratorio, elaborar protocolos y promocionar y mantener los estándares de calidad. En este punto, se hace necesaria la segunda reflexión y es que, en ningún caso, se debe inferir que la tecnología, en sus distintas aplicaciones, es la competencia del microbiólogo, y que los pacientes “pertenece” o son monopolio del clínico, entendiéndolo como tal al médico que proporciona la asistencia directa al paciente.

Resulta obvio que cada especialidad tiene sus propias características y que cada especialista debe proceder según sus conocimientos, capacidades y habilidades, pero, si recurrimos una vez más a la definición y los objetivos de la especialidad de MyP, se puede comprobar que la frontera de nuestra especialidad no se encuentra en el laboratorio. Si algún microbiólogo así lo entiende, tendrá que entonar el *mea culpa*, hacer una autocrítica y proceder en consecuencia. En suma, las responsabilidades y funciones del microbiólogo traspasan las paredes del laboratorio y se proyectan hacia la clínica. Comienzan al plantearse un problema que hace necesario obtener las muestras diagnósticas de forma adecuada, punto éste imprescindible para obtener buenos resultados, conservarla adecuadamente hasta su procesamiento –segundo aspecto crucial en el proceso–, realizar las pruebas pertinentes y necesarias en las muestras procesadas, obtener e interpretar los resultados, y emitir un informe que ayude a tomar las decisiones clinicoepidemiológicas oportunas y a instaurar el tratamiento pertinente, así como realizar el seguimiento y el control de la infección hospitalaria y en la comunidad.

Identificada la “diana”, el microbiólogo, junto con el resto de los especialistas implicados, deberá enfocar el problema desde las distintas áreas de conocimiento para dar la solución de la forma más satisfactoria y rápida posible y, por qué no decirlo, también de una manera eficaz y eficiente. La colaboración cotidiana planteada desde la igualdad, el reconocimiento, el respeto y la tolerancia entre los diferentes especialistas que intervienen en el diagnóstico, tratamiento y control de la infección es fundamental para abordar los problemas, y necesaria para que el microbiólogo realice plenamente los 3 objetivos de su especialidad: asistencial, docente e investigación.

Objetivo asistencial

En 1998, la American Academy of Microbiology organizó una reunión para analizar el papel de la microbiología clínica⁶. En el apartado dedicado a las conclusiones destacaron: a) la necesidad crecien-

te de la microbiología clínica ante el aumento de enfermos inmunodeprimidos y el envejecimiento de la población; b) que los métodos moleculares y las nuevas tecnologías requieren personal técnico muy entrenado, frente a la tendencia de la gestión a reducir costes y a emplear personal polivalente y con escasa formación, y c) que la microbiología es una ciencia interpretativa que requiere la comunicación entre el microbiólogo y los distintos especialistas clínicos.

Desde entonces han pasado algo más de 10 años y, si se organiza una reunión similar, las conclusiones no serían muy distintas. No obstante, en la actualidad se podría añadir la importancia que el microbiólogo y el laboratorio de microbiología han adquirido en aspectos tales como la detección de resistencias a los nuevos antibióticos, nuevos patógenos o patógenos emergentes, brotes de infección, tanto hospitalaria como extrahospitalaria, sin olvidar la posibilidad de actuación ante un hipotético ataque de bioterrorismo⁷. Los objetivos del trabajo asistencial del microbiólogo comprenden, fundamentalmente, 4 aspectos: el diagnóstico, el tratamiento, el control y la prevención de la infección. Los principales aspectos de las funciones del microbiólogo se recogen en la tabla 1.

El especialista en microbiología debe dar respuesta a los problemas clínicos y epidemiológicos que se le presentan con el mayor rigor, rapidez y calidad posible. Deberá emitir informes claros, objetivos, que contesten a lo que se pregunta, y que ayuden y no confundan al especialista que ha solicitado la prueba. Asimismo, debe colaborar con el resto de los facultativos especialistas relacionados con el diagnóstico, tratamiento, control y prevención de la infección, asesorándoles respecto a la utilidad de las pruebas diagnósticas y a la interpretación de éstas, contribuyendo a una utilización racional y eficiente de los recursos y de la tecnología, y facilitando la solución al problema planteado o, en el caso de que esto no sea posible, comentar las limitaciones existentes o sugerir alternativas. Para que todo lo anteriormente expuesto sea factible, es necesaria una comunicación fluida entre los distintos especialistas, ya que sólo la integración de la historia clínica del paciente, junto con los resultados de las pruebas y exámenes realizados, permitirá tomar decisiones clinicoepidemiológicas, instaurar el tratamiento antimicrobiano o elegir las opciones terapéuticas más idóneas en cada caso y situación.

Otros puntos clave de la actividad asistencial del microbiólogo, y donde su papel es fundamental y decisivo, son el control y prevención de la infección hospitalaria y la política del uso racional de los antibióticos, ejemplos claros de trabajo multidisciplinar y en equipo. Se debe tener presente que, aproximadamente, la tercera parte de los pacientes ingresados en nuestros hospitales presenta una infección, y más del 40% es tratado con antibióticos. En este contexto, es fácil comprender por qué la infección hospitalaria se ha convertido en uno de los parámetros más importantes cuando se valora la calidad de una institución sanitaria, y su control es una actividad imprescindible en un hospital del siglo XXI^{8,9}.

El equipo que se responsabiliza de este control es el que se conoce y estructura como comité de infecciones y política de antibióticos (CIPA), el cual tiene una serie de funciones que pueden agruparse en los siguientes apartados: a) obtención y evaluación de datos sobre la evolución en el tiempo de las infecciones que se consideren más importantes, tanto por su número como por el riesgo que representan

para la población; b) desarrollo de medidas y programas de prevención destinados a disminuir o eliminar estas infecciones, o a minimizar su impacto; c) desarrollo y difusión de programas educativos para el mantenimiento de una eficaz política de antibióticos, tanto en el terreno de la prevención médica o quirúrgica como en el área del tratamiento de las enfermedades infecciosas, incluyendo el control periódico del seguimiento de estos programas; d) difusión y vigilancia del cumplimiento de medidas de higiene hospitalaria; e) estímulo, ayuda y coordinación de los proyectos de investigación que, directa o indirectamente, puedan contribuir al logro de sus objetivos, y f) plantear y cumplir los objetivos específicos, renovables cada año en función de los problemas detectados o de los planteamientos que haga el propio CIPA o le sean encomendados por la dirección del hospital. De sus funciones se deduce que el CIPA debe estar formado por representantes de los servicios más directamente relacionados con la infección. Asimismo, es de destacar la importancia de la presencia de los profesionales de enfermería pertenecientes al área del control de la infección, aunque también deberán formar parte del comité otros especialistas, así como miembros de los órganos directivos. En la tabla 2 se recoge un ejemplo de la posible composición que puede tener este comité en un hospital de segundo nivel.

Un aspecto importante, y no comentado hasta el momento, respecto a la aportación del microbiólogo en el CIPA es la detección y el aislamiento de microorganismos en muestras no procedentes de enfermos. La vigilancia de la calidad del aire y del agua, y los aislamientos de muestras ambientales constituyen aportaciones habituales al proceso de valoración e información.

Otra faceta fundamental del trabajo del microbiólogo es su contribución al uso adecuado de los antibióticos. Es un hecho que España se encuentra entre los estados europeos con mayor consumo de antibióticos por habitante y mayores problemas de resistencia bacteriana a estos fármacos. Si lo que acabamos de exponer es preocupante, no lo es menos el incremento de las infecciones por microorganismos multirresistentes, hecho que implica un grave problema de salud pública. Por todo ello, el microbiólogo y el laboratorio de microbiología juegan un papel fundamental en la detección de resistencias a los antibióticos, el seguimiento de las tendencias y evolución de las sensibilidades de los distintos microorganismos de importancia clínica, así como para definir una política de utilización de los antimicrobianos adaptada a la realidad de cada centro asistencial. Para llevar a cabo esta tarea, una aportación importante en la práctica diaria es la obtención rápida de los resultados del antibiograma, ya que contribuye al éxito terapéutico, al uso adecuado de los antibióticos y a la disminución del gasto sanitario. Algunos autores han demostrado que la información rápida al clínico responsable del paciente de los informes de sensibilidad tiene un impacto significativo en la reducción de la morbimortalidad y en la duración y el coste de la estancia hospitalaria^{10,11}. Por lo tanto, no basta disminuir el tiempo de obtención de resultados en el laboratorio sino que, para incrementar

Tabla 1
Principales funciones del microbiólogo

Planificar, dirigir y gestionar un laboratorio de microbiología
Responsabilizarse del informe de resultados
Implicarse en el diagnóstico, tratamiento, control y prevención de la infección
Efectuar labores de consultoría y asesoría de los problemas de origen infeccioso
Participar, con el máximo nivel de responsabilidad, en el control y prevención de la infección hospitalaria y comunitaria
Proponer e implicarse en la política de uso racional de antimicrobianos
Colaborar con los sistemas de vigilancia epidemiológica y de salud pública
Emitir opiniones expertas dentro de su especialidad

Tabla 2
Composición de una comisión de infecciones

Niveles de implicación	Servicios implicados
Principalmente implicados	Microbiología Enfermedades infecciosas Medicina preventiva Farmacia
Servicios donde la infección es un problema grave	Esterilización Cirugía Cuidados intensivos Trasplantes/oncología Pediatría Neonatología
Órganos de dirección	Medicina y especialidades médicas Dirección médica Dirección de enfermería

el rendimiento de esta información, es necesario mejorar los métodos de comunicación con el clínico e intentar suministrar los resultados en “tiempo real”. Esto implica realizar una asistencia continuada por parte del microbiólogo y el laboratorio de microbiología, hecho no siempre posible en todos los centros hospitalarios por falta de los oportunos recursos y porque tiempos de crisis como los actuales no facilitan la posibilidad de conseguirlo. Sin embargo, el impacto económico positivo de acciones como la anteriormente citada puede suponer un ahorro de 5 millones de euros/año¹¹. No obstante, el trabajo del microbiólogo en la contribución del uso adecuado de los antimicrobianos no se reduce a lo que hemos comentado hasta el momento sino que abarca otra serie de procesos. Entre los más destacables, se relacionan los siguientes⁸: a) toma de decisiones sobre la introducción de nuevos fármacos en el hospital; b) establecimiento de niveles de restricción de la información sobre antimicrobianos; c) transmisión de la información y consejo terapéutico; d) indicaciones y control de la profilaxis antimicrobiana en procedimientos médicos y quirúrgicos; e) protocolos de actuación, y f) formación continuada en antibioterapia. Una vez más se puede apreciar la interrelación del especialista en microbiología con otros especialistas, unidades y servicios del hospital, como son enfermedades infecciosas, farmacia, medicina preventiva, y con el propio CIPA.

No todo es reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y nuevas tecnologías: el valor de la especialidad y la experiencia

Tradicionalmente, el laboratorio de microbiología ha sido “artesanal”. Hasta no hace demasiados años, cada laboratorio se fabricaba los medios de cultivo y procesaba las muestras de forma manual. Asimismo, manualmente se realizaban las técnicas de diagnóstico serológico, muchas de ellas desarrolladas en el propio laboratorio con la utilización de cepas de referencia. Todo ello llevaba consigo un elevado consumo de recursos humanos y de tiempo. Sin embargo, en las últimas décadas, el desarrollo de las nuevas tecnologías ha cambiado el concepto del laboratorio de microbiología, ha permitido acortar los tiempos de respuesta e identificar microorganismos que hasta ahora no era posible. Otro hecho importante, ocurrido de forma paralela, es la introducción paulatina de la automatización. Su aplicación abarca no sólo la realización de la serología infecciosa, sino también, y entre otros, la identificación de los microorganismos y el estudio de la sensibilidad a los antimicrobianos. Estas aportaciones han permitido manejar sin dificultad el elevado volumen de muestras que hoy día recibe un laboratorio de microbiología, estandarizar muchos estudios y optimizar mejor los recursos humanos. Por otra parte, se ha hecho imprescindible un soporte informático que permita almacenar los datos demográficos y los resultados, haciendo posible, además, su explotación estadística. Sin embargo, estos hechos han supuesto también una amenaza y una debilidad para nuestra especialidad, como comentaremos más adelante, ya que el desconocimiento de algunos gestores y profesionales se ha traducido en la idea de que todo lo automatizado no requiere mucha experiencia profesional, que todo lo que realiza un aparato está controlado y que, por tanto, todo resultado emitido es correcto e indiscutible. Se ha apostado por la “cantidad” realizada con poco personal, y la tendencia es potenciar especialistas polivalentes y alejarlos de su medio. En el mismo sentido, algunos profesionales provenientes de otras especialidades, como análisis clínicos o bioquímica, con una larga trayectoria y experiencia en automatización sobre muestras de suero, mantienen la creencia de que toda muestra, normalmente la que se recoge en un tubo o similar, es automatizable y, por lo tanto, competencia suya. Sin embargo, ante un presente ya automatizado y un futuro con una automatización mucho mayor, el microbiólogo clínico posee una perspectiva diferente. Debe potenciar sus conocimientos y su trabajo como consultor, asesor e intérprete cualificado de los resultados. Para una mejor comprensión de nuestra exposición pondremos unos ejemplos.

Desde que en 1992 se introdujo formalmente el concepto de lectura interpretada del antibiograma¹², muchos laboratorios clínicos realizan el análisis de las sensibilidades microbianas observando el fenotipo de resistencia del microorganismo e infiriendo, a partir de éste, los mecanismos de resistencia subyacentes. De esta manera, según el mecanismo de que se trate, se pueden definir las diferentes categorías: sensible, intermedio y resistente¹³. Uno de los últimos logros en el área de interpretación del antibiograma ha sido la introducción de programas informáticos, denominados “sistemas expertos”, que facilitan la interpretación clínica de los resultados obtenidos¹⁴. Este hecho podría inducir a pensar que la tecnología podría suplir al especialista, craso error ya que la interpretación debe realizarse en función de la identificación microbiana, porque la mayoría de las especies presentan fenotipos de resistencia basal o adquirida que difieren de otros microorganismos filogenéticamente próximos. Sin embargo, nada más lejos de esto, ya que la lectura interpretada del antibiograma exige la labor activa del microbiólogo, quien no sólo debe elaborar informes clínicos sino que debe mantener una actitud alerta para, una vez descartados los errores metodológicos, poder detectar la aparición de patrones de resistencia poco frecuentes o “imposibles”. Por lo tanto, sin menospreciar la útil herramienta que suponen los sistemas expertos, no debe olvidarse que también pueden generar una inadecuada sensación de fiabilidad que comprometa la significación clínica de los resultados obtenidos, algo que, finalmente, tendrá que validar un “microbiólogo experto” y con sentido común.

En la misma línea, hace ya algunos años, Perea¹⁵ escribió que “la innovación tecnológica y la limitación de recursos son un tema crítico, y dicha limitación significa elegir entre diversas alternativas y hacer un uso adecuado y eficiente de la elegida”. Es un hecho que las nuevas técnicas aplicadas al diagnóstico de las enfermedades infecciosas, especialmente las técnicas moleculares, están revolucionando nuestra práctica diaria. Su introducción ha solucionado problemas hasta ahora no resueltos, como el diagnóstico de infecciones ocasionadas por microorganismos de cultivo difícil (*Tropheryma whipplei*, *Bartonella henselae*, *Ehrlichia chaffeensis*), o mejorar la forma de resolverlos con los métodos ya existentes (detección de parasitemias bajas o mixtas de *Plasmodium*, caracterización de brotes de infección, etc.). Su aplicación comprende desde la cuantificación de los virus de alta prevalencia en nuestro medio (virus de la inmunodeficiencia humana [VIH], virus de las hepatitis B y C, citomegalovirus, etc.), pasando por la identificación y caracterización de brotes, hasta la epidemiología de la resistencia antimicrobiana. Un ejemplo reciente de la capacidad de los laboratorios de microbiología para resolver problemas emergentes, cuando se les dota de los necesarios recursos, lo constituye la rapidez con la que los laboratorios de la red sanitaria pública española han diagnosticado, por la técnica de PCR en tiempo real, el virus An(H1N1) de la gripe pandémica de 2009. No obstante, las ventajas de estas técnicas no están exentas de problemas y todavía, a día de hoy, puede ser válida la frase que escribió Pérez-Tralero¹⁶ en el año 2003, con referencia a la utilización de las técnicas de microbiología molecular: “ni todo lo teóricamente disponible lo está, ni mucho de lo disponible ha demostrado su eficacia”, y más recientemente, Baron¹⁷ ha escrito que la utilización generalizada y sistemática de estas técnicas aún queda lejos.

Las técnicas moleculares son, por tanto, una herramienta muy útil pero, como todo, en manos atrevidas o imprudentes pueden dar resultados erróneos o que se presten a confusión. Por ello, ante la tentación que supone este tipo de técnicas para los especialistas relacionados con el diagnóstico de la infección, el microbiólogo deberá asesorar a sus compañeros respecto a las limitaciones, dificultades y precio que tiene la aplicación de estas técnicas en la actualidad. El deseo de estar en la vanguardia puede hacer olvidar que sensibilidad y especificidad no siempre van unidas, y que muchos de los resultados que aparecen publicados en la bibliografía todavía son experimentales, realizados en laboratorios de investigación y, en suma,

carecen de la validación técnica y clínica necesaria. Además, requieren un equipamiento y una tecnología que no están fácilmente disponibles en todos los laboratorios de diagnóstico microbiológico. Por lo tanto, se impone la prudencia: no se debe solicitar estas pruebas indiscriminadamente, pues su interpretación puede ser difícil, ya que no todo ácido nucleico detectado es sinónimo de patógeno viable. En resumen, que no hay que perder la perspectiva ni olvidar que una de las mejores herramientas del microbiólogo, como la de todo ser humano, es su cerebro, y que, aunque carezca de ciertos recursos tecnológicos, podrá utilizar su experiencia y conocimientos para asesorar al clínico o incluso para remitir la muestra a un laboratorio de referencia, si fuera posible. Asimismo, conviene no olvidar que, en muchas de las ocasiones de la práctica diaria, una "simple" tinción de Gram correctamente realizada e interpretada por un microbiólogo con experiencia puede ser tan útil y con igual valor diagnóstico que la más sofisticada tecnología.

No obstante, los avances tecnológicos imponen una nueva realidad y algún lector con derecho a la réplica podría argumentar que por qué realizar una tinción de Gram si para la identificación bacteriana de aislamientos clínicos ya se puede aplicar la proteómica. En efecto, la *mass spectrometry* (MS, espectrometría de masas) *matrix assisted laser desorption ionization time-of-flight* (MALDI-TOF)¹⁸, según recientes trabajos publicados, presenta una correlación con los métodos convencionales que puede alcanzar niveles del 95,5% para enterobacterias, del 79,7% en los bacilos gramnegativos no fermentadores, del 99,5% en estafilococos, del 100% en enterococos y del 93,7% en estreptococos^{19,20}, así como para gran parte de las bacterias anaerobias, invirtiendo un tiempo aproximado de 15 min por identificación, y siguiendo un procedimiento sencillo y sin apenas material fungible, aunque el equipo necesario para realizar el trabajo habitual de un laboratorio de microbiología puede superar los 100.000 euros. Es cierto que esta tecnología es muy prometedora, que puede suponer una gran contribución a la microbiología clínica, y ser un cambio revolucionario desde el punto de vista tecnológico y de la práctica diaria en el área de la identificación microbiana, pero también merece ser matizada. La MS realiza la identificación bacteriana basada en el perfil de proteínas y tiene dificultades para identificar especies. Así, no diferencia algunos aislados de *Staphylococcus aureus* de *Staphylococcus coagulasa-negativos* y también pueden haber errores de género, ya que se ha descrito un número significativo de identificaciones erróneas con cepas de *Streptococcus pneumoniae*, *Shigella*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Acinetobacter* y *Francisella tularensis*, entre otros. Bien es cierto que algunas de estas identificaciones erradas se han solucionado aumentando el número de espectros en la base de datos, pero este hecho también indica la necesidad constante de actualizar y mejorar dichas bases, lo que supone una actividad que, para algunos laboratorios, puede suponer un inconveniente. Por todo lo anteriormente expuesto, debemos completar la lectura actual que hacemos los profesionales de este nuevo avance tecnológico, y es que todavía es manifiestamente mejorable. Las mejoras estarían comprendidas en la identificación de la mayor parte de los hongos y micobacterias, y en la posibilidad de identificar los microorganismos directamente de las muestras, aunque ya hay publicaciones realizadas en muestras de orina²¹ y hemocultivos. Otra mejora importante, dado que no aporta datos de sensibilidad, aunque la identificación rápida permite inferir perfiles probables de sensibilidad y pautar tratamientos empíricos, sería la identificación de factores de resistencia o patogenicidad, como puede ser la detección de β -lactamasas de espectro extendido o la producción de la leucocidina de Pantón Valentine.

Por lo tanto, y volviendo al punto de partida, la "máquina" es una herramienta de trabajo muy útil, pero nunca suplirá al especialista cuya misión es controlar y cuestionar a la tecnología. De hecho, en los trabajos publicados sobre MALDI-TOF, los autores recomiendan que en los casos en los que el *software* del sistema otorgue una puntuación $\leq 1,9$ en una escala de 0-3, se efectúe una tinción de Gram y,

si fuera necesario, complementarla con la prueba de la catalasa y con una oxidasa, porque todavía estas 3 simples, baratas y rápidas pruebas, junto con la pericia y experiencia del profesional, pueden ayudarnos a resolver nuestros problemas.

Objetivo docente

De todos los países que conforman la Unión Europea (UE), 20 reconocen la especialidad de MyP. La Comisión de Microbiología Médica de la UE de Médicos Especialistas, con el aval de la European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases, ha elaborado un programa de formación²² para su aprobación por los organismos pertinentes de la UE. El programa presenta un contenido clínico importante y lleva consigo que el microbiólogo, además de diseñar e interpretar las pruebas que se realizan en el laboratorio de microbiología, actúe de consultor experto en infecciones, sea un elemento fundamental en el control de la infección hospitalaria, impulse la política de antibióticos en el hospital, etc. El tiempo para cumplir el programa elaborado supone aumentar hasta 5 años la duración del período formativo. El programa presentado comprende las bases científicas de la microbiología médica, las enfermedades infecciosas, el control de las enfermedades de declaración obligatoria y la microbiología del medio ambiente, el agua y los alimentos. Es de destacar que parte del programa formativo presentado es común al de la formación de especialistas en enfermedades infecciosas o medicina preventiva. Para mayor información recomendamos la lectura del artículo publicado por Andreu²³ en 2003 en esta revista.

Respecto a lo que sucede en España, en este artículo ya se ha hecho referencia al programa formativo vigente de la especialidad de MyP³. Sin embargo, tras la publicación de la Ley de Ordenación de las Profesiones Sanitarias, el Ministerio está dispuesto a crear especialidades troncales. A este respecto, la Comisión Nacional de la Especialidad de Microbiología y Parasitología hizo constar su desacuerdo con la inclusión de la microbiología en el denominado, inicialmente, "tronco procedimental", que posteriormente se ha denominado "tronco de laboratorio y de diagnóstico clínico", y que a la hora de escribir estas páginas, incluye las especialidades de: análisis clínicos, bioquímica, inmunología y microbiología. Desde la SEIMC y la Comisión Nacional de la Especialidad, se ha argumentado que no tiene objeto que una especialidad ya transversal como análisis clínicos, que comparte más de un 50% de su período formativo con las otras especialidades, se mantenga en el tronco, y que únicamente sería factible tras la reordenación de las especialidades. Asimismo, las peculiaridades de la especialidad de MyP, como la diversidad de muestras biológicas, las condiciones especiales de bioseguridad por trabajar con microorganismos vivos, la transmisibilidad de los agentes infecciosos y su trascendencia en cuestiones de salud pública, implican necesidades de formación y de trabajo muy diferentes a las de otras especialidades como bioquímica clínica, inmunología o análisis clínicos y, por lo tanto, debiera ser excluida del "tronco de laboratorio y diagnóstico clínico". La especialidad de MyP no comparte prácticamente competencias transversales con estas especialidades y debe considerarse como especialidad no troncal. Por todo ello, creemos que, en el momento actual, debe haber voluntad de cambio, ya que es necesaria una redefinición de los contenidos de las especialidades para seguir con la visión de troncalidad y adecuar los contenidos a las funciones a realizar en el futuro por el especialista de microbiología, ya que ello condicionará, inevitablemente, su formación, capacitación y la relación con otros especialistas y especialidades.

La investigación en microbiología y su relación con otras especialidades

Según Santiago Grisolia²⁴ "en un planeta con serios problemas de sostenibilidad y en el que la erradicación de la pobreza y de la enfermedad reclaman una acción más que retórica, la contribución inteli-

gente de la propia inteligencia constituye una palanca formidable para frenar incertidumbres y alentar un nuevo estilo de civilización". Los problemas a los que se enfrenta nuestra especialidad son numerosos y ya han sido analizados en diversas publicaciones^{15,25,26}, pero, sin duda, en los períodos de crisis, como afirma Grisolia, la inteligencia, el ingenio y la creatividad son más necesarios que nunca, y todos ellos constituyen motores básicos en la investigación.

Si miramos el pasado, la microbiología ha contribuido de forma decisiva a la investigación en el mundo. Uno de los descubrimientos más importantes en la quimioterapia moderna fue el realizado en 1928 por el bacteriólogo escocés Alexander Fleming. El descubrimiento de la penicilina supuso la apertura de una nueva línea de investigación, la de la antibioterapia. Como consecuencia de ello, la mortalidad por enfermedades infecciosas, en la actualidad, se ha reducido de una forma importante, sobre todo en los países desarrollados.

Panorama actual y futuro

El desarrollo de la investigación en la Europa comunitaria y la consolidación de políticas científicas de ámbitos nacional y europeo han supuesto un impulso significativo en la actividad investigadora. El Consejo Europeo, reunido en Lisboa en el año 2000, se comprometió a alcanzar, en 2010, el 3% del PIB para I+D+i en todos los países comunitarios. En los últimos años, la investigación en España ha experimentado un crecimiento considerable²⁷⁻²⁹. Los indicadores bibliométricos que determinan la calidad y cantidad de la producción científica señalan a España como el contribuyente número 11 de la totalidad de las publicaciones científicas, representando el 2,8% de la producción mundial en biomedicina²⁸.

Desde un punto de vista cuantitativo, en el período 2002-2006, la participación de nuestro país en la producción científica mundial fue del 3,25%, variando según las disciplinas científicas. La participación de la microbiología fue del 4,63%³⁰. Ramos et al³¹ analizaron la producción científica española en el ámbito de nuestra especialidad durante el período 1990-2002 y señalaron que el número anual de documentos publicados en estos años se duplicó, siendo 253 en el año 1990 y 512 en 2002. Asimismo, es de destacar que el mayor incremento se produjo en las publicaciones en revistas extranjeras, al ser 447 los documentos publicados durante 2002, frente a 175 en 1990.

Al analizar las comunicaciones enviadas al XIII Congreso de la SEIMC³², observamos que, de las 554 aceptadas, 178 fueron realizadas por microbiólogos exclusivamente, siendo en muchos casos estudios multicéntricos y 219 fueron estudios multidisciplinares en los que participaron microbiólogos en colaboración con profesionales de otras especialidades. Aunque somos conscientes del valor limitado que tiene este análisis, estos datos son indicativos de que el especialista en microbiología colabora activamente en la investigación biomédica con las otras especialidades del Sistema Nacional de Salud (SNS) que intervienen en la asistencia a los enfermos con infecciones, y especialmente con los infectólogos, con los que compartimos una parte importante de nuestra labor asistencial, así como inquietudes e interrogantes que son siempre los motores de la actividad investigadora.

Por otra parte, el trabajo conjunto en proyectos y líneas de investigación, aunando esfuerzos en todos los aspectos en los que realizamos nuestro desarrollo profesional, redundará, sin duda, en beneficio del paciente. No obstante, es necesario señalar que, para que esta colaboración dé el fruto deseado, ha de basarse en una relación de igualdad, cooperación y transparencia, ya que las relaciones profesionales que no respetan estos principios no consiguen los objetivos propuestos y conducen, inevitablemente, a enfrentamientos entre los diferentes especialistas.

En los últimos años, la política científica señala en la dirección de la colaboración interdisciplinar, tanto con la promulgación de la Ley de Investigación Biomédica (14/2007)²⁹ como con la creación de las

Redes Temáticas de Investigación Cooperativa y los Centros de Investigación Biomédica en Red. Con todas estas medidas, lo que se persigue es apoyar y fomentar todos los proyectos donde prevalezca la investigación traslacional, con el único fin de acercar el progreso de la investigación básica a la realidad clínica de los pacientes³⁰. Sin duda, la colaboración estrecha entre los microbiólogos y los demás especialistas del SNS en los programas de investigación va a ser muy positiva, tanto para nuestra especialidad como para nuestros pacientes. La Red Española de Investigación en Patología Infecciosa, en la que colaboran diversos especialistas (microbiólogos e infectólogos, entre otros), junto con investigadores básicos, es un buen ejemplo de la línea correcta a seguir, que podría ampliarse en el futuro más allá de su propio ámbito actual.

Finalmente, otro aspecto importante que conviene no olvidar, tanto por parte de los microbiólogos como por los gestores de los centros docentes, es el hecho de que, en el Programa Oficial de la Especialidad de Microbiología y Parasitología publicado en 2006³, se incluye la investigación como parte de la formación de los residentes, cuyo objetivo último sería que los especialistas en microbiología crezcan en la cultura de la investigación.

Nuevos modelos de gestión: ¿cómo desarrollar nuestro trabajo?

En la actualidad, se entiende como calidad la mejor asistencia sanitaria al coste más bajo. Por este motivo, acompañado de otras razones socioeconómicas y con el supuesto objetivo de una mayor eficiencia, las administraciones de nuestro país, y también de otros países de Europa y en Estados Unidos, han buscado nuevos modelos de gestión aplicables al laboratorio de microbiología. Entre ellos destacan, principalmente, 2: la concentración y la externalización. Estos nuevos modelos de gestión sanitaria, en los que los criterios de rentabilidad económica pueden ensombrecer los objetivos de la asistencia sanitaria, se están difundiendo por las diferentes comunidades autónomas de nuestro país, sin que haya pruebas documentadas de que se cumplen los objetivos asistenciales y económicos perseguidos. Es más, en alguna comunidad autónoma, en donde el centro sanitario es público pero la gestión es privada, se ha dado la circunstancia, divulgada incluso por los medios de comunicación, de necesitar recurrir al dinero público para saldar las deudas acumuladas por los laboratorios contratados para realizar los servicios sanitarios previstos. Estamos hablando pues de privatización, que significa ceder la gestión a otro que no sea la propia autoridad sanitaria, introduciendo criterios de gestión privada en centros de titularidad pública.

Respecto a la centralización, Gray^{33,34} resume su experiencia acerca del laboratorio centralizado en una serie de ventajas e inconvenientes. Entre las ventajas pueden citarse una mayor eficiencia, la reducción de costes y la disponibilidad de más personal técnico polivalente. Entre los inconvenientes se encuentran la pérdida de puestos de trabajo, el coste de las nuevas instalaciones, un peor servicio al cliente, un menor entrenamiento técnico que en otros centros sanitarios y, en consecuencia, una posible pérdida de la calidad. Otros autores³⁵ aportan su punto de vista respecto a lo que supone la existencia de este tipo de laboratorios. Las ventajas que mencionan coinciden con el autor anteriormente citado y, en el capítulo de desventajas, señalan la escasa comunicación con el médico que atiende al paciente, problemas derivados con el tiempo invertido en el transporte de la muestra, el no realizar la tinción de Gram inicial, la demora en el tiempo de respuesta y la dificultad para realizar la vigilancia relativa al control de la infección. Asimismo, la experiencia obtenida en Estados Unidos respecto a la desaparición de muchos laboratorios de microbiología que podríamos llamar básicos y la centralización de las muestras en grandes laboratorios ha supuesto que los especialistas que requieren los servicios de los microbiólogos clínicos estén descontentos con la atención recibida³⁵.

En lo que se refiere a la externalización, es decir, realizar fuera de la institución y por una entidad privada las actividades sanitarias que

podieran resultar más coste-efectivas, los laboratorios y los servicios de radiología se encuentran en el punto de mira, aunque también afectan a las intervenciones quirúrgicas. En nuestro caso, esta opción aproxima la función del microbiólogo a la de un emisor de informes y dificulta, si no anula, su trabajo como consultor, introduciendo el concepto de rentabilidad en todo el proceso, con el riesgo que puede conllevar, en una actividad de este tipo, contemplar de manera exclusiva ese criterio económico. Ante este panorama que preocupa a muchos microbiólogos, parece evidente que el trabajo colaborativo, leal y transparente con otros especialistas con interés en la patología infecciosa puede ser una herramienta poderosa para reducir los potenciales peligros y desventajas de estos modelos de gestión. Los microbiólogos nos jugamos mucho en esta apuesta, por la evidente pérdida de contenidos intelectuales para nuestra especialidad, pero también el resto de especialistas, que se verían privados de un soporte de calidad. En última instancia, y más allá de toda retórica, el mayor perdedor sería el paciente.

El futuro

Los nuevos retos para la microbiología clínica son, entre otros, realizar diagnósticos más rápidos, incrementar la estandarización, estar preparados para diagnosticar patógenos emergentes y, finalmente, estar en posición de contestar con rapidez y calidad al mayor número de preguntas que nos hacen los otros especialistas, y al menor coste posible³⁶. Por todo ello, la organización del laboratorio de microbiología clínica en el futuro es objeto de controversia y, probablemente, deba ser motivo de reflexión y autocrítica para el microbiólogo. El desarrollo de pruebas de diagnóstico rápido y de presentación unitaria (determinaciones de VIH en saliva, antígeno de estreptococo del grupo A en faringe, detección de portadores nasales de *S. aureus*, y otras que puedan desarrollarse), permitirá su realización en la misma consulta médica o a "pie de cama" y, por lo tanto, fuera del laboratorio, aunque antes habrá sido necesaria la validación técnica y clínica de la prueba (sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y negativo, etc.) que deberá ser realizada por el microbiólogo.

La posibilidad de contar con grandes laboratorios que centralizan un gran volumen de muestras puede hacer más coste-efectiva la realización de pruebas infrecuentes, la incorporación de la tecnología más novedosa y permitir el funcionamiento ininterrumpido, prácticamente, las 24 h del día. No obstante, se requerirá un eficiente transporte de la muestra que previamente haya sido conservada según los protocolos de trabajo estandarizados y establecidos al efecto, lo que supone un coste adicional a tener en cuenta. Asimismo, es fundamental una conexión informática que permita al resto de los especialistas la recepción de los resultados de una forma rápida y segura. Del mismo modo, es necesario establecer una vía de comunicación directa entre los diferentes especialistas que abordan el problema infeccioso.

Si el futuro se plantea de esta forma, y se fomenta la creación y existencia de estos laboratorios centralizados y externos, sería conveniente contestar antes a algunas preguntas: ¿se centraliza sólo para ahorrar?, ¿se centraliza para privatizar?, ¿qué laboratorio va a disponer de instalaciones con la bioseguridad necesaria para manipular microorganismos peligrosos, patógenos emergentes, microscopía electrónica?, ¿qué laboratorio va a estar capacitado para responder ante un posible problema producido por bioterrorismo? Muchos de los problemas que resuelve la microbiología no son rentables desde el punto de vista estrictamente económico cuando se hace un análisis exclusivamente a corto plazo, pero son necesarios y, por tanto, rentables desde el punto de vista sanitario, social e incluso político. ¿Se está planteando una sanidad de cantidad solamente? ¿Sólo se investigará en la universidad?

Aun en el caso de que se llegara a la creación generalizada de estos grandes laboratorios centralizadores, habría que articular la forma de

continuar "cerca" del paciente y del especialista que lo estudia y trata. Con toda la experiencia acumulada por la microbiología clínica a lo largo de más de 1 siglo de asistencia al paciente infeccioso, se podría decir que éste es un compromiso al que no puede ni debe renunciar el microbiólogo. De nuevo, la comunidad de intereses con otros especialistas puede ser una baza importante a jugar en una partida que se presenta difícil.

Conclusiones

En los últimos años, las nuevas tecnologías y la automatización han cambiado sustancialmente las características de los laboratorios de microbiología, y han modificado la forma en la que el microbiólogo desarrolla su actividad. Por todo ello, la organización del laboratorio de microbiología clínica del futuro está por dilucidar, y la forma en que ésta se enfoque y desarrolle influirá, inevitablemente, en todos los especialistas que nos dedicamos al estudio de la infección. La microbiología es una ciencia interpretativa y, como tal, necesita interlocutores cualificados; esta función es una de las principales actividades del microbiólogo. Para desarrollar toda esa potencialidad, el trabajo y la actuación de los especialistas en microbiología deben estar integrados en los equipos multidisciplinares que trabajan coordinadamente en el estudio de la infección.

La experiencia nos ha enseñado que la colaboración entre los profesionales de las distintas especialidades es necesaria, pero no fácil, y puede ser frecuente motivo de conflicto. No obstante, si queremos persistir y hacer frente al futuro, debemos demostrar nuestras funciones y trabajar integrados en equipos multidisciplinares. Asimismo, todos los profesionales y especialistas implicados en el diagnóstico, tratamiento, prevención y control de las infecciones debemos tener clara una serie de principios para desarrollar nuestro trabajo, a saber: la complementariedad, el reparto de funciones, la sinergia, el diálogo, el consenso y el respeto. Sólo así podremos avanzar y demostraremos la superioridad del hombre sobre el resto de las especies del mundo animal, por lo que sería deseable que los microbiólogos contribuyéramos con nuestra aportación positiva.

Conflicto de intereses

Las autoras declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. De Kruijff P. Cazadores de microbios. 1.ª ed. México: Editores Mexicanos Unidos; 1978.
2. Moreno López M, Rodríguez Cobacho A, Dámaso D, Perea EJ, Santos M. Uso y abuso de antibióticos. Epidemiología en la Clínica Puerta de Hierro. Madrid: Monografías Científicas Beecham; 1968. p 151-92.
3. Ministerio de Sanidad y Consumo. Orden SCO/3256/2006 de 2 de octubre, por la que se aprueba y publica el programa formativo de la especialidad de Microbiología y Parasitología. Boletín Oficial del Estado número 252, de 21 octubre 2006. p. 36904-10.
4. La especialidad de enfermedades infecciosas en España. Una asignatura pendiente. *Enferm Infecc Microbiol Clin.* 2008;26 Supl 15:1-66.
5. Alados J C, Alcaraz MJ, Aller AI, Miranda C, Pérez-Sáenz JL, Romero PA. Diseño de un laboratorio de microbiología clínica. En: Cercenado E, Cantón R, editores. Procedimientos en Microbiología Clínica. Madrid: Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica; 2009. Disponible en: www.seimc.org/documentos/protocolos/microbiologia/
6. Check W. AAM Colloquium looks at changing field of Clinical Microbiology. *ASM News.* 1998;64:561-5.
7. Peterson LR, Hamilton JD, Baron EJ, Tompkins LS, Miller JM, Wilfert CM, et al. Role of clinical microbiology laboratories in the management and control of infectious diseases and the delivery of health care. *Clin Infect Dis.* 2001;32:605-10.
8. Bouza E. Papel del microbiólogo en el control de la infección hospitalaria y la antibioterapia. *Enferm Infecc Microbiol Clin.* 2003;21 Supl 2:32-6.
9. Sánchez-Payá J, Bichofberger C, Lizan M, Lozano J, Muñoz-Platón E, Navarro J, et al. Nosocomial infection surveillance and control: current situation in Spanish hospitals. *J Hosp Infect.* 2009;72:50-6.
10. Trenholme GM, Kaplan RL, Karakusis PH, Stine T, Fuhrer J, Landau W, et al. Clinical impact of rapid identification and susceptibility testing of bacterial blood culture isolates. *J Clin Microbiol.* 1989;27:1342-5.

11. Barenfanger J, Drake C, Kacich G. Clinical and financial benefits of rapid bacterial identification and antimicrobial susceptibility testing. *J Clin Microbiol.* 1999; 37:1415-8.
12. Courvalin P. Interpretative reading of antimicrobial susceptibility test. *ASM News.* 1992;58:368-75.
13. Cantón Moreno R. Lectura interpretada del antibiograma: ¿ejercicio intelectual o necesidad clínica? *Enferm Infecc Microbiol Clin.* 2002;20:176-86.
14. Martínez-Martínez L. El futuro de las pruebas de sensibilidad a los antimicrobianos. *Enferm Infecc Microbiol Clin.* 2003;21 Supl 2:64-71.
15. Perea EJ. La microbiología clínica en el siglo XXI. Un nuevo escenario. *Enferm Infecc Microbiol Clin.* 2003;21:2-6.
16. Pérez-Trallero E. El futuro es la (micro)biología molecular. *Enferm Infecc Microbiol Clin.* 2003;21 Supl 2:61-3.
17. Baron JE. Implications of new technology for infectious diseases practice. *Clin Infect Dis.* 2006;43:1318-23.
18. Seng P, Drancourt M, Bernard la Scola FG, Fournier PE, Rolain JM, Raoult D. Ongoing revolution in bacteriology: routine identification of bacteria by matrix-assisted laser desorption/ionization-time-of-flight mass spectrometry. *Clin Infect Dis.* 2009;49:543-51.
19. Eigner U, Holfelder M, Oberdofer K, Betz-Wild U, Bertsch D, Fahr AM. Performance of a matrix-assisted laser desorption ionization-time-of-flight mass spectrometry system for the identification of bacterial isolates in the clinical routine laboratory. *Clin Lab.* 2009;55:289-96.
20. Ferreira L, Vega S, Sánchez-Juanes F, González M, Herrero A, Muñoz MC, et al. Identificación bacteriana mediante espectrometría de masas *matrix-assisted laser desorption ionization-time-of-flight*. Comparación con la metodología habitual en los laboratorios de Microbiología Clínica. *Enferm Infecc Microbiol Clin.* 2010. doi: 10.1016/j.eimc.2009.12.009.
21. Ferreira L, Sánchez-Juanes F, González-Ávila M, Cembrero-Fuciños D, Herrero-Hernández A, González-Buitrago JM, et al. Direct identification of urine samples by matrix-assisted laser desorption ionization-time-of-flight mass spectrometry. *J Clin Microbiol.* 2010;48:2110-5.
22. Union Européenne des Médecins Spécialistes. Disponible en: <http://www.uems.net>
23. Andreu A. La microbiología médica en el ámbito de la Unión Europea. *Enferm Infecc Microbiol Clin.* 2003;21:9-11.
24. Resumen ejecutivo y recomendaciones del informe anual sobre el estado de la investigación, el desarrollo y la tecnología en la Comunitat Valenciana. 2008. Valencia: Generalitat Valenciana; 2008.
25. Perea EJ. La microbiología clínica: ¿una especialidad en crisis? *Enferm Infecc Microbiol Clin.* 1998;16:445-8.
26. Ausina V. El microbiólogo clínico del futuro. *Enferm Infecc Microbiol Clin.* 2003; 21:7-8.
27. Gutiérrez Fuentes JA, Puerta López-Cózar JL. Reflexiones sobre la ciencia en España. El caso particular de la biomedicina. Barcelona: Ars Médica; 2003.
28. Camí J, Suñen-Piñol E, Méndez-Vásquez R. Mapa bibliométrico de España 1994-2002: biomedicina y ciencias de la salud. *Med Clin (Barc).* 2005;124:93-101.
29. Jefatura del Estado. Ley 14/2007 de Investigación Biomedica. Boletín Oficial del Estado número 159. 2007. p. 28826-48.
30. Los retos de la investigación en España. Redes de Investigación en Medicamentos. Madrid: Fundación Farmaindustria; 2008.
31. Ramos JM, Gutiérrez F, Royo G. La producción científica española en microbiología y áreas afines durante el período 1990-2002. *Enferm Infecc Microbiol Clin.* 2005; 23:406-14.
32. Anónimo. XIII Congreso de la Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica (SEIMC). *Enferm Infecc Microbiol Clin.* 2009;26 Supl 4: 1-221.
33. Gray LD. Practical aspects of the consolidation of clinical microbiology services (experiences and recommendations: Part 1). *Clin Microbiol Newsl.* 2001;23: 103-5.
34. Gray LD. Practical aspects of the consolidation of clinical microbiology services (experiences and recommendations: Part 2). *Clin Microbiol Newsl.* 2001;23: 111-4.
35. Raoult D, Fournier PE, Drancourt M. What does the future hold for clinical microbiology? *Nature Rev.* 2004;2:151-9.
36. Wilson ML. Assuring the quality of microbiology test results. *Clin Infect Dis.* 2008;47:1077-82.