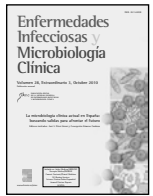




# Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica

www.elsevier.es/eimc



## Influencia de las nuevas tecnologías en la microbiología moderna

Tomás Pumarola

Servicio de Microbiología, Centro de Diagnóstico Biomédico, Hospital Clínic, Barcelona, España

### RESUMEN

#### Palabras clave:

Microbiología clínica  
Automatización  
Laboratorios *core*  
Externalización  
Futuro de la especialidad

La influencia de las nuevas tecnologías en la microbiología moderna se halla directamente relacionada con su automatización, auténtico motor de cambio. La automatización se ha venido produciendo desde los inicios de la microbiología clínica, pero es a partir de la década de los años ochenta cuando se desarrolla ampliamente, proyectándose en el futuro inmediato a todas las áreas de la especialidad. La automatización se ha convertido en un elemento organizativo de primer orden.

Sin embargo, su principal inconveniente es que no tiene límites, lo que, asociado a los actuales criterios economicistas, está favoreciendo las iniciativas de integración de las especialidades de laboratorio en un único centro y su posterior externalización. Como consecuencia de este proceso puede producirse una importante disminución de la calidad de la microbiología clínica y de la formación de los futuros especialistas o incluso una eventual desaparición de la especialidad, por lo menos tal como la conocemos actualmente. La futura existencia de laboratorios altamente especializados e integrados es un proceso irreversible. Para preservar la calidad de la especialidad y la formación de los especialistas, en lugar de un enfrentamiento directo, debemos, como microbiólogos, participar activamente con creatividad y liderazgo.

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

### Influence of new technologies in modern microbiology

#### ABSTRACT

#### Keywords:

Clinical microbiology  
Automation  
Core laboratories  
Externalization  
The future of the speciality

The influence of new technologies in modern microbiology is directly related to their automation, the real driving force of change. Automation has occurred since the beginning of clinical microbiology, but from the 1980s has experienced huge development, which is being projected through the immediate future to all areas of the speciality. Automation has become a prime organizational tool.

However, its main disadvantage is that it has no limits, which in association with the current economically-oriented criteria, is encouraging initiatives to integrate the various laboratory specialities into one production center and, eventually, to outsource its activity. This process could significantly reduce the quality of clinical microbiology and the training of future specialists, or even worst, lead to the eventual disappearance of the speciality, at least as it is known today.

The future development of highly automated and integrated laboratories is an irreversible process. To preserve the quality of the speciality and of specialist training, rather than fight directly against this process, we must, as microbiologists, actively participate with creativity and leadership.

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

La influencia de las nuevas tecnologías en la microbiología moderna se halla directamente relacionada con su automatización, auténtico motor de cambio. La microbiología clínica se halla en constante evolución, habiéndose realizado importantes avances en los últimos años, en especial el desarrollo de sistemas automatizados en todos los ámbitos de la especialidad. La automatización en microbio-

logía clínica ha sido un proceso continuo desde sus inicios, pero es en la segunda mitad de los años ochenta, a raíz de la aparición de los primeros procesadores semiautomáticos de sueros, cuando irrumpe con gran fuerza. Hasta entonces era impensable que se pudieran depositar 20 sueros en un "carrusel" y obtener resultados en menos de 2 h sin que mediara ningún tipo de manipulación adicional. Posteriormente, una generación de autoanalizadores semiautomáticos para técnicas de enzimoimmunoanálisis se desarrolló ampliamente.

Desde entonces, la automatización en el diagnóstico microbiológico de las enfermedades infecciosas ha progresado rápidamente a

Correo electrónico: pumarola@clinic.ub.es

medida que se han ido sucediendo nuevos avances tecnológicos en las metodologías, la robótica y los sistemas informáticos, debido principalmente al incremento en la demanda por parte de los profesionales de los laboratorios, de procesos analíticos que permitieran una mayor productividad, manteniendo o mejorando los niveles de calidad, pero a un menor coste. La automatización ha ayudado a controlar y guiar el flujo de trabajo y los resultados en un proceso más reproducible y con una menor interacción directa, lo que ha contribuido significativamente a una reducción de los costes en el laboratorio.

Inicialmente fue la serología, pero hoy en día la automatización ha llegado a las técnicas de biología molecular, las técnicas clásicas en bacteriología como la siembra de placas, la lectura del hemocultivo, la identificación bacteriana y el análisis de la sensibilidad a los antibióticos y, evidentemente, a las nuevas tecnologías de identificación de microorganismos como la espectrometría de masas, la secuenciación masiva o los *microarrays*.

Estos desarrollos permiten el procesamiento de un mayor número de muestras con menor dedicación de personal y han proporcionado una mayor reproducibilidad intra e inter laboratorio. Sin embargo, no han conducido a un cambio significativo de la microbiología clínica en sí. A diferencia de otras disciplinas que utilizan físicamente las estructuras de un laboratorio, la capacidad de alcanzar un resultado correcto y clínicamente relevante se basa en criterios muchas veces subjetivos, directamente relacionados con el carácter eminentemente interpretativo y no multiparamétrico de la microbiología clínica. Estos criterios están basados en un profundo conocimiento de los microorganismos y su interacción con el organismo humano, de la patología infecciosa y de los problemas clínicos (aspectos imprescindibles para poder determinar las muestras a obtener y su procesamiento), las técnicas a utilizar, la evaluación clínica de los resultados y, finalmente, la orientación terapéutica. Dicho de otro modo, el oficio del microbiólogo clínico no se ha modificado por la introducción de los progresos tecnológicos y de la automatización<sup>1-4</sup>.

La automatización de la microbiología ha sido una consecuencia lógica de la creciente complejidad de la microbiología clínica en los últimos años, derivada de: a) el incremento significativo en el número de muestras y de marcadores; b) la necesidad de desarrollar nuevas técnicas de diagnóstico, especialmente de biología molecular; c) las limitaciones presupuestarias y en personal, y d) una mayor exigencia por parte de la clínica en la disminución del tiempo de generación de resultados.

En este sentido, la automatización de la microbiología está constituyendo un elemento organizador de primer orden<sup>5-8</sup>. La implantación progresiva de los procesos automatizados de acceso continuo de muestras, en general, conectados con sistemas informatizados de recogida de datos, y la aparición de equipos de análisis con lectura de código de barras ha favorecido que el gran volumen de datos que se maneja en los laboratorios esté definido, integrado, volcado automáticamente, y que se organice y estructure mejor y más rápido. Además, se han desarrollado los listados de cargas de trabajo, los informes preliminares y la generación de informes estandarizados, de gran ayuda para la práctica diaria.

En resumen, las principales ventajas de la automatización de la microbiología podrían ser: a) el aumento de la productividad de los servicios/unidades de microbiología; b) la disminución en el tiempo de generación de resultados; c) la mejora de la calidad de los procesos analíticos y, por lo tanto, del resultado final, al estar sometidos a una menor variabilidad y probabilidad de error; d) la mayor disponibilidad de horas de personal; e) la reducción de costes; f) la sistematización en la emisión de resultados a través de la conexión *on-line*, y g) la facilidad de realización de la estadística de gestión del laboratorio.

¿Y las desventajas? Una muy importante: que no tiene límites. Con el actual sistema gerencial y de centralización de laboratorios puede resultar invariablemente en una drástica reducción de la cali-

dad de la microbiología clínica en la mayoría de centros y conducir a una eventual desaparición paulatina de la especialidad, por lo menos tal como la conocemos en la actualidad.

Las razones son muchas. Todavía estamos justo al inicio de este proceso y ya se están creando grandes laboratorios *core* (LC), en donde se integran, con mayor o menor eficacia, las diferentes especialidades en grandes laboratorios automatizados. La existencia de autoanalizadores cerrados que realizan marcadores de todas las especialidades de laboratorio, la utilización del mismo tipo de muestra, la experiencia previa en automatización de los laboratorios de bioquímica, los problemas de espacio, y la necesidad de reducir personal y costes, ha llevado, en determinados centros, a unificar todas las pruebas automatizables, incluida la serología del diagnóstico microbiológico, en un único laboratorio, donde además de separar los marcadores serológicos del resto de pruebas del laboratorio de microbiología, en la mayoría de ocasiones no hay ningún microbiólogo clínico contratado.

Los LC intentan integrar las diferentes especialidades de "laboratorio" basándose exclusivamente en criterios arquitectónicos (la *po-yata*) y no en criterios conceptuales propios de las diferentes especialidades. Algo similar sería unificar todas las especialidades médicas, bien porque utilizan el fonendoscopio o porque los pacientes se hallan en una cama. Cuando esta centralización se produce, el personal que trabaja en ella suelen ser licenciados y técnicos con conocimientos muy generales, y no especialistas con experiencia en cada una de las áreas de conocimiento, lo que invariablemente tiene una repercusión negativa sobre la calidad de los resultados generados.

Hay importantes diferencias entre hospitales en el modo de implantar estos LC. En el Hospital Clínic de Barcelona, los diferentes laboratorios se han agrupado como Centro de Diagnóstico Biomédico, que se estructura en diversas áreas operativas. Una de ellas es el denominado LC, totalmente automatizado e informatizado, que funciona en serie y en paralelo, con una capacidad para generar más de 5 millones de determinaciones anuales y en el que las muestras, a través de una cadena de transporte, van circulando por diferentes autoanalizadores conectados a la cadena para la realización de los marcadores de bioquímica, hormonales, toxicología, hematología, inmunología y la serología microbiana de gran volumen.

Concretamente, en el LC se realiza la totalidad de los marcadores serológicos de los virus de las hepatitis A, B y C, la detección de anticuerpos frente al virus de la inmunodeficiencia humana tipos 1 y 2 y la detección de IgG frente al virus de la rubéola y *Toxoplasma gondii*. El resto de marcadores serológicos se continúa realizando en el Servicio de Microbiología del hospital, utilizando sistemas automatizados abiertos o bien sistemas manuales dependiendo de cada marcador en concreto.

Mientras que los facultativos del LC son los responsables de asegurar la calidad de los resultados emitidos por los diferentes autoanalizadores (validación técnica), en el caso de la serología microbiana son los facultativos del Servicio de Microbiología los que deciden acerca de la pertinencia de las pruebas solicitadas, realizan la interpretación de los resultados, la petición de pruebas reflejas y son los interlocutores con el clínico que realiza la petición. Por lo tanto, son los responsables de la validación clínica de los resultados.

Si bien la agrupación integral por tecnologías es, en lo que respecta a la microbiología clínica, un claro error de concepto y motivo de una vuelta atrás en aquellos países pioneros en este tipo de iniciativas<sup>4,9</sup>, en nuestra experiencia, una vez superadas las dificultades lógicas de la puesta en marcha del LC y fruto de una estrecha colaboración entre éste y el Servicio de Microbiología, se han conseguido importantes ventajas como incrementar la disponibilidad de espacio y personal, disminuir el tiempo de generación de resultados y reducir costes, manteniendo la validación clínica especializada y valorando los resultados serológicos conjuntamente con el resto de pruebas microbiológicas solicitadas a un mismo paciente. La experiencia de nuestro centro de ninguna manera debe tomarse como un ejemplo a

seguir en otros hospitales. En nuestra opinión, los microbiólogos clínicos hemos de estar abiertos a diferentes soluciones que deberán individualizarse para cada centro en concreto, pero siempre con el objetivo final de no disminuir ni perder en ninguna situación la calidad de la validación clínica y la globalidad del diagnóstico microbiológico.

Uno de los principales inconvenientes de este tipo de estructuras tipo *core* es la total dependencia de un proveedor. La calidad de los diferentes reactivos de una misma casa comercial es muy heterogénea. No nos engañemos, a pesar de que es responsabilidad del especialista la evaluación de la calidad de los reactivos, dentro del concepto de los LC, es imposible modificar un mal marcador por otro mejor de una casa comercial diferente, sin que ello suponga su salida de la cadena. En la mayoría de casos, éste es un problema que tiende a no resolverse, a beneficio del conjunto, a pesar de que represente una importante disminución de la calidad.

La dependencia de una única casa comercial no se limita al seno del LC y se traslada a otras áreas, ya que ésta puede participar en los concursos con una clara ventaja respecto a sus competidores, con mejores ofertas económicas, incluso a pesar de que la calidad de sus reactivos sea inferior. No olvidemos que el criterio economicista es actualmente de enorme importancia en los concursos públicos de reactivos. Todo ello se traduce finalmente en una gran presión sobre el microbiólogo que, en ocasiones, se ve obligado a utilizar reactivos diagnósticos que no cumplen los más estrictos criterios de calidad.

¿Podemos luchar contra ello? Mi opinión es que es difícil, podemos ganar batallas, pero la guerra está perdida si intentamos ir a contracorriente. Hoy es la serología, mañana la biología molecular y, a más largo plazo, la automatización completa de los procesos de siembra, incubación, identificación y determinación de sensibilidad y resistencia a los antimicrobianos, la espectrometría de masas, las técnicas de secuenciación masiva, los *microarrays*, etc., y todo ello asociado a complejos sistemas informáticos de interpretación de resultados. En los laboratorios, será necesaria la presencia de ingenieros para el mantenimiento de las máquinas, técnicos para su utilización y especialistas de las diferentes ramas de laboratorio para decidir las pruebas a realizar, la interpretación de los resultados y actuar de interlocutores con los clínicos. Pero para ello, ¿cuántos especialistas se decidirán que son necesarios y dónde deberán estar ubicados, en el laboratorio o localizados en el teléfono o a través de internet?

Es evidente que, a pesar de todo, continuará siendo necesaria la existencia de un laboratorio de microbiología, pero no debemos dejar que sea subsidiario, de forma que en él tan sólo se procesen las muestras con resultados negativos en las técnicas rápidas y automatizadas existentes en el LC. Esto supondría un déficit conceptual, de conocimiento y de calidad, ejemplo claro de lo que este tipo de políticas representa. Probablemente, una excepción en microbiología clínica será la parasitología, que hoy por hoy continúa basándose en un tanto por ciento de casos muy elevado, en la observación microscópica de los agentes causales. Aunque también es cierto que, incluso en la parasitología, se están introduciendo las nuevas tecnologías de diagnóstico.

Por otro lado, en el momento en que las muestras pasan de representar a un paciente a ser exclusivamente un número, se pierde la posibilidad de realizar estudios retrospectivos, estudiar la concordancia entre diferentes técnicas, tratar de relacionar un síndrome determinado con un agente infeccioso, realizar estudios de prevalencia, relacionar diversas enfermedades entre sí, controlar la evolución de los resultados de un mismo paciente en el tiempo, eliminar la realización de pruebas innecesarias, indicar la prueba más idónea, establecer relación con el clínico responsable del paciente, etc., factores todos ellos que limitan extraordinariamente la calidad del diagnóstico microbiológico<sup>10</sup>.

Por ejemplo, si bien la serología como proceso automatizado es sencilla, la interpretación de los resultados es extraordinariamente

compleja y necesita invariablemente de la valoración en conjunto con el resto de pruebas microbiológicas<sup>9-12</sup>. En Cataluña, donde la mayor parte de la serología se realiza fuera de los laboratorios de microbiología clínica, al analizar los resultados de los controles de calidad en serología de la Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica, se observa que, si bien éstos son correctos en la práctica totalidad de los centros participantes, sin embargo hay importantes lagunas en la interpretación de los resultados o en el perfil de los marcadores seleccionados para contestar el problema microbiológico que plantea el control de calidad.

Pero el impacto negativo más importante se producirá sobre la formación de los futuros especialistas en microbiología, que se basará fundamentalmente en la realización de pruebas automatizadas y en la emisión de resultados, en detrimento de una formación en los conceptos fisiopatológicos de la interacción entre los microorganismos y su hospedador, en las metodologías clásicas en microbiología, como la observación directa o el aislamiento de los microorganismos en cultivo, y en la interpretación de los resultados con base en la patogenia y la historia natural de cada microorganismo, en particular a lo largo del proceso infeccioso. ¿Sabrán diferenciar al patógeno del colonizador?, o bien, ¿aprenderán la tinción de Gram, una técnica muy sencilla de realizar, pero con una gran complejidad interpretativa, que permite en muchas ocasiones orientar el tratamiento en espera del resultado del aislamiento, identificación y antibiograma?

Los microorganismos se hallan en constante evolución y adaptación. La emergencia de nuevos microorganismos y la reaparición de otros ya conocidos, o el incremento de las resistencias a los antimicrobianos, constituyen un importante problema de salud pública. Los microbiólogos son los profesionales más capacitados para su detección, caracterización y evaluación terapéutica. Sin ir más lejos, en la pandemia por el virus de la gripe A/H1N1 2009 han sido los laboratorios de microbiología clínica los que han tenido la capacidad de actuar rápidamente, desarrollando las técnicas de biología molecular que les permitieran llegar a un diagnóstico, y de secuenciación para poder determinar la evolución de los factores de virulencia y de resistencia a los antivirales de los virus circulantes. Todo ello ha sido absolutamente imposible en grandes laboratorios centralizados y altamente automatizados, en los que se ha perdido el referente de las técnicas en microbiología clínica que no vengán "encorsetadas en un formato *kit*" por parte de una determinada casa comercial. Estos grandes laboratorios han ido a remolque y con mucha posterioridad a la respuesta ejercida por los laboratorios en los hospitales en donde trabajan especialistas en microbiología clínica. Claramente, los laboratorios centralizados no han tenido ni el conocimiento ni la experiencia suficiente para abordar la pandemia.

En los últimos años se ha producido una tendencia a externalizar y centralizar los laboratorios de microbiología en uno solo, para dar servicio a varios hospitales, maximizando la eficiencia de las pruebas al menor coste. El principal inconveniente de estos laboratorios a kilómetros de distancia de los centros hospitalarios, en caso de que algún día lleguen a solucionarse los problemas de mantenimiento de la calidad de las muestras durante el transporte, es el distanciamiento de la cama del enfermo y de los clínicos y, por tanto, de la discusión y la visión integral del paciente. La eliminación de un contacto intenso y fluido entre el clínico y el microbiólogo, impidiendo, entre otros, los resultados preliminares o las posibles predicciones basadas en la experiencia, llevará a la toma de decisiones críticas en el manejo clínico del paciente sin la opinión del microbiólogo, conduciendo, por ejemplo, a la realización de pruebas innecesarias o a decisiones de tipo defensivo, como la adopción de terapias empíricas de amplio espectro.

La microbiología clínica es una especialidad que, en las últimas décadas, se ha expansionado y reafirmado en su identidad y competencias, alcanzando un prestigio científico y profesional de primer orden, además de un importante reconocimiento internacional. La labor de los microbiólogos tiene, además, un impacto directo en la

salud de la comunidad, pues su trabajo es la fuente más fiable para conocer la etiología de las enfermedades infecciosas y las poblaciones microbianas siempre cambiantes, identificando los nuevos patógenos y documentando los patrones de resistencia de los microorganismos a los antimicrobianos<sup>4,9</sup>.

Durante las últimas décadas, la microbiología clínica ha recibido el influjo positivo del desarrollo de la inmunomicrobiología y de la biología molecular, que se ha traducido en la incorporación de nuevas técnicas diagnósticas que permiten un diagnóstico más rápido y preciso de los procesos infecciosos. Dado que muchas de estas técnicas se pueden automatizar, el desconocimiento de algunos profesionales y gestores está en pensar que lo que está automatizado no requiere demasiada experiencia profesional. Sin embargo, no hay duda que en un futuro altamente automatizado el microbiólogo clínico deberá conservar y potenciar sus conocimientos, siendo necesaria más que nunca una interpretación cualificada de los resultados<sup>9-12</sup>.

El microbiólogo clínico debe combinar un conocimiento profundo de la microbiología con una capacidad para comprender los problemas clínicos. Pero su actividad profesional no se limita tan sólo a la atención individual del paciente, aportando datos indispensables para su diagnóstico y tratamiento, sino que también implica una responsabilidad social hacia los aspectos epidemiológicos derivados de su trabajo. Todo esto se puso de manifiesto con el desarrollo de la epidemiología hospitalaria y la creación de los comités de infecciones, que se hicieron realidad, en gran parte, gracias a la iniciativa de los microbiólogos<sup>4,9</sup>, o los programas de vigilancia microbiológica de la evolución de los microorganismos prevalentes en la comunidad.

Los microbiólogos clínicos, con su trabajo diario, influyen directamente en la calidad y coste de la atención médica, reduciendo el tiempo necesario para el diagnóstico al seleccionar las metodologías y los procedimientos necesarios, realizando informes diagnósticos urgentes y preliminares en patologías graves que son decisivos en su evolución, escogiendo los antibióticos efectivos para el tratamiento y facilitando los datos para prevenir la difusión de la infección, reduciendo las pruebas iniciales solicitadas a las imprescindibles o ampliándolas en función de los resultados. Esto comporta una mejor racionalización de los costes a través de la protocolización de estudios. Las pruebas automatizadas forman parte de todo este conjunto y es necesario que sean interpretadas como tales. Es necesaria la actuación de un especialista en microbiología clínica y que ésta no sea aislada bajo ningún concepto del resto de pruebas microbiológicas.

En resumen, la labor del microbiólogo clínico debe centrarse en aportar la información que responda del modo más eficaz a las preguntas que se plantean los clínicos, y no tanto en la organización y validación de la información que proporcionan los instrumentos de automatización del laboratorio<sup>12,13</sup>. El microbiólogo clínico, por su formación, es el único con la capacitación clínica necesaria para decidir sobre la pertinencia de los diferentes marcadores microbiológicos, su utilidad clínica para cada situación en concreto y la interpretación clínica de los resultados<sup>4,9</sup>.

En una encuesta realizada a más de 500 especialistas en enfermedades infecciosas de Estados Unidos, con relación a los servicios de microbiología<sup>10,14</sup>, uno de los aspectos más valorados fue que éstos estuvieran dirigidos por especialistas en microbiología y que también lo fueran los responsables directos de las técnicas microbiológicas. En este sentido, la Infectious Diseases Society of America publicó en su día un artículo de toma de posición clara a favor de mantener los laboratorios de microbiología en el seno de los hospitales, y en contra de su centralización y externalización en grandes laboratorios<sup>4,9</sup>.

Es cierto que las predicciones de futuro son hacia la creación de grandes laboratorios donde trabajen ingenieros y técnicos con un amplio espectro de conocimientos, aunque superficial, de las diferentes especialidades de laboratorio, lo que repercutirá claramente en una microbiología de bajo nivel. Puede que estos centros consigan reducir el coste económico de los laboratorios, pero conducirán a un incremento de los costes en el manejo clínico del paciente, del consumo de antimicrobianos, y en una total incapacidad para reconocer y responder a la aparición de microorganismos multirresistentes, emergentes y reemergentes en la comunidad. La integración de los laboratorios de microbiología debe ser un proceso evolutivo como consecuencia de la tecnología y la automatización, en el que los microbiólogos tenemos la obligación de participar activa y creativamente para evitar que vaya en detrimento de la calidad de la especialidad y de la formación de los nuevos especialistas. El proceso del diagnóstico microbiológico y su interpretación es muy diferente al existente en los LC. Reconocer las diferencias en lugar de ignorarlas es importante para el éxito de este proceso.

En un futuro no muy lejano, los procesos automatizados determinarán, en el mejor de los casos, la presencia de unos pocos microbiólogos para la interpretación de resultados. Más allá del diagnóstico clínico de rutina, debemos centrarnos en aspectos de importancia creciente como el enfermo complejo, los nuevos patógenos, los patógenos importados, el desarrollo de nuevas técnicas y de marcadores pronósticos y de eficacia terapéutica, la mejor comprensión de la patogenia, la resistencia a los antimicrobianos, la vigilancia microbiológica y la epidemiología molecular. Y, finalmente, no olvidemos que el éxito o el fracaso de la microbiología clínica dependerán, en gran manera, de nuestra capacidad de liderazgo.

## Conflicto de intereses

El autor declara no tener ningún conflicto de intereses.

## Bibliografía

1. Baron EJ. Speculations on the microbiology laboratory of the future. *Clin Infect Dis.* 2002;35 Suppl 1:S84-7.
2. Robinson A, Marcon M, Mortensen JE, McCarter I, Larocco M, Peterson LR, et al. Controversies affecting the future practice of clinical microbiology. *J Clin Microbiol.* 1999;37:883-9.
3. Isenberg HD. Clinical microbiology: past, present and future. *J Clin Microbiol.* 2003;41:917-8.
4. 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;33:605-11.
5. Prieto S, García A. Medida de la actividad de un laboratorio. *Todo Hospital.* 1990;68:23-7.
6. Brezmes MF, Ochoa C, Eiros JM. Gestión y sistemas de información aplicables al laboratorio de microbiología clínica. *Enferm Infecc Microbiol Clin.* 1999;17:231-41.
7. Ventura-Traveset A. Informatización de los laboratorios de microbiología clínica, soluciones y perspectivas. *Enferm Infecc Microbiol Clin.* 1994;12:179-81.
8. Ryan KJ. Computer system in clinical microbiology. *Clin Lab Med.* 1983;3:101-10.
9. Alexandria V. Policy statement on consolidation of clinical microbiology laboratories. *Clin Infect Dis.* 2001;32:604.
10. Peddecord WE, Baron EJ, Francis D, Drew JA. Quality perceptions of microbiology services: a survey of infectious diseases specialists. *Am J Clin Pathol.* 1996;105:58-64.
11. Church DL, Don-Joe C, Unger B. Effects of restructuring on the performance of microbiology laboratories in Alberta. *Arch Pathol Lab Med.* 2000;124:357-61.
12. Lunz ME, Castlebury BM, James K, Sthal J. The impact of quality laboratory staff on the accuracy of laboratory results. *JAMA.* 1987;258:361-3.
13. García-Irure JJ, Sanchiz JR, Valcayo A, Astier P. Programa de mejora de un servicio de microbiología: de la automatización hacia la consultoría clínica. *Enferm Infecc Microbiol Clin.* 2002;20:326-31.
14. Baron EJ, Francis DP, Peddecord KM. What do infectious diseases physicians want from their microbiology laboratories? *J Clin Microbiol.* 1996;34:496-500.