

COMUNICACIONES

Un significado global para el científico biomédico o bioanalista

STEPHEN J DONOVAN, PABLO DJABAYAN, VALDA BUNKER.*

*School of Pharmacy & Biomedical Sciences, University of Portsmouth, White Swan Road, Portsmouth, PO1 2DT, UK. *Escuela de Bioanálisis, Facultad de Farmacia, Universidad de Los Andes.*

RESUMEN

El rol tradicional del Científico Biomédico o del Bioanalista en el estudio de las patologías ha tomado una definición más amplia, esta es generada, al menos en parte, por una demarcación entre las profesiones no muy clara entre: Los Científicos Biomédicos o Bioanalistas, los Científicos Clínicos o Médicos y los Oficiales Médicos e Investigadores Académicos o Universitarios. Resulta apropiado examinar nuevamente estas definiciones con la finalidad de apreciar completamente el rol fundamental jugado por el Científico Biomédico o Bioanalista en el tratamiento de la enfermedad y en el avance del conocimiento científico. El rol del Científico Biomédico o Bioanalista, el cual está en expansión, en el estudio de la patología, particularmente en Europa, ha continuado aumentando la contribución de este importante grupo profesional, como proveedores de los servicios esenciales en patología y como directores en la investigación de nuevas y más eficientes técnicas para el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades humanas. Sin embargo, es también importante reconocer que dentro de la nueva definición del Científico Biomédico o Bioanalista hay que incluir la contribución significativa que estos profesionales han hecho en el campo de la investigación académica pura. Ciertamente, la vertiginosa carrera para secuenciar y finalmente interpretar el genoma humano esta conduciendo la demanda de investigadores en ciertas áreas clave de las ciencias de la vida y aquí yace al menos uno de los nichos importantes para el Científico Biomédico o Bioanalista. Es importante explorar también el rol del Científico Biomédico o Bioanalista en áreas de la Farmacia, Farmacología, Biología Molecular y Biofísica y más recientemente en el área de la Bioinformática y de la Información Tecnológica, cuyos temas todos apuntan hacia la Ciencia de la Salud en el sentido más amplio. La diversidad en la experticia requerida por el Científico Biomédico o Bioanalista junto a los cambios

en el manejo de los servicios de patología, esto particularmente en el Reino Unido, ha demandado que los educadores re-evalúen tanto el contenido como el modo de impartir sus programas de estudios para poder alcanzar las expectativas de los futuros graduandos y que estos profesionales sean apropiados para los requerimientos que hace la comunidad científica. No hay duda de que la enseñanza de la Ciencia Biomédica o del Bioanálisis siempre ha logrado satisfacer las demandas de un ambiente profesional cambiante. Sin embargo, existe la necesidad de explorar aún más las innovaciones a través de la introducción de cursos de post-gradado multidisciplinarios y grados más elevados para el avance de una carrera, a la cual se le ha estado dando mayor flexibilidad debido a las demandas siempre cambiantes de los servicios de patología y por la expansión meteórica del campo de las Ciencias Biomédicas o del Bioanálisis como un todo.

ABSTRACT

As the traditional role of the Biomedical Scientist within pathology has taken on a broader definition brought about, at least in part, by the blurring of professional demarcations amongst Biomedical Scientists, Clinical Scientists, Medical Officers and Research Academics, it is perhaps appropriate to re-examine these definitions in order to fully appreciate the fundamental role played by the Biomedical Scientist in the treatment of disease and the advancement scientific understanding. Moreover, the expanding role of the Biomedical Scientist, even within pathology and particularly in Europe, has continued to augment the contribution of this important professional group both as providers of essential pathology services and as directors of research into novel and more efficient techniques for the diagnosis and treatment of human disease. However, it is also important to recognise that within our new definition of 'The Biomedical Scientist' we that must acknowledge the significant contribution

these individuals have made in the field of pure academic research. Indeed, the race to sequence and ultimately interpret the human genome is driving the demand for researchers in certain key areas of the life sciences and herein lies at least one important niche for the Biomedical Scientist. Perhaps too, we should explore the role of the Biomedical Scientist in the areas of Pharmacy, Pharmacology, Molecular Biology, Biophysics and more recently in the area of Bioinformatics and Information Technology all of which subjects impinge upon the Health Sciences in the wider sense. The diversity of expertise required of the Biomedical Scientist together with changes in the management of the pathology services, particularly in the UK, have demanded that educators re-evaluate both the content and mode of delivery of their programmes of study such that they match the expectations of future graduates and are appropriate to the requirements of the scientific community at large. There can be little doubt that the teaching of Biomedical Science has always endeavoured to match the demands of a changing environment. However, perhaps we now have an opportunity to explore yet more innovation through the introduction of multidisciplinary postgraduate courses and higher degrees for the furtherment of a career which has been given greater flexibility by the ever changing demands of pathology services and the meteoric expansion of the field of Biomedical Science as a whole.

INTRODUCCIÓN

Desde su temprano inicio, basado casi accidentalmente en la investigación de las ciencias anatómicas puras y en el análisis cuantitativo, las Ciencias Biomédicas o el Bioanálisis han estado en constante evolución y desarrollo y han abarcado un impresionante espectro de disciplinas. Más aún, la naturaleza internacional de las Ciencias Biomédicas o el Bioanálisis con o sin el laboratorio clínico, significa que el Científico Biomédico o Bioanalista esta confrontado con una diversidad de roles y responsabilidades las cuales han nacido de las múltiples divisiones en los pre-requisitos profesionales, no solo en los requerimientos educacionales sino también en: el entrenamiento, desarrollo profesional y la legislación. En la década pasada, al menos en el Reino Unido, varias iniciativas del gobierno han sido establecidas en el sentido de considerar el “futuro de la patología”. De manera importante, mientras estos procesos han provisto una oportunidad para que la patología y las Ciencias Biomédicas o el Bioanálisis definan claramente su

propio desarrollo, mucha de la negociación ha sido perturbada por el proteccionismo profesional y quizás, más significativamente, por una tendencia al conservacionismo. Sin embargo, mientras estas discusiones no han definido todavía claramente un sendero futuro para la Ciencia Biomédica o el Bioanálisis, el proceso de la negociación ha comenzado al menos para establecer una imagen más coherente de la práctica actual, la cual describe en detalle el rol funcional del Científico Biomédico o del Bioanalista dentro del ambiente de los Servicios de la Salud.

Sobre este marco, particularmente a la luz de que la práctica pasada frecuentemente dicta desarrollos futuros, es apropiado examinar los orígenes a partir de los cuales la disciplina de la Ciencia Biomédica o del Bioanálisis ha evolucionado. Las manifestaciones más tempranas de la Ciencia Biomédica o del Bioanálisis pueden ser consideradas como carentes de la demarcación y el límite inter-profesional y de la práctica tradicional, los cuales son evidentes en la percepción actual de la Ciencia Biomédica o del Bioanálisis y que obstaculizan el camino de futuros desarrollos de esta ciencia del área de la salud. De manera importante, muchos de los pioneros de la Ciencia Biomédica o del Bioanálisis no fueron Científicos Biomédicos o Bioanalistas en el sentido moderno de la acepción y más aún los descubrimientos clave y las innovaciones de estos individuos, quienes ahora se levantan en la historia como monumentos de la ciencia, dieron vida al embrión el cual fue a convertirse en la Ciencia Biomédica o el Bioanálisis moderno. El estudio de la historia y del presente de las Ciencias Biomédicas o del Bioanálisis, a nivel global, nos permitirá visualizar las perspectivas e incidencia que a futuro tendrá esta hermosa ciencia en el ámbito del área de la salud, de la academia, de la gerencia y de la investigación.

La Ciencia Biomédica o el Bioanálisis: Una perspectiva histórica

El concepto de ciencia moderna probablemente data del siglo XVII, mientras que la ciencia médica moderna no emergió sino hasta la mitad del siglo XIX con el desarrollo del hospital moderno de enseñanza¹. No obstante, el ímpetu con el cual entró el desarrollo de la Ciencia Biomédica o Bioanálisis solo hubo emergido para la mitad de los años 1600. Entre los años 1667 y 1670, Antoni van Leeuwenhoek, un oficial ciudadano menor, sin educación científica formal, procedente del poblado holandés de Delft estableció el marco en el cual está basada la hematología moderna, a través de su trabajo en el desarrollo del microscopio y a través de su estudio de los corpúsculos rojos en orejas de conejo, descritos por primera vez por Marcello Marpighi in 1668².

Hacia la mitad de los años 1850, Louis Pasteur, químico y biólogo, estaba librando una guerra personal y científica contra las anticuadas teorías de la “generación espontánea” y comenzó a formular su Teoría de la Enfermedad causada por Gérmenes, a pesar de una significativa y pugnaz oposición por parte de la fraternidad médica³. Por el año de 1875 muchos médicos reconocieron que algunas enfermedades estaban acompañadas de microorganismos específicos, pero la opinión del cuerpo médico no deseaba aceptar que enfermedades importantes, incluyendo el cólera, la difteria, la fiebre escarlatina, la fiebre puerperal, la sífilis y la viruela pudieran ser causadas por estos agentes. Sin embargo, como una consecuencia de estas observaciones, la medicina antiséptica y la cirugía se convirtieron en la regla y Pasteur vino a ser conocido como el “padre” de la microbiología⁴.

En 1890 Robert Koch contrató a Ehrlich como uno de sus asistentes en el Instituto para las Enfermedades Infecciosas, ubicado en Berlín, en donde él comenzó entonces una serie de estudios inmunológicos profundamente importantes, los cuales lo guiaron a ser el director del Instituto para el Control de la Terapéutica Sérica nueve años más tarde. Su trabajo pionero en inmunización y la formulación de su famosa teoría de la cadena lateral de la inmunidad ha ganado para Ehrlich el epíteto de “fundador” de la inmunología moderna^{5,6}.

Un contemporáneo de Ehrlich y trabajando en un campo similar, el médico y químico, Karl Landsteiner, mejor conocido por su trabajo en el sistema de agrupamiento sanguíneo ABO (1909) publicó entre 1919-1922 otros doce trabajos más sobre nuevos haptenos, conjugados de proteínas y la especificidad serológica de las hemoglobinas de diferentes especies de animales, los cuales se han convertido en la base de la nueva ciencia de la inmuno-hematología. Hacia el final de su vida, Landsteiner continuó investigando los grupos sanguíneos y la química de los antígenos, anticuerpos y otros factores inmunológicos que ocurren en la sangre^{7,8}.

El interés médico temprano de Alexander Fleming incluyó la acción antibacteriana de la sangre humana y de los antisépticos. En 1921, él identificó una sustancia bacteriolítica en el suero y tejidos humanos a la cual llamó Lisozima. En 1928, mientras trabajaba con el virus de la influenza, él observó que un moho se desarrolló accidentalmente sobre una placa de cultivo de estafilococos y que el moho había creado un círculo libre de bacterias a su alrededor. Las observaciones casuales de Fleming han abierto desde entonces las puertas para la intervención farmacológica en las

enfermedades humanas, a pesar de que hoy nosotros hemos visto algunos de los peligros de confiar extremadamente en el control químico de la infección bacteriana con la evolución de microorganismos multi-resistentes a las drogas^{9,10}.

Estos gigantes de la ciencia no deben dominar y acaparar nuestra visión sobre el Científico Biomédico o Bioanalista. En 1865, en el Hospital San Tomas de Londres, el Dr. Thudicrum fue contratado Profesor en Patología Química, sin sueldo pero le fue asignada una suma de dinero como un “muchacho de laboratorio”. Por el año de 1876, este mismo hospital estableció un nuevo laboratorio clínico pero esta vez incluyó en los gastos del laboratorio la suma de 25 libras esterlinas como sueldo de para un muchacho de laboratorio. Sin embargo, fue en Escocia en 1877 donde Richard Muir fue a convertirse quizás en el primer Científico Biomédico o Bioanalista registrado o como él fue descrito para entonces “un asistente de laboratorio”, para trabajar en el laboratorio clínico. A la edad de 14 años, él fue ocupado en asistir las clases de patología en la Universidad de Edimburgo. Muir procedió a desarrollar su carrera y le fue finalmente dado el título de “Demostrador Universitario de Métodos Patológicos y Bacteriológicos” y fue electo miembro de la Sociedad de Patología de la Gran Bretaña e Irlanda en 1908. Este fue entonces el establecimiento de la definición moderna del Científico Biomédico o Bioanalista¹.

Hacia una nueva definición del científico biomédico o bioanalista

El bagaje histórico, el cual define la concepción actual de un Científico Biomédico o Bioanalista ha conducido inevitablemente a una descripción más estrecha de esta muy versátil profesión. Ciertamente, la mayoría de los miembros del público en general, quienes están en conocimiento de la Ciencia Biomédica o del Bioanálisis como profesión, probablemente identificarían al Científico Biomédico o al Bioanalista en alguna forma con el ambiente asistencial de salud, el cual interactúa directamente o un peldaño atrás en relación con el enfermo. Ahora bien, probablemente sea apropiado reexaminar esta clasificación tan estrecha, particularmente a la luz de las tendencias modernas en la Ciencia Biomédica o el Bioanálisis y a la luz de los desarrollos dramáticos de los últimos años del pasado milenio y en el trabajo pionero desarrollado en el primer año de este milenio, particularmente en las técnicas moleculares. Sin embargo, en el Reino Unido los argumentos legislativos actualmente versan sobre el uso del término “Científico Biomédico”. Hasta hace muy poco, el término “Oficial Científico del Laboratorio

Médico” ha sido usado para definir al Científico Biomédico en el laboratorio médico. A pesar de ello, esta nomenclatura no ha provisto a la profesión en forma real con el reconocimiento que merece y como consecuencia este término ha sido gradualmente cambiado a “Científico Biomédico” en un proceso guiado por el uso común y la aceptación del término. Más aún, la nueva legislación requerirá que cada una de las profesiones aliadas de la medicina tengan títulos descriptivos los cuales deben ser “protegidos” legalmente. El propósito de esta cláusula es aquel en el que los títulos en uso actual y que son reconocidos por el público no pueden ser legalmente usados por los individuos que no estén registrados por el estado. Así, el término “Científico Biomédico” es aquel que es usado actualmente por la profesión, empleadores, gobierno y público en general para describir a quienes practican la ciencia biomédica en los laboratorios de patología. Sin embargo, la naturaleza de la “Ciencia Biomédica o del Bioanálisis” ha cambiado tan dramáticamente en la década pasada que ahora abarca un espectro más amplio de científicos que aquellos restringidos solo al laboratorio clínico y como consecuencia la terminología por la cual se define a las Ciencias Biomédicas o al Bioanálisis y por ende al Científico Biomédico o Bioanalista deben cambiar también en el sentido de abarcar esta evolución natural.

Tendencia actual en la Ciencia Biomédica o Bioanálisis

Nuestra nueva definición de la Ciencia Biomédica o Bioanálisis y del Científico Biomédico o Bioanalista esta basado en una evaluación racional de las responsabilidades del profesional actual a través de un espectro de ambientes de laboratorio dentro y fuera del laboratorio clínico. Más aún, esta definición es también determinada, en gran parte, por el programa educacional y de entrenamiento a través del cual el Científico Biomédico o Bioanalista se convierte en un profesional “apto para el propósito” un concepto que está convirtiéndose en muy significativo en el Reino Unido y el cual define tanto la profesión como las aspiraciones ideológicas de los profesionales recientemente calificados. Sin embargo, la experiencia en el Reino Unido y en cierto modo la experiencia Europea sugeriría que los estudiantes de la Ciencia Biomédica no tienen un concepto claro de la aspiración de su carrera al inicio de su programa educacional. Así en el Reino Unido, la ruta tradicional de la educación superior hacia el Grado de Honor Bachelor en Ciencias Biomédicas ha asegurado una educación científica amplia pero con énfasis en la “Patología Clínica”. Esto ha llenado los requerimientos legislativos y gremiales

a cumplir por los graduandos para poder proceder al entrenamiento práctico en la Ciencia Biomédica Clínica, y más aún este programa educacional ha permitido a los estudiantes ampliar sus aspiraciones profesionales en áreas alternativas de la Ciencia Biomédica a la luz del cambio en las expectativas de los graduados en la carrera.

Ciertamente, usando a la Universidad de Portsmouth, Reino Unido, como ejemplo de estos cambios en la dirección de la carrera de los graduandos, pareciera que en los últimos 6 ó 7 años la salida dominante para los graduados en la carrera de esta Universidad esta representada por la Ciencia Biomédica en un Laboratorio Clínico. Otras direcciones para la carrera incluyen: Docencia, estudios de post-gradado, ventas y con un incremento importante la investigación académica pura. De manera muy importante, hay evidencia fuerte que sugiere que esta tendencia no esta limitada simplemente a la Universidad de Portsmouth, sino que es una tendencia nacional y es reflejada a lo largo de Europa y Norte América. En forma importante, mientras el destino primario de los graduandos en la carrera de Ciencia Biomédica en el Reino Unido es la Patología Clínica (aproximadamente 35% de los estudiantes), la elección primaria de la suma de los restantes estudiantes (aproximadamente 65% de los estudiantes de Ciencia Biomédica) es hacia otro destino. Estos datos sugieren fuertemente que los educadores deben estar más conscientes de los requerimientos educativos de todos los estudiantes que cursan la Ciencia Biomédica y no deben limitar simplemente el curriculum a la Patología Clínica.

A pesar de ello, el programa educativo actual de la mayoría de las Universidades provee a los estudiantes con una base educativa fuerte en las Disciplinas Clínicas principales y a lo largo y ancho del globo, estos programas educativos son sancionados y/o acreditados tanto en su rigor académico como en lo relativo a la legislación. En la mayoría, estos programas incluyen una base fuerte en: Ciencias Básicas, Fisiología, Bioquímica Clínica, Hematología y Ciencia de la Tranfusión Sanguínea, Microbiología Clínica, Histopatología, Citopatología e Inmunología. Sin embargo, hay una demanda incrementada para incluir en estos curricula, un poco al menos de: Farmacología, Farmacia, Biología Molecular y Diagnostico Molecular, un área que ha crecido en significancia con el desarrollo del “Proyecto Genoma Humano”, así mismo en el campo de la Bioinformática, Información Tecnológica, Estudios Ambientales y en el Servicio Veterinario. Realmente, la demanda de Científicos Biomédicos o Bioanalistas en estos campos varios ha crecido a tales

niveles que existe el peligro de que el programa educativo del cual estos estudiantes son objeto cubra cada asignatura en igual profundidad y por lo tanto convertirse en muy exigente para estudiar en una escala de tiempo apropiada o ser diluido hasta el punto de la superficialidad. Esta consideración esta siendo recientemente abordada, tanto por el Gobierno como por el Instituto de Ciencias Biomédicas (cuerpo colegiado que representa a los Científicos Biomédicos en el Reino Unido) en la forma de una nueva legislación en lo concerniente al contenido de los cursos para la acreditación del grado de Ciencia Biomédica. Este foro también tocó otros aspectos tales como una directriz del gobierno de reclutar del exterior Científicos Biomédicos o Bioanalistas calificados con la finalidad de cubrir la demanda existente en los laboratorios clínicos, así mismo la obligatoriedad del “desarrollo profesional continuo” y la “evaluación de la competencia”.

El Científico Biomédico o Bioanalista y la Investigación

El campo de la investigación académica pura está haciéndose, de manera incrementada, un área importante del desarrollo de la carrera para los graduados en Ciencias Biomédicas o en Bioanálisis. La contribución del Científico Biomédico o Bioanalista moderno para el avance de la ciencia puede ser considerada igualmente grande o quizás mucho más importante que la contribución a la investigación médica y biomédica hecha por aquellos pioneros citados previamente en la reseña histórica. Esta área de la Ciencia Biomédica o del Bioanálisis podría generalmente caer fuera del dominio establecido del Científico Biomédico o del Bioanalista en un laboratorio clínico, particularmente en el ambiente actual de la centralización de los recursos de los laboratorios y el incremento de la cantidad de trabajo. Como una consecuencia el Científico Biomédico o Bioanalista abrazando y estimulando el campo de la investigación solo puede incrementar la presencia profesional de este importante grupo de profesionales y asegurar que ellos actúen como potenciales contribuidores para el avance en el entendimiento nuevo del bioanálisis y últimamente en el campo de la medicina. Esto entonces, debe representar una de las más importantes direcciones para la Ciencia Biomédica o Bioanálisis y para el Científico Biomédico o Bioanalista en el nuevo milenio. Así el Científico Biomédico o Bioanalista debería ser entusiasmado para involucrarse en el campo de la investigación y desarrollo a todos los niveles profesionales y deben lograr eliminar el epíteto de “Asistente Medico de Laboratorio” el cual fue utilizado por primera vez en 1865.

Estos objetivos, por lo menos en el Reino Unido y en ciertas áreas de Europa, tienen gran probabilidad de ser alcanzados expeditamente por la atmósfera actual de reestructuración y reasignación de los roles entre los profesionales clínicos. Parece haber también una tendencia elevada hacia la calificación médica para los Científicos Biomédicos en el laboratorio clínico en ciertas áreas de Europa. Mas aún, la nueva legislación en el Reino Unido puede también dar soporte a esta tendencia y reforzar la importancia del Científico Biomédico en el laboratorio clínico. Sin embargo, hay también una tendencia hacia la descentralización de los servicios de laboratorio lo cual, de hecho, deberá diluir los recursos humanos en el laboratorio clínico donde el recurso financiero podrá ser el factor limitante para que los Científicos Biomédicos obtengan el reconocimiento apropiado para su talento.

Ciencias Biomédicas o Bioanálisis: El Futuro

Cualquiera sea el rol actual para el Científico Biomédico o Bioanalista en el laboratorio clínico, hay una demanda que presiona para el desarrollo de los servicios en nuevas y excitantes disciplinas. El impacto del “Proyecto Genoma Humano” ha resultado en una demanda de Científicos calificados en el campo de la Genética Molecular. Esto ha sido acompañado también por un crecimiento en la demanda de Citogenetistas Clínicos y “Biólogos Moleculares” *per se*. Aún más, la demanda incrementada por la accesibilidad al “Punto de Cuidado Patológico” ha añadido una dimensión extra al rol del Científico Biomédico o Bioanalista, dado que esto los coloca fuera del laboratorio clínico y de vuelta en contacto con el paciente en colaboración con sus camaradas Médicos Calificados. Ciertamente, excluyendo la instalación de los analizadores bioquímicos en muchas unidades de cuidados intensivos en el Reino Unido, los recientes avances en el Bioanálisis, particularmente en el campo del análisis peptídico hormonal y en la medición de la hormona paratiroidea en particular, ha resultado en una colaboración estrecha entre el Cirujano y el Científico Biomédico en contacto estrecho con el paciente en el quirófano. Quizás esto signifique un retorno, para el Científico Biomédico o Bioanalista, a los ideales de los predecesores de nuestro distinguido pasado.

En el Reino Unido, el nuevo Plan Estratégico del Servicio de Salud, requiere que el Científico Biomédico esté en el corazón de la actividad para disminuir las muertes por cáncer en un 20% en el termino de diez años. Esto incluirá el desarrollo de nuevos centros especializados y el mejoramiento de las pesquisas de cáncer de cuello uterino y la extensión de estos programas de pesquisas de cáncer colorectal, de

próstata y otros órganos. Se estima que este programa requerirá un incremento de 40% en el personal calificado y la adición de más de 500 unidades de cuidado y los centros especializados requerirán un incremento en los servicios y pruebas hospitalarias al momento de la cirugía para evitar la necesidad de pernoctar en camas de hospitales que representan altos costos. El plan para acceso rápido a los servicios podría transformar el ambiente de trabajo para muchos Científicos Biomédicos, una vez que ellos aplicarán sus habilidades en la comunidad más que en el escenario hospitalario. Estos planes para el futuro indican, en cuanto la Ciencia Biomédica estará al frente real de la modernización del Servicio de Salud en el Reino Unido. Sin embargo, esto requiere un análisis más cuidadoso de las demandas educacionales, las cuales serán adoptadas y dirigidas hacia el Científico Biomédico producto de estos muy recientes desarrollos que requieren que se asegure que nuestros Científicos Biomédicos graduados y postgraduados estén adecuadamente formados para satisfacer sus propias necesidades educacionales, y las necesidades de la comunidad científica en general, con el fin de mantener un crecimiento y desarrollo independiente.

Quizás, dentro de los límites de la legislación actual y futura, las instituciones académicas deberán ser flexibles y dar respuesta a las necesidades de todos los estudiantes de Ciencias Biomédicas. Más aún, mientras los programas actuales de pregrado y postgrado ofrecen una educación confeccionada a la medida de las necesidades de muchos de estos estudiantes, las Universidades, los Gobiernos y las Instituciones Profesionales deberían siempre lograr satisfacer las necesidades de un mercado cambiante y prever los cambios necesitados por los Científicos Biomédicos o Bioanalistas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Farr, A. D. (1982). **Learn, that you may improve: The history of the Institute of Medical Laboratory Sciences.** Tonbridge: Whitfriars Press Ltd. p.1-4.

Fournier, M. (1996). **The fabric of life: Microscopy and the seventeenth century.** Baltimore: John Hopkins University Press.

Henry, F. G. (1999). **Anti-Darwinism in France: Science and the myth of a nation. Nineteenth-Century French Studies.** 27:290-304.

Gieson GL. (1995). **The private science of Louis Pasteur.** Princeton; Princeton University Press.

Silverstein, A. M. (1998). **On the naming of Rickettsiae after Paul Ehrlich.** *Bulletin of the History of Medicine.* 72:731-3.

Crist, E. and Tauber, A. I. (1997). **Debating humoral immunology and epistemology: the rivalry of the immunochemists Jules Bordet and Paul Ehrlich.** *Journal of the History of Biology.* 30:321-56.

Silverstein, A. M. (1994). **The heuristic value of experimental systems: The case of immune hemolysis.** *Journal of the History of Biology.* 27:437-47.

Schneider, W. H. (1983). **Chance and social setting in the application of the discovery of blood groups.** *Bulletin of the History of Medicine.* 57:545-62.

Bud, R. (1998). **Penicillin and the new Elizabethans.** *British Journal for the History of Science.* 31:305-33.

Wainright, M. (1993). **The mystery of the plate: Flerming's discovery and early contribution to the discovery of penicillin.** *Journal of Medical Biography.* 1:59-65.