

# SEBBM

Publicación  
trimestral.  
Número 130  
Diciembre de 2000

# SEBBM



- ▶ La transición de genes y proteínas a genomas y proteomas
- ▶ La construcción social de la ciencia y la tecnología
- ▶ J.C. Izpisúa Belmonte: “La biología ha dejado de ser una ciencia de cocina”

- 3 Editorial
- 4 Tribunas de opinión  
Los parientes pobres
- 6 Dossier científico  
Bioinformática en la transición de genes y proteínas a genomas y proteomas
- 10 Política científica  
Los retrasos en los proyectos de investigación  
La construcción social de la ciencia y la tecnología
- 17 Entrevista  
J.C. Izpisúa Belmonte:  
"La biología ha dejado de ser una ciencia de cocina"
- 20 Sociedad  
Reseña de libros  
Referencias  
Cartas al director  
Humor

## Vuelve la esperanza

Hubo una época en que los científicos españoles teníamos la sensación de que la distancia que nos separaba de los países más avanzados se iba reduciendo día a día. Eran tiempos de ilusión en los que acariciábamos la idea de que en unos cuantos años lograríamos incorporarnos al pelotón de cabeza. Desgraciadamente, a principios de los 90 la inversión en investigación y desarrollo sufrió un brutal frenazo. Los responsables de la ciencia española en la última década han mostrado una enorme dejadez y la consecuencia ha sido que nos hemos alejado de nuevo de los países punteros. Los científicos nos hemos visto afectados de una profunda sensación de desánimo y la exasperación crónica ha sido la nota dominante.

Sin embargo, informes muy recientes procedentes de investigadores españoles que se han entrevistado con los más altos cargos del ministerio de Ciencia y Tecnología hacen pensar que el nuevo equipo ha comprendido la situación y está dispuesto a actuar con decisión para poner rumbo al futuro. Eso es aún posible. Tenemos los medios humanos. Nuestros post-docs están entre los mejores del mundo. Hay numerosos jóvenes tanto en España como en el extranjero que están ansiosos de que se les dé la oportunidad de demostrar lo que valen. Sólo hace falta que desde arriba se cree el ambiente adecuado para poder despegar. Si esto es así, los científicos podremos sacudirnos la crispación que hemos ido acumulando durante estos últimos años y de la mano del optimismo volver a recuperar la esperanza.

Pero ahora no valen las medias tintas. Es necesario actuar con decisión y poniendo todos los medios que sean necesarios. El sistema no podrá soportar muchos más años de incuria. Ojalá esta vez no nos vuelvan a fallar. ■

**Joan J. Guinovart**

Coordinación editorial: **Xavier Pujol Gebellí**

Maquetación: **Joaquín Lecina**

Secretaría de redacción: **Amparo Latorre**

Documentación: **Fina Villanueva**

Suscripciones: **Luzma Morata**

y **Juan M. Fernández**

SEBBM es una publicación editada por la

**Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular.**

Vitruvio, 8 • 28006 Madrid

Tel. 91 561 33 81 • Fax: 91 561 32 99

E-mail: [bmsgr04@fresno.csic.es](mailto:bmsgr04@fresno.csic.es)

<http://www.bq.ub.es/sebbm/>

Producción: **Ediciones E.J.S.A.**

Director Gerente: **Andrés Pontón**

Directora de publicaciones: **Mayte Quílez**

Director de arte: **Miquel Aparici**

Av. Diagonal, 468, 5º A y C 08006 Barcelona

Tel. 93 292 22 17 • Fax 93 237 63 23

Departamento de Publicidad:

Director comercial: **Maciej Zielaskiewicz**

Coordinadora publicidad: **Sandra Domènech**

Barcelona: **Silvia Díaz**: 93 292 22 17

Madrid: **Mercedes Entrena**: 91 563 82 00

Fotomecánica: **Digital Screen.**

Numancia, 75, 5º D

Imprime: **Novoprint, S.A. c/ de la Técnica, s/n.**

Ctra. N II, km 593

Sant Andreu de la Barca (Barcelona)

Depósito Legal: B-2470-99

El contenido de los artículos no refleja necesariamente la opinión de la SEBBM. Se autoriza su reproducción citando la procedencia. Se recuerda que el nombre de la SEBBM no debe ser utilizado por ningún miembro de la Sociedad para pedir ayudas para la organización de cursos, congresos o cualquier otro tipo de convocatoria sin autorización de la Junta Directiva. SEBBM es una publicación periódica de la Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular.

## Los parientes pobres

**T**odo aquel que se haya acercado, aunque sea de refilón, al sistema español de Ciencia, Tecnología e Innovación habrá visto como, por norma general, éste ha sido tratado como esos parientes pobres de la literatura de finales del siglo pasado a los que había que sentar a la mesa por Navidad y a los que se daban las ropas usadas para que las aprovecharan un poco antes de que llegaran a un estado en el que sólo el traperero podría aceptarlas.

En el país siempre se han contemplado otras prioridades, sin duda justas, y la Educación ha acaparado el interés político y la atención presupuestaria en todas las situaciones, tanto de bonanza como de penuria. Salvo el breve periodo entre 1987 y 1991 en que se dio un interés específico por parte de los poderes públicos en la potenciación de la investigación científica y el desarrollo tecnológico (y que produjo una respuesta espectacular), el sistema público de I+D ha vivido una situación de abandono y falta de apoyo que ha conseguido que, a pesar de las rimbombantes declaraciones habituales sobre el lugar que ocupa nuestra ciencia, por nuestra producción y otro largo etcétera de aspectos, nuestro sistema sea débil e inestable.

**El nuevo Ministerio de Ciencia y Tecnología separa los investigadores de hospitales públicos y universidades de sus compañeros en organismos públicos de investigación**

En primer lugar, no existe en realidad un "Sistema Español de Ciencia y Tecnología". En este sentido, una reciente reunión en Madrid para la presentación de resultados del proyecto CONVERSE de la Unión Europea que ha analizado los sistemas de investigación de diferentes países de la UE, ha puesto de manifiesto que utilizando los criterios objetivos de definición de un sistema de ciencia y tecnología, éstos no se cumplen en el caso español. Es decir, no tenemos ni objetivos estratégicos nacionales que permitan favorecer los intereses de nuestro país en el ámbito económico, político, social o militar, ni una definición de los medios disponibles para llevarlos a cabo, ni de los plazos en los que se podrían obtener total o parcialmente los objetivos marcados.

En estas circunstancias los investigadores han recurrido, aprovechando la falta de directrices de política científica, a agruparse en grupos de presión (o "tribus" en el argot local) para hacerse con la mayor parte del menguado pastel presupuestario. Una mirada a la distribución de las plazas de nuevo ingreso en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas entre los años 1992 y 1997 y a los institutos de origen de las personas que se encontraban en los puestos directivos y de decisión durante ese periodo es muy ilustrativa, aunque no es el único caso.

Además, ha existido una disminución real de los medios disponibles para llevar a cabo la investigación científica. Así, la financiación media por proyecto, según los datos de la antigua Oficina de Ciencia y Tecnología, es inferior, en pesetas reales, a la que se daba en 1990. El resultado de todas

estas circunstancias ha sido una caída en picado de la credibilidad del sistema de distribución de los medios existentes para llevar a cabo la investigación en España que estaba basado en una evaluación respetada por todos y que hacía bueno el binomio calidad igual a financiación. En conjunto, la estrategia de supervivencia llevada a cabo por los grupos de investigación de calidad se ha basado en el principio del "sálvese quien pueda".

Como consecuencia lógica de estas circunstancias, nuestra capacidad de influencia en las decisiones sobre nuevas líneas estratégicas en ciencia y tecnología a financiar por la Unión Europea, costeada también por nuestros fondos nacionales, es prácticamente episódica y pagaremos las consecuencias en los próximos años cuando nuestros grupos de trabajo tengan que competir en temas en los que se encuentren retrasados con respecto a otros colegas de la UE que sí han intervenido en la definición de los nuevos objetivos científicos de los programas marco.

Vemos pues que cuando se habla del "Sistema Español de Ciencia y Tecnología" se están expresando, en la mayoría de los casos, buenos deseos, en lugar de una realidad tangible. En tal situación, existía la posibilidad de crear un ministerio que intentara poner freno a esta situación o bien producir una reorganización del sistema sin crear este nuevo ente. Ha ganado la opción de crear una estructura ministerial.

Por lo tanto, en estos momentos nos encontramos con una situación administrativa diferente que puede conducir a una reforma de calado en el sistema de I+D o quedarse en nada.

## **España carece de un sistema de ciencia y tecnología al no existir objetivos estratégicos ni una definición de los medios disponibles para llevarlos a cabo**

Los nuevos responsables políticos, parece que conscientes del valor de la investigación científica como base de un sistema económico sólido, han creado un ministerio que debería servir para reorganizar el llamado sistema público de Ciencia, Tecnología e Innovación después de casi una década de abandono y de poder omnímodo de las tribus académico /científicas.

No obstante, siguiendo la tradición, lo han colocado en un ministerio que se tiene que ocupar de una familia rica, las Telecomunicaciones, y de nuevo nos vemos en una estructura en la que podemos ocupar otra vez el papel del pariente pobre. En estos momentos son muchos los investigadores que se preguntan por la plasmación en medidas concretas de las buenas intenciones declaradas. Con esta nueva estructura, casi un cincuenta por ciento de los investigadores españoles productivos, situados en las universidades y los hospitales públicos se han visto separados de sus compañeros de los organismos públicos de investigación y, muy en especial, de los del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (que suponen un 30% de la producción científica total de España) con quienes venían colaborando asiduamente. Por el momento no se vislumbra ningún tipo de organización que fomente realmente las colaboraciones, y que sea capaz de llevar a cabo un plan de coordinación real, a parte del degradado Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico en cuya sede se amontonan los proyectos solicitados y no resueltos, en la mejor tradición de covachuela, al modo de la "Oficina Siniestra" de la fenecida "Codorniz".

Existen problemas básicos que hay que considerar en esta nueva situación si se quieren sentar unas bases sólidas de

desarrollo. Los investigadores no se crean de la nada y vienen obligatoriamente del sistema académico, con el que hay que estar conectado. Estos, solo se consiguen después de años de funcionamiento de un sistema de formación que capte a los alumnos universitarios más cualificados y motivados para un trabajo tremendamente competitivo y especializado que incluye años de formación en laboratorios extranjeros. ¿Cómo van a llegar éstos estudiantes brillantes e interesados en la investigación a los laboratorios del sistema público de I+D? Cualquier planificación de crecimiento del sistema para llegar al mítico 2% del PIB dedicado a la I+D como hacen nuestros vecinos competidores en el mercado, debe pasar por el incremento del personal científico cualificado que nutra nuevos centros de investigación y desarrollo, tanto públicos como privados, con una calidad contrastada.

Si alguien se cree que todo se arreglaría dando mas dinero a los investigadores actuales para que lleven a cabo sus proyectos se equivoca. Hace falta crear nuevos centros que originen un incremento permanente del gasto en I+D. Existe además, un colectivo de investigadores jóvenes formados que deberían integrarse en las instituciones y las empresas sirviendo de base para la creación de los nuevos centros de investigación.

Otro punto importante a considerar es el de los temas prioritarios de trabajo y su financiación. Hasta la fecha, los intentos de separar la investigación científica con aplicación tecnológica del concepto de competitividad académica (basada en el binomio libertad/calidad) han acabado en rotundos fracasos que han necesitado replanteamientos generales de la estructura de fomento de la I+D (el caso alemán de principios de los años ochenta es paradigmático). Las empresas multinacionales más competitivas utilizan la investigación básica como soporte de su capacidad de innovación. En estos momentos, la conocida ecuación: Investigación básica (Investigación Aplicada (Desarrollo Tecnológico ha sufrido una variación sustancial quedando obsoleta. En la ciencia actual se pasa directamente de la investigación básica de calidad y con visión de oportunidad, a la aplicación industrial direc-

ta como sucede en la biotecnología farmacéutica o en la microelectrónica.

La coordinación de un sistema degradado después de unos pocos años de impulso era una necesidad sentida por todos los componentes del sistema español de I+D. No obstante, un error en el planteamiento o en la ejecución puede esterilizar un esfuerzo y una esperanza para todos. El Profesor Guinovart decía en un reciente artículo: "la universidad será investigadora o no será". Nosotros añadimos: la investigación científica estará basada en la investigación académica/básica o no será. Tenemos un sistema demasiado frágil para permitirnos el lujo de no aprovechar al máximo a todos los efectivos posibles.

Esperemos que la gran novedad y oportunidad de negocio que supone el auge de las telecomunicaciones, no impida ver la necesidad de tener un sistema potente y sólido de investigación científica e innovación. Un despegue excesivo de este sector, sin tener en cuenta las necesidades de la investigación básica y la imprescindible conexión entre todos los investigadores, sean del mundo académico, hospitalario o de los centros públicos de investigación, podría llevarnos de nuevo a una situación no querida por nadie y temida por todos. No nos lleven a comer sólo por Navidad. ■

**Nuestra capacidad de influencia en las decisiones sobre nuevas líneas estratégicas en ciencia y tecnología a financiar por la UE es prácticamente episódica**

**Vicente Larraga y Jesús Ávila**  
Profesores de Investigación del  
Consejo Superior de Investigaciones  
Científicas.

# Bioinformática en la transición de genes y proteínas a genomas y proteomas

*La bioinformática se está configurando como una herramienta clave para el futuro de áreas como la biomedicina o la biotecnología. O, lo que es lo mismo, para el desarrollo de la genómica y la proteómica. Su rápida evolución hacen necesarias, según los autores, políticas decididas para la formación de profesionales y la creación de infraestructuras.*

Somos testigos de una transformación radical en la práctica de la investigación en Biología. La responsabilidad de esa transformación recae, sobre todo, en el desarrollo reciente de un conjunto de tecnologías que se articulan alrededor de lo que hemos dado en llamar genómica y proteómica. La automatización y la robotización de la secuenciación de ácidos nucleicos, que permite la obtención de la secuencia completa de los organismos más complejos, constituye, en estos momentos, quizás el ejemplo más espectacular (incluso en el sentido de espectáculo). Pero otras tecnologías, con menos repercusión mediática, están transformando la biología de un modo igualmente substancial. Nos referimos, por ejemplo, al desarrollo de las matrices de DNA ("DNA arrays") que permiten, entre otras cosas, monitorizar simultáneamente la expresión de decenas de miles de genes en condiciones celulares distintas (en particular, en condiciones patológicas); o la creciente sofisticación y precisión que han adquirido las técnicas de geles bidimensionales y la espectroscopía de masas, que permiten identificar el conjunto *real* de proteínas que existen en la célula en un determinado momento (y que no tiene porque ser coextensivo con el conjunto de genes que se expresan); o las técnicas de dos híbridos en levadura que nos permiten detectar la globalidad de las interacciones entre dichas proteínas, la complejidad de cuyas interacciones es la responsable, en último término, de los procesos básicos de la vida; o la automatización y robotización de las técnicas de Rayos X o Resonancia Magnética

Nuclear que han acelerado de forma substancial la velocidad con la que se desvelan las estructuras tridimensionales de las proteínas.

Estas tecnologías tienen en común que nos permiten, por primera vez, obtener información sobre el entramado global de interacciones celulares. Ya no se trata, pues, de obtener la secuencia de un único gen, ni de estudiar su patrón de expresión individual, ni de determinar como ejerce su función a partir del estudio detallado de sus interacciones con otras proteínas, sino de obtener la secuencia completa del genoma, determinar todos sus genes, estudiar simultáneamente su patrón de expresión, elucidar su red de interacciones. El nuevo paradigma no es ya diseccionar la célula en sus componentes individuales para estudiar su funcionamiento aislado, sino estudiar el comportamiento sinérgico de todos sus componentes. La Biología, pues, está pasando de ser una ciencia con un fuerte componente analítico a ser una ciencia cuyo énfasis se desplaza hacia la síntesis: la integración de información global sobre el funcionamiento de la célula a niveles muy distintos para producir conocimiento relevante sobre los procesos de la vida.

## La era genómica... directamente seguida de la post-genómica

El rápido progreso de la automatización de las técnicas de secuenciación hizo posible hace tan solo cinco años la obtención del primer genoma completo de un organismo de vida autónoma, la bacteria *Haemophilus influenzae*, y posteriormente la explosión sin precedentes en el

conocimiento de distintos genomas, incluyendo el primer borrador del genoma humano, los genomas de *D. melanogaster*, *C. elegans*, *S. cerevisiae*, *E. coli* y otros treinta genomas de diversas bacterias y arqueas. Una información que está cambiando la faz de la biología.

Una parte fundamental del proceso de los proyectos genómicos son los métodos computacionales, presentes en todas las etapas desde la propia obtención de los datos de secuencia, pasando por la reconstrucción de genes hasta la predicción de la función de las proteínas a escala genómica.

Cuando aún estamos lejos de poder decir que hemos completado el análisis de los datos genómicos disponibles, la aparición de nuevas técnicas de análisis masivo nos mueven directamente a la era post-genómica, en la que el énfasis pasa del conocimiento de los componentes individuales del sistema (proteínas y genes), a situar como centro del interés las interacciones entre proteínas.

Entre las tecnologías experimentales de alta capacidad de procesamiento que están siendo decisivas en los inicios de la era post-genómica, podemos mencionar tres grandes corrientes: la resolución sistemática de estructuras de proteínas, en lo que se ha denominado genómica estructural, la detección de interacciones entre proteínas mediante técnicas experimentales, que hasta ahora se realiza principalmente mediante la aplicación sistemática de sistemas de doble híbrido en levadura, pero que en el futuro será complementada mediante la resolución

por espectrometría de masas de la composición de complejos moleculares, y finalmente el estudio sistemático de las relaciones entre niveles de expresión de grandes colecciones de genes obtenidas con métodos basados en matrices de expresión (chips de ADN).

La información genómica y proteómica nos ofrecen una nueva perspectiva, donde es clave el concepto de información completa sobre los sistemas, de la que no escapa ninguna de las áreas de la biología incluyendo la bioquímica, biología celular, ecología o filogenia. En Biomedicina la influencia de toda esta nueva información es también indudable. Las posibilidades de mejorar el diagnóstico precoz de enfermedades, el desarrollo de medicinas personalizadas o el diseño de fármacos basado en el conocimiento de los procesos bioquímicos son posibilidades que no han pasado desapercibidas para las compañías farmacéuticas, principales protagonistas del desarrollo económico de la genómica y proteómica y, por supuesto, promotores directos del crecimiento de la bioinformática.

#### La Bioinformática en el núcleo de las nuevas tecnologías

Es obvio que los métodos computacionales son imprescindibles para el tratamiento de toda esta nueva y compleja información. Necesidades obvias son el almacenamiento de la información en bases de datos adecuadas, la integración de sistemas de información distribuida capaces de poner en relación distintos repositorios, como por ejemplo distintas bases de datos, y el desarrollo de sistemas para la selección de información relevante a partir de todos los datos acumulados. En este sentido, merece una mención especial el conjunto de técnicas dedicadas a la extracción de información a partir de textos científicos, que en el futuro deben de convertirse en un componente básico de las nuevas bases de datos.

Mientras que las necesidades de desarrollar toda esta infraestructura técnica son fáciles de comprender, es quizás más frecuente olvidar que fuera del contexto biológico explícito es imposible progresar en la creación e implementación de nuevos sistemas informáticos aplicables a este área, aun más

cuando aspectos científicos básicos permanecen abiertos. Por tanto, la Bioinformática no es solo un problema técnico-informático. Pensamos que, por el contrario, la tremenda complejidad científica y técnica hacen que la Bioinformática sea un nuevo campo científico altamente interdisciplinar, en el que es imprescindible la integración de científicos procedentes de las áreas de Biología (biología molecular, genética, bioquímica, etc...), Física, Matemática e Informática.

#### ¿Cómo afrontar el desarrollo de la Bioinformática?

Enmarcados en el vertiginoso desarrollo de la Bioinformática en la era post-genómica es inevitable preguntarnos en que situación nos encontramos y qué podemos hacer para no desconectarnos de toda esta corriente. La falta de científicos y profesionales capaces de desarrollar el complejo programa científico y técnico al que nos enfrentamos, es un reconocido problema a nivel internacional, para el que instituciones como el NIH o NSF han articulado programas específicos y organizaciones como la sociedad de Bioinformática (International Society for Computational Biology) y han hecho recomendaciones específicas para acelerar la formación en bioinformática y biología computacional, no sólo con la intención de anticipar necesidades futuras, sino para hacer frente a las necesidades acuciantes de la industria farmacéutica y biotecnológica, patentes con solo mirar las ofertas de empleo en revistas como Science o Nature.

En Europa, los distintos esfuerzos están mucho menos estructurados y en la mayor parte de países, el nuestro incluido, sólo se han realizado de momento tímidas propuestas para organizar actividades de formación. Propuestas que luchan con dificultades derivadas tanto de la rigidez de las instituciones como de la falta de profesionales de un nivel científico y docente adecuado para impartir este tipo de enseñanza. En nuestro país, aunque existen algunos grupos de investigación en Bioinformática competitivos a nivel internacional, la situación es, quizás, más grave. La rígida estructura universitaria hace difícil responder con celeridad a las necesidades de formación en nuevas disciplinas científicas que un mundo cambiante genera.

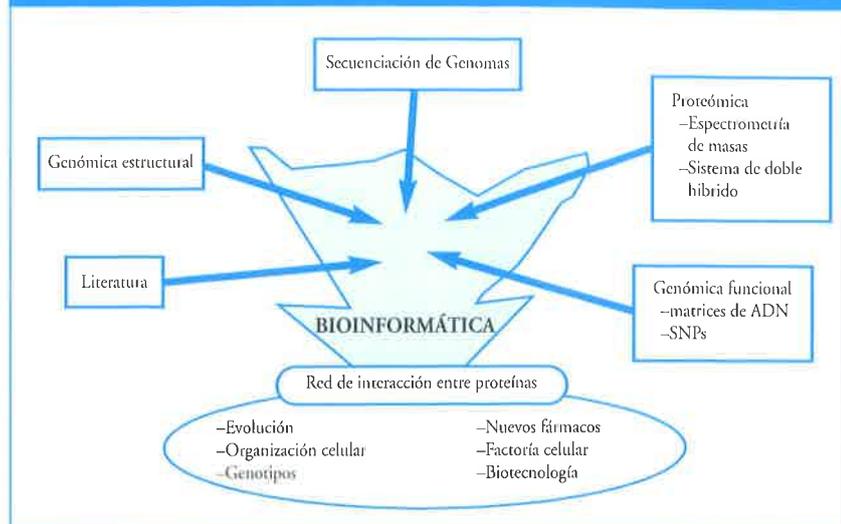
## La Biología es hoy una ciencia de síntesis en la que la integración de información sobre la célula genera conocimiento relevante sobre los procesos de la vida

La necesidad de formación de profesionales tiene dos vertientes distintas, la de usuarios de métodos bioinformáticos y la formación de profesionales en Bioinformática. Respecto a la primera, existe una creciente demanda por parte de los profesionales que trabajan en áreas experimentales para aumentar su formación en el uso de métodos computacionales, que consideran decisivos para el desarrollo de su actividad científica o profesional. Este tipo de formación debería incluir tanto enseñanza en las carreras universitarias como cursos de reciclado. Nos parece paradójico que en muchas facultades se impartan cursos sobre metodologías experimentales que resultarán obsoletas en muy poco tiempo y sin embargo no se incluyan tecnologías en bioinformática que en el futuro serán útiles en cualquier actividad relacionada con biología y biomedicina.

El segundo tipo de formación es el requerido por los nuevos profesionales en Bioinformática, que precisa de un plan más ambicioso. En una primera fase supondría la formación de biólogos, y afines, en informática, matemáticas y física paralelamente a la formación de informáticos, físicos, ingenieros y matemáticos en biología molecular y biomedicina, para confluir a una formación

Es paradójico que se imparta formación experimental que será obsoleta en poco tiempo y no sobre técnicas bioinformáticas que serán básicas en biología y biomedicina

## La bioinformática como pieza clave de la genómica y proteómica



común en los conocimientos propios del área de bioinformática, relacionados con bases de datos en biología, algoritmos en alineamientos, búsquedas en bases de datos, reconstrucción de genes y filogenia, predicción de estructura y función, análisis de datos biológicos como secuencias reguladoras o simulaciones en sistemas moleculares, entre otros muchos. La última fase de este posible programa de formación debería ser la adquisición de experiencia mediante la participación en proyectos que combinen aspectos científicos y técnicos de la Bioinformática. Desde la Red Temática Nacional en Bioinformática estamos en el proceso de diseñar un programa interuniversitario de maestría, que pueda dar respuesta a estas necesidades, y aprovechando la experiencia complementaria existente en los distintos grupos de investigación, pueda ofrecer un programa formativo de calidad.

Para consolidar y potenciar esta disciplina científica sería necesario, además, crear cuanto antes un área de conocimiento específica que incluyera secciones como Biología Computacional, Biomatemática y Biología Teórica. Ello serviría además para atraer jóvenes investigadores en distintos niveles de su etapa formativa. Las consecuencias de la formación en un plazo relativamente corto de una nueva generación de biólogos con una sólida formación computacional y matemática trascendería las fronteras meramente académicas.

### Adecuar las infraestructuras

A la necesidad de profesionales se añade la de recursos informáticos y estructuras cada vez más complejas. Algunos datos pueden ser indicativos de como el desarrollo de las técnicas de la genómica y la proteómica están produciendo un crecimiento que tiene difícil parangón en otros ámbitos de la ciencia. En estos momentos, la capacidad de almacenamiento en disco en Celera y en el Sanger Center, como mayores centros de secuenciación genómica, se sitúa alrededor de los 100 TeraBytes. Cada experimento con arrays de expresión genera unos 60Mb de información; y centenares o miles de estos experimentos están siendo llevados a cabo en estos momentos en todo el mundo. El crecimiento de las bases de datos de secuencias genómicas es igualmente espectacular. A la velocidad de crecimiento actual, su volumen se cuadruplica en un año. Parece ser que pocas actividades humanas crecen a un ritmo tan elevado de manera sostenida, de hecho el volumen de información que genera la investigación en biología crece a un ritmo muy superior al que crece la potencia de los ordenadores necesarios para analizarla, lo que dibuja un escenario muy problemático para el futuro inmediato. Crear, organizar y mantener las infraestructuras necesarias requiere un ambiente científico favorable y una decisión política positiva. Y ello no puede hacerse sin un esfuerzo administrativo considerable.

En nuestra opinión estas estructuras deben desarrollarse de un modo flexible y adaptado a una realidad en la que hay pocos recursos humanos disponibles, una variada distribución geográfica y un escaso desarrollo de la industria biotecnológica. En esta situación parece que la única solución operativa sería la creación de centros distribuidos (institutos virtuales), a ejemplo de las exitosas propuestas seguidas por otros países. Tómese como ejemplo el caso del SIB (Swiss Institute for Bioinformatics).

Un aspecto fundamental en la creación de infraestructuras para la Bioinformática es la canalización del obvio potencial comercial de esta área, una vertiente que está decisivamente presente en otros países, de modo que es un factor crítico para su desarrollo. Las circunstancias indican que es posible que este componente comercial, que podría materializarse en la creación de compañías de spin-off asociadas a los posibles centros distribuidos, podría desarrollarse a los mismos niveles que otros sectores no tan alejados como telecomunicaciones e informática. Creemos que solo un salto cualitativo en el desarrollo de la Bioinformática nos puede poner en una situación competitiva en el complejo panorama de la genómica y proteómica del futuro.

Finalmente, quisiéramos mencionar el importante papel que pueden desempeñar las sociedades científicas y profesionales ya existentes en la creación de toda la estructura científica y profesional necesaria para situar a nuestro país en condiciones de participar en esta nueva era post-genómica. En particular la positiva actitud de la Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular hacen pensar que ésta podría ser uno de los actores principales en la promoción de una actividad que está directamente relacionada con los intereses de sus socios. ■

### Roderic Guigó

Instituto Municipal de Investigación Médica (IMIM)-Universidad Pompeu Fabra. Barcelona.

### Alfonso Valencia

Centro Nacional de Biotecnología (CNB). Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid.

## Áreas de aplicación Bioinformática en la era post-genómica

### *La secuencia de las proteínas*

Uno de los aspectos más sorprendentes de las etapas finales de la obtención del primer borrador de la secuencia del genoma humano es la confusión existente sobre el número de genes que lo componen. A medida que avanzamos en el conocimiento de la secuencia, el número esperado de 100.000 genes parece poco probable y crece la disparidad en las estimaciones, que van desde 30.000 hasta 200.000. En este sentido, el caso del cromosoma 22 es paradigmático. Tras un año de su secuenciación completa el número de genes codificados todavía no está claro, variando según los investigadores y programas entre números tan dispares como 400 o 1.400 genes. Esta incapacidad para elucidar correctamente la estructura génica/exónica de las secuencias cromosómicas ilustra el alto grado de desconocimiento que todavía poseemos de alguno de los procesos más básicos de la vida, en este caso de aquellos involucrados en la especificación de los genes, como la transcripción y el *slicing*. Esta falta de conocimientos básicos se traslada directamente a la incapacidad de los métodos bioinformáticos para detectar de un modo preciso los genes en las secuencias genómicas. A pesar de que en la década de los noventa el problema de la predicción computacional de genes ha recibido considerable atención, nuestra capacidad para predecir los genes en el genoma humano es todavía limitada. La sistemática aplicación de métodos estadísticos e informáticos, desde redes neuronales a sistemas expertos, pasando por análisis multivariante, *Hidden Markov Models*, programación dinámica, árboles de decisión, métodos lingüísticos, etc., no han logrado resolver los enormes problemas científicos implicados.

### *La estructura de las proteínas*

La combinación de las muchas estructuras resueltas experimentalmente mediante técnicas de cristalografía de rayos X y Resonancia Magnética Nuclear, junto al previsible incremento que producirán las iniciativas en Genómica Estructural, que proponen la sistematización de la resolución estructural de sistemas completos, como por ejemplo todas las proteínas de un genoma bacteriano, y los numerosos desarrollos en métodos de predicción de estructura por homología o por reconocimiento secuencia-estructura (*threading*) hacen posible pensar en un panorama en el que en unos pocos años dispongamos de colecciones de estructuras capaces de cubrir de modo homogéneo el espacio de secuencias.

Es interesante pensar como el problema del plegamiento de proteínas (predicción de la estructura a partir de la secuencia de las proteínas) subyace a todas estas aproximaciones. De hecho, si dispusiéramos de un conocimiento preciso y solvente sobre la física de los sistemas de proteínas sería posible reconstruir su estructura a partir de sus secuencias, y sería innecesario resolver las estructuras experimentalmente, algo que no parece que vaya a pasar en los próximos años.

### *La función de las proteínas*

Aún más complejo que el problema de la predicción de estructura es la predicción de función a partir de la secuencia y/o la estructura de las proteínas, que con las técnicas disponibles solo se puede realizar mediante una transferencia de la función conocida para una proteína a otras de secuencia similar. Una transferencia de información que conlleva evidentes limitaciones, derivadas en parte de la dificultad de definir "función" de un modo preciso. Pensemos en los distintos niveles: químico, por ejemplo hidrolasa; bioquímico tipo GTPasa; celular implicado en transducción de señal; u orgánico como implicada en la proliferación de un tejido. Aunque existen varios esfuerzos para sistematizar las definiciones de función en lo que se conoce, un tanto inadecuadamente, como ontologías de función, estas son aun insuficientes para garantizar la adecuada clasificación de las proteínas.

La segunda parte importante en el problema de transferencia de función por homología es la creciente incertidumbre producida por la acumulación de errores en las bases de datos de secuencias disponibles. Por desgracia, en las bases de datos la información almacenada no guarda relación con su procedencia. Así, es difícil saber si la función asociada a una proteína en la base de datos procede de un experimento o ha sido inferida computacionalmente, lo que hace que sea muy difícil desarrollar mecanismos efectivos para la rectificación de errores.

### *Redes de interacción entre proteínas*

A pesar de las dificultades para determinar de modo exacto la secuencia de las proteínas, su estructura y su función, continuamente se desarrollan nuevas técnicas en proteómica que hacen pensar en la posibilidad de detectar interacciones entre los componentes básicos aun en ausencia de información precisa acerca de su naturaleza.

Los recientes avances tanto en la determinación experimental de las interacciones como en el desarrollo de métodos para la predicción de interacciones basadas en información genómica han sido espectaculares. Entre estos recientes desarrollos baste mencionar los primeros datos sobre redes de interacción en levadura, *H. influenzae* o *H. pylori* obtenidos por sistemas de doble híbrido, las relaciones entre genes con similares patrones de expresión génica en levadura o fibroblastos, o las predicciones de interacción entre las proteínas de bacterias basadas en las variaciones en su estructura génica.

En estas primeras representaciones del conjunto de interacciones en el proteoma quedan importantes aspectos por dilucidar referentes a la localización celular de las interacciones, la relación con la regulación de la expresión génica o la influencia de las modificaciones post-transcripcionales. Es más: todo este conocimiento será realmente útil en la medida en que podamos hacer predicciones sobre el comportamiento de la red de interacciones y simulaciones sobre el efecto de distintas alteraciones.

# Los retrasos en los proyectos de investigación

*Los retrasos acumulados en la financiación a proyectos de investigación, denunciado recientemente por los medios de comunicación, ha creado zozobra en el Ministerio de Ciencia y Tecnología. El argumento esgrimido por sus responsables, en forma de “herencia recibida” y “dificultades organizativas”, no ha satisfecho las críticas.*

**E**n España, como en otros países europeos, los científicos reciben dinero para investigar por proyectos concretos: cada año varios organismos convocan concursos de diversas áreas a los que los investigadores presentan sus proyectos. La principal fuente de financiación para quienes investigan en ciencia básica es la Administración central, que celebra una convocatoria anual de proyectos dentro del Plan Nacional de I+D. Este Plan se organiza en áreas y cada una de ellas tiene una convocatoria distinta, pero en general los proyectos son de tres años de duración y no deben solaparse: un grupo de investigación debe finalizar su proyecto antes de empezar otro.

Los proyectos, como norma general, se remiten a la Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva (ANEP), que emite su dictamen gracias a una red de evaluadores anónimos. El Ministerio, u otras administraciones, toma en cuenta esta opinión y decide si dar o no dinero, y cuánto, a cada proyecto. Las convocatorias no deben tardar más de ocho meses en resolverse, y solían convocarse de forma que el plazo de resolución coincidiera con el final del proyecto anterior.

Una vez aprobado el proyecto la Administración no paga todo de golpe, sino que reparte la cantidad total en tres anualidades. Los grupos no reciben el

100% de esta cantidad. En el caso de los centros del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), por ejemplo, el 16% se pone a disposición del centro y forma el llamado ‘Fondo de Apoyo a Infraestructuras’. Otro 3% va directamente al CSIC.

Sin embargo, a principios del pasado verano varios grupos denunciaron que el sistema hacía aguas. 400 proyectos del programa de Salud y de algunas áreas del programa de Promoción General del Conocimiento (investigación básica ‘pura’, o, ‘no orientada’) presentados en la convocatoria cerrada en Septiembre de 1999 aún no habían sido resueltos. Los investigadores todavía no sabían si sus proyectos recibirían financiación. En otras áreas también de investigación básica de la misma convocatoria —que ya de por sí salía con varios meses de retraso— ya se sabía el estado de las solicitudes, pero no la fecha en que se recibirían los fondos.

El retraso, como denunciaron investigadores ante los medios de comunicación, son suficientes como para comprometer líneas de investigación en marcha, cuando no los presupuestos del centro donde se desarrolla la labor investigadora y, en última instancia, los salarios de investigadores contratados en precario.

Los investigadores han denunciado retrasos de varios tipos. En la celebra-

ción de convocatorias, que en general salen con meses de retraso; en la resolución de algunas de estas convocatorias —en concreto la del año pasado de Biomedicina del programa de Promoción General del Conocimiento y el Programa Nacional de Salud (ambas dentro del Plan Nacional de I+D), a las que en total se presentaron unos 400 proyectos; y finalmente alertan de que las anualidades de los proyectos en curso tampoco han llegado.

El retraso a la financiación de proyectos de investigación no sólo afecta, por tanto, a los trabajos aún no iniciados sino también a los pagos anuales de proyectos ya en curso. Estas ‘anualidades’ se esperaban para el pasado julio, pero en buena parte de los casos siguen sin llegar. Los centros de investigación a los que pertenecen los grupos afectados adelantan el dinero, pero directores de estos institutos han manifestado su malestar por la “grave falta de puntualidad”. Además, los retrasos podrían acabar afectando al funcionamiento general de estos centros, dado que parte de su financiación procede justamente de los fondos que ingresan los investigadores por sus proyectos.

Los retrasos provocan también otro tipo de problemas. La aprobación de un proyecto implica que, si así se especifica, es posible contratar más personal investigador para ese trabajo. Ésta es una de las vías más comunes para reinsertar al

menos temporalmente en el sistema de ciencia español a científicos que trabajan en el extranjero y que carecen de plaza fija en España. Pero cuando el proyecto se acaba, si no hay otro, los investigadores contratados se quedan en paro.

### Cambios de organización

Ante el alud de críticas, el Ministerio de Ciencia y Tecnología atribuyó el retraso a "cambios de organización" al tiempo que aseguró que "la investigación básica se va a potenciar". Algunos investigadores, sin embargo, consideran que los retrasos son debidos a recortes presupuestarios encubiertos; otros, a la lentitud en montar el nuevo ministerio. En cualquier caso, todos advierten que los parones en ciencia tienen un efecto negativo que se acumula y multiplica a largo plazo, y alertan contra el "desmoronamiento de una estructura que empezaba a funcionar bien".

Sea cual sea la causa, la letanía se ha venido repitiendo laboratorio tras laboratorio. Grupos cuyo proyecto de investigación acabó hace meses y que no han recibido aún los fondos del proyecto siguiente, ya evaluado y aprobado; grupos que dicen subsistir con dinero de otros proyectos aún en marcha, o adelantado por su centro, o pedido en préstamo a otros grupos. A menudo sus becarios trabajan sin cobrar, puesto que las becas y los contratos se asocian a los proyectos. Algo a lo que no pocos llaman "ir estirando miserias".

Fuentes de Ciencia y Tecnología explicaron cuando estalló la polémica que los retrasos se debían a la puesta en marcha del nuevo ministerio, creado tras las últimas elecciones generales y en cuya cúpula no se incluyó a los autores del vigente Plan Nacional de I+D 2000-2003 —los dirigentes de la disuelta Oficina de Ciencia y Tecnología—. Las convocatorias pendientes, dijo entonces el ministerio, se resolverían antes del verano, y así fue: el 31 de julio se notificó a los solicitantes, por fax, el estado de los proyectos. Pero los fondos, que según las quejas de muchos han sufrido apreciables recortes, seguían sin llegar en octubre.

Los retrasos no afectan sólo a la convocatoria de septiembre de 1999. La última convocatoria del Plan Nacional se cerró en Mayo, cuando debía haber

salido a finales del año pasado. Se han presentado 4.500 proyectos, más de lo habitual, que la ANEP continúa evaluando. La convocatoria, que debía haberse traducido en dinero para septiembre, es probable que no esté resuelta hasta finales de año.

Esta primavera no se admitieron solicitudes de las áreas pendientes de la anterior convocatoria (las del Programa de Salud y el área de biomedicina de Promoción General del Conocimiento), que entonces estaban aún evaluándose. Los investigadores de esas áreas, según fuentes del ministerio, deberán esperar a la próxima convocatoria para todas las áreas, previsiblemente a finales de año. Para entonces habrán estado más de un año sin poder presentar proyectos. Y otra convocatoria que se espera con ansia es la de la acción especial de Genómica, prevista para este año y dotada con 700 millones, cantidad considerada muy escasa por los investigadores.

### Aleatoriedad

Muchos coinciden con que la salida de una convocatoria se convierte en un hecho "impredecible, aleatorio". Algunos van más allá en sus críticas hablan de un sistema que "se está desmoronando" y que provoca desorientación entre los investigadores. No son pocos los que, ante la eventualidad de un retraso, han optado por duplicar solicitudes o acudir a administraciones distintas de la habitual para obtener financiación.

Otras críticas se centran en la tardanza de los nuevos responsables ministeriales a explicar sus intenciones. "Estamos esperando todos a ver lo que dicen desde el nuevo ministerio, pero están tardando mucho", dice Jesús Ávila, del Centro de Biología Molecular. Carlos Avendaño, presidente de la Sociedad Española de Neurociencias, cree que el malestar no es sólo por los retrasos, sino en general por el poco peso de la ciencia en España. Pero aún así considera "escandaloso" que pase más de un año desde que se presenta el proyecto hasta que llegan los fondos. "Hasta la bibliografía se queda obsoleta". ■

**Mónica Salomone**  
Periodista científico.  
Colaboradora habitual de El País.

### El Plan Nacional de Investigación, Desarrollo e Innovación

El 1 de enero de este año arrancó el VI Plan Nacional de Investigación y Desarrollo (que en esta edición recibió el añadido de Innovación) para el periodo 2000-2003. Los objetivos, según el Gobierno, eran elevar el nivel de la ciencia y la tecnología españolas, incrementar los recursos humanos cualificados, elevar la competitividad de las empresas, mejorar la utilización de los resultados de I+D, fortalecer el proceso de internacionalización de la ciencia y la tecnología españolas y aumentar el nivel de conocimientos científicos. Sus previsiones presupuestarias para este año son de 508.120 millones de pesetas, que incluyen 266.000 millones destinados en gran parte a iniciar la construcción de equipos militares. Los restantes 239.000 millones son los que debían destinarse a financiar proyectos de investigación, en gran parte afectados por los retrasos denunciados.

El número de investigadores en España es muy bajo en comparación con la media europea, 3,3 investigadores por cada 1.000 habitantes. También es bajo el porcentaje del PIB destinado a Investigación y Desarrollo, que no alcanza el 1% (1,17% si se incluyen los proyectos militares) El objetivo manifestado del plan es alcanzar el 1,29% en 2003, de los cuales el 65,3% corresponderían a la inversión privada. Es decir, que el Gobierno pretende que sea la inversión privada (ahora cercana al 50%) la que financie el crecimiento de la ciencia española y la acerque a la media europea, que supera el 2% del PIB.

El nuevo plan nacional se gestó en la Oficina de Ciencia y Tecnología, adscrita a Presidencia del Gobierno, que dio paso tras las elecciones generales de 2000 al nuevo Ministerio de Ciencia y Tecnología. Sin embargo, se produjo una ruptura en esta transformación ya que el equipo de la oficina, que había gestado el plan, dirigido por Fernando Aldana, no pasó al nuevo ministerio, cuya titular, Anna Birulés, creó su propio equipo.

# La construcción social de la ciencia y la tecnología

*La epistemología podría definirse como la ciencia que estudia la ciencia. El autor propone su uso para evaluar cual es la situación que se vive actualmente en América Latina, especialmente en comparación con sus vecinos del norte, Estados Unidos. Del análisis surge un modelo de reflexión sobre el impacto social de la ciencia.*

El mapa mundial de la ciencia, es decir aquel que configura el aporte investigativo que se comunica a través de la literatura de corriente principal, muestra un franco predominio del hemisferio norte donde se distinguen auténticas potencias en lo que a capacidad científica concierne. Así no llama la atención que Latinoamérica con un 8% de la población mundial, escasamente supera el 2% de los artículos en ciencia y tecnología que registra el Institute for Scientific Information. Lamentablemente, cuando se construye un mapa dimensionando el crecimiento de portadores de VIH la situación se invierte. Lo mismo ocurre con la pobreza y nivel educacional de la población, materia que se refleja en la precaria capacidad de decodificar lo que se lee.

Poco antes de su lamentable y repentino deceso, Michael Moravcsik dictó en Madrid una conferencia titulada *¿Cómo evaluar la ciencia y a los científicos?* Al estar la ciencia inmersa en actividades complejas y factores relacionados -configurando a su vez una verdadera red multidimensional-, no se la puede representar como un proceso lineal en que un elemento es la causa (y la única causa) del siguiente. Así y todo, por complicada que sea la tarea evaluativa, hay que enfrentarla. Por ello, no hay país que se pueda marginar de este desafío. En este contexto surgió la epistemología, cosa por lo demás esperable ya que más temprano que tarde, la investigación científica encontraría el camino para investigarse a sí misma.

El grupo de Braun examinó en detalle el desarrollo de la aproximación epistemológica que se fortaleció notoriamente con el avance de la informática y define a la epistemología como referida a "aquellos métodos cuantitativos que tratan del análisis de la ciencia vistos como un proceso de información". Sin embargo fue Price quien explotó las potencialidades de la base de datos del *Institute for Scientific Information* (ISI), que sustenta buena parte de los estudios epistemológicos.

## La universidad debe estimular la diversidad en la forma de pensar y educar para seguir la demanda de los tiempos y levantar el freno al avance de la región

Como toda metodología científica, la epistemología demanda la máxima precisión y definición explícita de la naturaleza de las fuentes de datos utilizadas. Sólo de este modo pueden establecerse comparaciones válidas y comprenderse las diferencias que pueden surgir al examinar distintos estudios. Desafortunadamente, el grado de compenetración con las características propias de cada base de datos es en ocasiones insuficiente, y se mezclan indicadores que surgen de fuentes disímiles. Como toda estrategia metodológica, la

epistemología tiene claras restricciones. Su aplicación debe ser adecuadamente cautelada y comprenderse en forma clara. Particularmente al momento de usar indicadores en la toma de decisiones y en el diseño de políticas que se suponen fortalecen la capacidad científica de un país. Asimismo en la evaluación de los académicos.

### Apropiación social de la ciencia

La escasa capacidad científica que predomina en América Latina se revela en todos los indicadores que permiten su objetivación. El número de artículos por millón de habitantes/año en el quinquenio 1991-1995, en los países más productivos fue entre 10 y 20 veces menor al que exhiben los países industrializados. Chile, liderando en este indicador no alcanzó a los 100 artículos/millón de habitantes. España publicó en los mismos términos 349, Francia 692, el Reino Unido 1012, Estados Unidos 1017 e Israel 1364. Algunos países en América Latina han desplegado un esfuerzo notorio para aumentar su capacidad científica, cosa que también ocurre en España, razón por la cual estos indicadores han progresado durante el último quinquenio. Empero, la brecha entre los países que mantienen una visibilidad contundente en ciencia y tecnología es aun profunda, particularmente porque los indicadores cualitativos que surgen de la frecuencia con que los trabajos son citados todavía están muy por debajo de la media que exhiben los países más avanzados. En Chile, como en el resto de América Latina, sólo algunas universidades concentran

más del 80% de la investigación científica que se origina en el país. Entrampadas en el arquetipo napoleónico, ninguna se ha reconocido a sí misma como universidad de investigación.

A pesar del claro avance que en los últimos años experimentaron algunos países latinoamericanos en su ordenamiento socio-económico, la institución universitaria en la región vive una suerte de paradoja. La tecnocratización que contribuyó al incremento de competitividad surgió, que duda cabe, del esfuerzo y rigor que las universidades pusieron en la formación profesional de sus graduados y de la capacidad de éstos para enfrentar nuevos desafíos. En efecto, graduando un número bajo de alumnos, algunas Casas de Altos Estudios cultivaron espacios de encuentro y reflexión crítica e investigación de avanzada, nutriente esencial para estimular el pensar y estar mejor preparado para resolver situaciones desconocidas. La nueva manera de acometer el progreso en la región reconoció, sin embargo, el imperativo de masificar la educación de nivel superior, la que hasta hace sólo algunas décadas, constituía un privilegio para pocos. Se logró más cobertura, es decir, mayor cantidad de jóvenes con acceso real a la formación superior. Claro está, la dinámica cuantitativa no se correlacionó con la cualitativa generándose larvadamente una dilución de los esfuerzos que en el pasado incuestionablemente marcaron el cambio.

Es posible, hoy, percibir las diferencias de una universidad napoleónica pequeña con otra de gran tamaño. Cuando sólo una elite accedía a las aulas de estudios profesionales avanzados, y el incremento del conocimiento y de las tecnologías acontecía a un ritmo notoriamente más lento que el vivenciado en las últimas tres décadas, la universidad napoleónica junto a su particular cometido era capaz de proveer un microambiente estimulante para el pensamiento. En los tiempos actuales, la superación de la pobreza demanda un crecimiento económico que se exprese con claridad en lo social. Producto de la globalización, ello implica alcanzar grados de competitividad inimaginables y superar la meta de enseñar lo mejor del pasado. Consecuentemente la universidad debe estimular la diversidad en la forma de pensar y educar para enfrentar situaciones

desconocidas. Ello ocurre sólo en algunas Altas Casas de Estudio en América Latina. La incapacidad de seguir la demanda de los tiempos constituye un verdadero freno al avance de la región. La inercia y la entronización de contingentes docentes escasamente preparados para comprender la dimensión universal de los conocimientos fundamentales sobre los que se construye el avance permanente de la sociedad sostienen la paradoja de nuestras universidades

#### Nuevos escenarios

El escenario descrito, ciertamente ha impedido que la ciencia juegue un rol importante en la construcción social de nuestros países. La universidad napoleónica desapropió el valor social de la ciencia al privilegiar un profesionalismo que se construye fundamentalmente con lo mejor del pasado. La ciencia, como conocimiento es futuro en lo que respecta al avance social. La incompreensión sobre estas materias se revela cuando se cuantifica el número de doctores que nuestros países están formando por millón de habitantes (ver tabla).

Al momento de diseñar estrategias para superar el analfabetismo científico de nuestra sociedad, debemos reconocer que no conviene imponer un modelo único de universidad. Tampoco pensar que la Universidad de Investigación, de las cuales América Latina cuenta con muy pocas, debe ser la meta de cada Casa de Estudios. Lejos de ello. En Estados Unidos, donde la universidad se destaca por su calidad, de las casi 3600 instituciones de educación superior que califica *The Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching*, sólo 6% alcanzan la categoría de *Doctoral Granting Universities* y de esta fracción, la mitad es reconocida como *Research University*. Cuesta, entonces, comprender el afán por adoptar un modelo único, característica que con frecuencia se observa en nuestras universidades en América Latina. Es más, la mayoría se impone la tarea de evaluarse de acuerdo a la misión que distingue a una Universidad de Investigación. Aparte de las tensiones que ello genera en un arquetipo napoleónico poco aporta para que genuinamente puedan desarrollarse algunas instituciones que, en efecto, lideren a través de su aporte concreto al conocimiento de avanzada. Porque claro, muchas resultan

### Los científicos deben ocuparse del public understanding: cuando se reconoce el valor social de la ciencia, el sistema se retroalimenta y se fortalece la construcción social

en remedos de un modelo imposible de adoptar en las circunstancias que se desenvuelven y consecuentemente contribuyen a la devaluación de la percepción pública y política sobre su existencia. Urge reconocer la necesaria heterogeneidad y diferenciación institucional, sustentada en misiones claramente definidas. Esta diferenciación explícita ha contribuido a que la universidad norteamericana sea reconocida como el torrente sanguíneo que nutre la construcción social del país.

“Si queremos seguir en la avanzada que transforma conocimiento en valor económico, el sistema norteamericano de educación superior debe continuar su liderazgo mundial en la generación de descubrimientos relevantes en ciencia y tecnología y en preparar trabajadores que puedan adecuarse a las demandas evolutivas del trabajo que impone habilidades” expresó recientemente Alan Greenspan durante el 92º Congreso Anual de Gobernadores Nacionales. De los dos tercios de egresados de la educación secundaria que ingresan a la educación superior, en Estados Unidos, sólo 30% aspira a educarse a nivel de pregrado. Cerca del 14% tiene intenciones de alcanzar un Ph.D.

Sin perjuicio de la escasa cantidad de Ph.D.s que se forman en la región, existen programas altamente competitivos cuyo universo académico contribuye notoriamente en el ámbito de las ciencias a nivel mundial. Un estudio reciente mostró que en Chile, los pocos doctorados que se forman en ciencias biológicas lo hacen en centros que constituyen verdaderos islotes de relevancia. Empero, como islotes, están más bien aislados en el contexto de las propias universidades y sufren las consecuencias de una sociedad que no valora adecuadamente el rol de la ciencia en la construcción social del país.

# MERCK

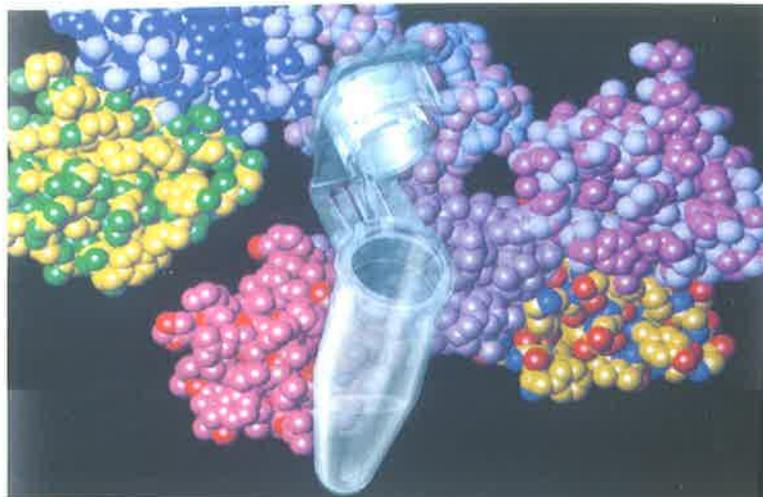
## BIOTECNOLOGÍA

Sostengo que la falta de apropiación social de la ciencia, sin la cual la investigación permanecerá mas bien como un adorno en la construcción de un país, es secuela de la universidad extremadamente profesionalizante que se preocupa más del pasado que de los desafíos presentes. Nuestros programas académicos son hiperestructurados y formatean a los estudiantes como a las disquetes de los ordenadores. Poco se concibe que al doctorado en educación, por ejemplo, ingresen licenciados en especialidades alejadas a esta disciplina, como acontece en Estados Unidos donde el 65% proviene de otros pregrados. En estos escenarios surgen escasos Alan Greenspans que aprecien el Alma Mater y el conocimiento que se genera en ella, como fuente esencial del progreso social. Con 5 a 6 Ph.Ds. por millón de habitantes, como los que se forman en los islotes de competencia chilenos, difícilmente permearemos la clase política y gubernamental que ve en otras latitudes a las inteligencias y a los talentos. Nuestros gobernantes, empresarios y comunicadores sociales calladamente subvaloran la institución universitaria al tiempo que por responsabilidad de la última, no apropiaron el sentido del conocimiento en la construcción social del país por la cual trabajan con ahínco. Se crea un círculo vicioso. El debate público que profundiza acerca de su naturaleza, puede contribuir a romperlo. La universidad, sitio social de la verdad, debe liderar este proceso.

### Centros de aluvión

Es tan evidente la diferencia que existe entre las universidades norteamericanas y las del hemisferio sur, así como también de algunos países más desarrollados, que anualmente Estados Unidos convoca a medio millón de estudiantes extranjeros 16% de los cuales acceden a estudios de postgrado. De América Latina provienen 11,3%; de Europa 15% y de Asia 56%. El número de alumnos extranjeros en Estados Unidos se incrementa año a año. Mientras los estudiantes extranjeros que asisten a las universidades de Estados Unidos lo hacen, en su mayoría, para acceder algún grado académico o entrenamiento formal que dura mas allá de un año, de los 114.000 estudiantes norteamericanos que estudian fuera de su país sólo un 10% opta por permanecer fuera un año académico. Más del 60% simplemente viaja por algunas semanas o meses. Estos indicadores muestran con claridad que el centro académico por excelencia, para los norteamericanos, está en Estados Unidos.

Pareciera ser que la universidad de Estados Unidos también es reconocida como tal por los mejores investigadores del mundo entero. En efecto, el número de destacados académicos e investigadores extranjeros que nutren el sistema universitario en Estados Unidos es impresionante. Los últimos datos (1998-1999) identifican a 517 chilenos, 558 argentinos, 1208 brasileños, 886 mexicanos y 1610 españoles de un total de cerca de 70.500. Europa contribuye con un 37,7% y América Latina con un 6,4%. La heterogeneidad unida a la excelencia fortalece la capacidad científica y la reputación académica en Estados Unidos. La convergencia de investigadores con diversas sociologías de pensamiento potencia al poderoso sistema científico de Estados Unidos y genera una confianza pública en el papel que juega el conocimiento en la construcción de una sociedad preocupada de su gente.



## MERCK



Para más información diríjase a nuestras delegaciones de **MERCK** Farma y Química, S.A. o a los teléfonos:  
93 565 55 77 y 93 485 06 59 en Barcelona  
91 319 69 22 en Madrid.

Tabla 1  
Número de doctorados

	Población Total (x 10 <sup>-6</sup> )	Nº de Doctores/ Año	Nº de Doctores/ millón habitantes/año
Brasil (1996)	160	2.972	≈19
Chile (1996)	14	55	≈4
Argentina (1990-94)	33	280	≈9
México (1995)	90	519	≈6
Francia*	56	7.700	140
Alemania*	61	7.700	126
Finlandia (1995-96)	5,1	600	118
Estados Unidos (1995)	250	44.446	177
Israel (1992-93)	5,5	556	101
Holanda*	15	1.200	80

Se señala el número de doctores otorgados por año en cada uno de los países indicados (tercera columna) y su relación a la población en los años indicados (entre paréntesis). Cuando no se indica el año, ver \*, el número representa el promedio anual entre 1985 y 1990.

Cuando el valor social de la ciencia es reconocido en todos los ámbitos, el sistema se retroalimenta poderosamente. La falta de apropiación de estos valores debilita la construcción social que nuestros países requieren. Es imperativo, pues, que los científicos se ocupen del *public*

*understanding*. La tarea no es fácil ya que parte del problema radica justamente en nuestra fascinación por mantener un sistema universitario único e hiperestructurado que ya demostró su incapacidad para concitar el aprecio y valoración de los graduados y profesionales que forma.

FUENTE: Vincent Courtillot, Science 256, 479-480, 1992; Indicadores. Actividades Científicas y Tecnológicas, CONACYT, México, 1996; Manuel Krauskopf. La Investigación Universitaria en Chile. Reflexiones Críticas. CPU, 1993; Manuel Krauskopf, en Diálogos Universitarios, (V. Apablaza y A. Cruz, eds), CPU, 1995; Consejo de Rectores Universidades chilenas. Anuario Estadístico 1996. CAPES, Brasil. Los posgrados universitarios en la República Argentina, Osvaldo Barsky, De. Torquel, 1997. The Chronicle of Higher Education, Aug. 29, 1997. Science and Technology Indicators 1997, Norway, Nowegian Institute for Studies in Research and Higher Education, 1997; The Higher education System in Israel. Statistical Abstract and Analysis. Council for Higher Education Planning and Budgeting Committee, 1995 ■

**Manuel Krauskopf**  
Universidad Andrés Bello,  
Santiago, Chile

## AGENDA

**1ª Reunión de la Sociedad Española de Terapia Génica (SETG)** Palacio de Congresos de Valencia - 21-22 de Febrero de 2001. Información en: <http://www.uv.es/SETG>; e-mail: [farmacel@uv.es](mailto:farmacel@uv.es)  
**Post-Meeting Symposium: 2nd International Symposium on Genetic Anticancer Agents (ISGAA)** Palacio de Congresos de Valencia - 23-24 de Febrero de 2001. Información en: <http://www.nddo.nl>; e-mail: [vu\\_conference@dienst.vu.nl](mailto:vu_conference@dienst.vu.nl)

**43rd International Meeting of the European Tissue Culture Society (ETCS): CELL INTERACTIONS AND CELLULAR COMPLEXITY.** Palacio de Congresos y Exposiciones de Granada, Septiembre 30 - Octubre 3, 2001. Información: Fax 96 3868718, e-mail: [ctcs\\_csp@gva.es](mailto:ctcs_csp@gva.es) y [http://www.san.gva.es/centros/laf/e/ETCS/ETCS\\_ESP-granada-2001-00.html](http://www.san.gva.es/centros/laf/e/ETCS/ETCS_ESP-granada-2001-00.html)



## FEBS Lisbon' 2001

June 30th to July 5th

27th Meeting of the Federation of European Biochemical Societies

Information: <http://www.itqb.unl.pt/FEBS2001/>  
E-mail: [mateus@itqb.unl.pt](mailto:mateus@itqb.unl.pt)

With the collaboration of Pan-American Association for Biochemical and Molecular Biology (PABMB)



*Juan Carlos Izpisua Belmonte, científico*

## “La biología ha dejado de ser una ciencia de cocina”

**J**uan Carlos Izpisua Belmonte (Hellín, 1960), investigador de prestigio internacional en el campo de la biología del desarrollo y actualmente enrolado en el Instituto Salk de San Diego (California), está dispuesto a regresar a España. Tras meses de contactos y negociaciones con varias instituciones de nuestro país, selló recientemente un preacuerdo con el Parque Científico de Barcelona (PCB) que lo traería de vuelta a España en un plazo de tres años. Para que ello ocurra, entiende fundamental una “apuesta decidida” del gobierno para crear grandes centros de excelencia. Su misión sería dirigir, en el marco de uno de ellos, el futuro Instituto de Biología del Desarrollo, donde proseguiría una de las líneas científicas con mayores expectativas, la regeneración natural de órganos y tejidos.

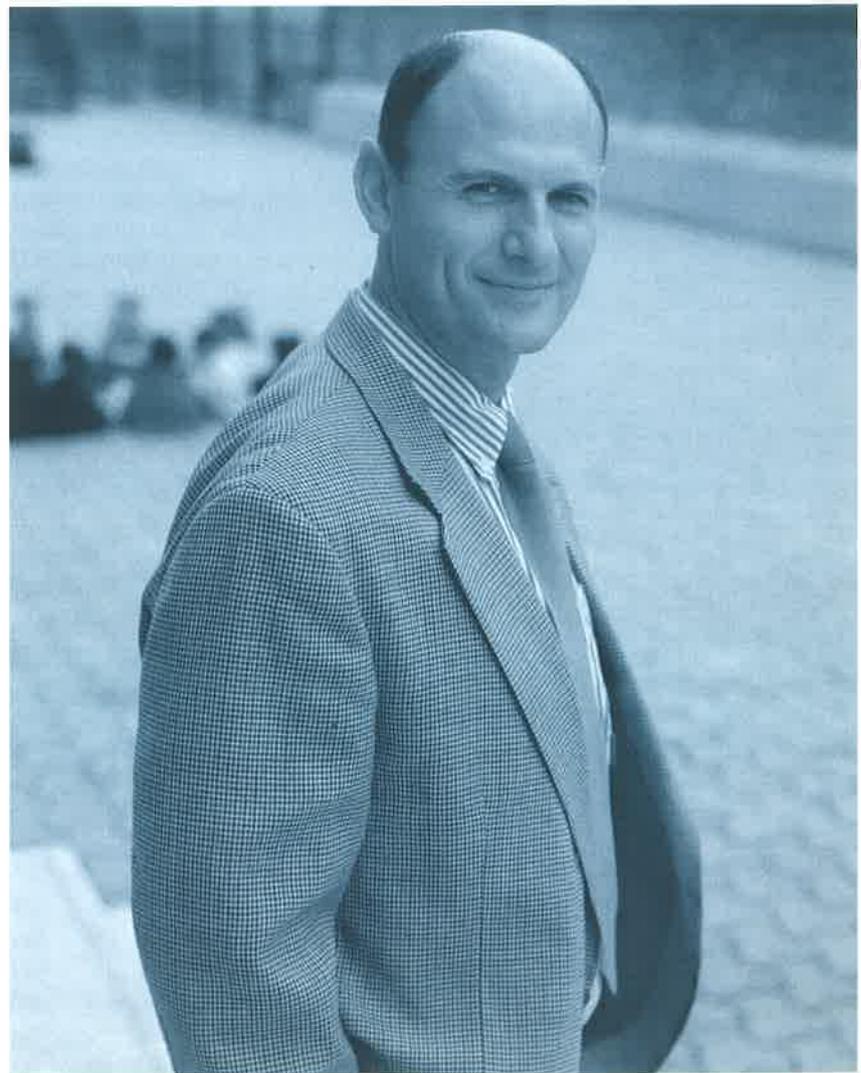
- Parece que finalmente va a volver a España.

Sí, me gustaría, aunque también es verdad que estoy muy a gusto donde estoy. El Instituto Salk es un centro de primer orden. Para volver deberían darse ciertas condiciones.

- ¿Cómo las que refleja el preacuerdo firmado con el PCB?

El preacuerdo es, por ahora, un documento de intenciones. Mi decisión definitiva, más que basarse en intenciones, depende de realidades. El PCB es un embrión de lo que podría ser una realidad de calidad científica en un futuro no muy lejano, al estilo de los centros de investigación americanos de élite.

- ¿Su intención de volver podría ser un primer paso para conseguir esa realidad? Dentro de 10 años las tecnologías de la

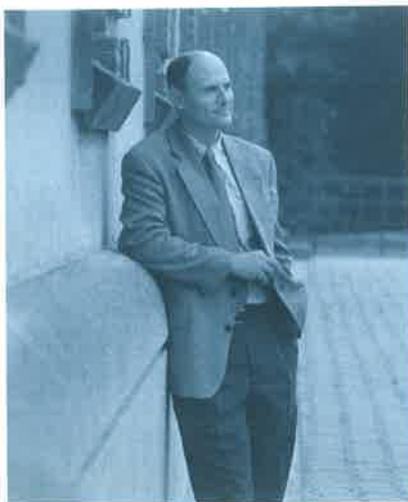


CARMEN SECANELLA

información (TI), la biotecnología y la biomedicina van a ser ejes fundamentales en la economía mundial. Ello implica la necesidad de infraestructuras muy complejas y de personal muy especializado. Y eso cuesta mucho dinero. Europa está muy bien en cuanto a TI, pero anda muy por detrás en cuanto a biotecnología. Por ello, la Unión Europea está dispuesta a generar una red de centros de excelencia que pueda com-

petir en igualdad de condiciones con Estados Unidos. España está todavía lejos de Europa. Si bien hay centros buenos, creo que ninguno está al nivel que se va a exigir. Mi propuesta es que se apueste para elevar el listón.

- Elevar el listón implica invertir de verdad. Sin lugar a dudas. Pero cuidado, la vía a seguir no es una inversión atomizada, al contrario. El impacto que España



podría tener en el entorno científico europeo sería mucho más elevado creando un par de polos de investigación de calidad que atomizando los recursos. La estrategia debería articularse a escala europea, con uno o dos centros en España, bien mejorando lo que existe o creando uno nuevo, con unas infraestructuras potentes y mayores prestaciones.

- De lo que se deduce que ese nuevo centro podría ser el PCB.

La idea de la Universidad de Barcelona o de la Universidad Pompeu Fabra. de crear centros de investigación de alto nivel es encomiable. Los proyectos, tal y como están planteados, van a constituir la excelencia científica en Cataluña y yo me atrevería a decir que en España. Pero la iniciativa que presentamos Joan Massagué y yo mismo es distinta. Lo que planteamos es, usando los cimientos científicos que se han creado, dar un salto cualitativo y crear un Centro de Excelencia a nivel internacional. De ahí que trasladáramos la idea al gobierno que es quien debe decidir sobre la idoneidad del proyecto a nivel nacional.

- ¿Se propuso al gobierno invertir directamente en el PCB?

No. Massagué y yo planteamos, simplemente, la necesidad de crear un centro de estas características en España y formulamos las condiciones teóricas que, por nuestra experiencia, deberían darse.

Es obvio que el PCB reúne las características idóneas siempre que se aborden una serie de cambios cualitativos. Por ejemplo, introducir ese componente de internacionalidad, de infraestructuras y personal de primer nivel que el presupuesto inicial, contando incluso con el apoyo del gobierno de la Generalitat (de Cataluña) no puede abarcar por sí solo.

- Por tanto, su recomendación es...

Que el gobierno apueste por uno o dos centros de esas características, que sea competitivo a nivel internacional, y que asuma su coste inicial operativo. Podría ser en Madrid, aunque deberían revisarse a fondo determinados aspectos de equipamiento y organización. Y podría ser en Barcelona porque ahí se dan ahora mismo unas condiciones sin precedentes en el paisaje científico español. En cuanto a números, estamos hablando de invertir de 5.000 a 6000 millones de pesetas anuales durante cuatro o cinco años. Eso nos pondría en el punto de mira internacional; conseguiríamos

## Cambio de concepto en la ciencia española

Poco antes de estampar su firma a favor del Parque Científico de Barcelona (PCB), Juan Carlos Izpisúa Belmonte se sometió a una auténtica vorágine de reuniones, entrevistas y llamadas telefónicas al más alto nivel. En poco menos de una semana, Izpisúa, en contacto permanente con Joan Massagué, recorrió media España, negoció con los responsables del PCB, atendió a la prensa en cuantas entrevistas pudo y se reunió con los máximos dirigentes de la ciencia y la tecnología españolas. Todo un periplo que intentó llevar de forma discreta a pesar de la expectación que su venida a España había generado.

¿Estaba justificada esa expectación? ¿Qué significado tiene su firma con el PCB? Las respuestas, a tenor del currículum de Izpisúa, parecen obvias. El investigador, con cuarenta años recién cumplidos, forma parte de la élite científica internacional gracias a sus trabajos en biología del desarrollo llevados a cabo en el Instituto Salk de San Diego (California). En los últimos años ha sido galardonado por los Institutos Nacionales de la Salud (NIH) con el premio Bill Clinton al mejor investigador en su campo y por Los Institutos Nacionales de Ciencia (NSF) con el premio a la Creatividad Científica. Formado en Valencia con el catedrático de Bioquímica José Cabo, empezó su especialización en Bolonia, desde donde accedió al laboratorio Europeo de Biología Molecular (en Heidelberg) para pasar después a la Universidad de California en Los Angeles. De ahí, al Instituto Salk, donde en 8 años ha conseguido reconocimiento internacional por su investigación en expresión génica.

Ha sido precisamente ese reconocimiento lo que ha motivado que, en poco más de un año, Izpisúa haya recibido múltiples ofertas, sobre todo en Europa. Las más interesantes, al menos a priori, le llegaron desde los Institutos Max Plank, en Alemania, y del consorcio Wellcome Trust, en el Reino Unido. Ambas motivaron una contraoferta del Instituto Salk, cuyos responsables le han propuesto dirigir un centro de nueva creación dedicado a biología del desarrollo. Pero nadie contaba con las ofertas españolas. Izpisúa ha recibido propuestas en España de la mano del CSIC, el Parque de Investigación Biomédica impulsado por la Universidad Pompeu Fabra, además de la del PCB, con quien finalmente firmó el preacuerdo.

Un documento que podría implicar mucho para la política científica española por lo que supone de cambio de concepto en los modelos organizativos y los volúmenes de inversión. Los necesarios para que el científico pueda realizar desde España la misma actividad que le ha encumbrado. Pero que podría quedar en nada si la propuesta que defendió, junto con Massagué, ante la ministra Birulés y el nuevo presidente del CSIC, Rolf Tarrach, y de la que obtuvo "una buena impresión", se quedara en una mera declaración de intenciones. El tiempo apremia: Izpisúa tiene donde escoger; sabe lo que quiere y dónde lo quiere; pero también sabe que debe dar respuesta a las ofertas que ha recibido en unos pocos meses. Y que entonces no habrá marcha atrás posible.



atraer científicos de gran talla y, en paralelo, incorporarnos a la red europea de centros de excelencia.

- ¿Qué implicaría para el gobierno esa apuesta?

Sin lugar a dudas, un salto cualitativo y cuantitativo sin precedentes en la ciencia española, puesto que no se trata de añadir un centro más, sino de crear un entorno científico que trascienda a los nombres. En cualquier caso, más que una implicación para el gobierno, lo es para todos, puesto que los beneficios que podrían obtenerse repercutirán directamente en la sociedad española en general. La importancia que la investigación básica ha tenido hasta ahora en la esperanza y calidad de vida es indiscutible. Basta citar el desarrollo de vacunas, la quimioterapia o la investigación en enfermedades cardiovasculares. Pero más importante aun es la importancia que va a tener en los próximos años. Estamos en las puertas de una verdadera revolución en las ciencias de la vida y la biomedicina. No solo el gobierno, sino la sociedad en su conjunto, debe apostar e identificarse con este tipo de iniciativas.

- ¿Cómo debería organizarse un entorno científico de estas características?

Todavía queda mucho por discutir pero, en esencia, sería generar tres o cuatro institutos de primer nivel, a los cuales se añadiría un destacamento de la industria y unas infraestructuras generales básicas. Asimismo, cuatro o cinco grandes plataformas científicas de alta tecnología y un programa de formación de excelencia pre-doctoral y otro de acogida

post-doctoral de investigadores españoles en el extranjero. En conjunto, eso tiene un coste operativo de 20.000 a 30.000 millones de pesetas durante los primeros 5 años.

- ¿Qué líneas de investigación se potenciarían?

La primera en ponerse en marcha, como consta en el preacuerdo, sería biología del desarrollo; las otras habría que pensarlas de acuerdo con las grandes tendencias de la biomedicina internacional. Lo que está claro es que a su alrededor deben construirse plataformas científicas fundamentales destinadas a bioinformática de alto nivel, cristalografía estructural o a técnicas de modelización y procesado de imágenes (bioimaging).

- ¿Por qué es tan importante potenciar la biología del desarrollo?

Porque, a largo plazo, pretende explicar, por ejemplo, cómo se forma un corazón o como se regeneran los tejidos. Si alguien se corta un dedo, éste no se regenera. En cambio, a una lagartija le cortas un miembro y al cabo de un tiempo crece otro. En mi instituto acabamos de descubrir un gen capaz de inducir la formación de una extremidad. A diferencia de otros que ya habíamos descubierto, en los vertebrados superiores éste gen sólo es activo en células que mucho después darán lugar a la extremidad y deja de serlo en el momento en que la extremidad empieza a desarrollarse. En otros animales como el axolote este gen es activo siempre. La hipótesis que barajamos es que tener ese gen activo permite al axolote regenerar un miembro, mien-

tras que en humanos, ratones o pollos se desactiva muy temprano. Si logramos mantener esos genes "on" podríamos inducir la regeneración.

- Si eso es así debería reescribirse parte de la medicina actual.

Ciertamente, de confirmarse esta hipótesis las implicaciones biomédicas serían extraordinarias. No sólo en lo que se refiere a amputaciones de las extremidades sino también a la regeneración de cualquier órgano. Hay que tener en cuenta que para construir un corazón se parte de genes de la misma familia que para construir una mano. Si nuestra hipótesis es cierta, lo mismo que ahora tenemos un gen para la extremidad, en muy poco tiempo es posible que encontremos otros miembros de esa familia implicados en la regeneración del hígado, del corazón o de los pulmones.

- Lo que cuenta se asemeja a una revolución médica.

Podría decirse que sí, aunque todavía queda muy lejos. Sería extraordinario disponer de un mecanismo que permitiera activar o desactivar un gen para facilitar la regeneración de un órgano o tejido. La regeneración se definiría entonces como un estado en el que la presencia o ausencia de determinados genes la induce o la reprime.

- Ese tipo de investigaciones jamás se ha planteado en España.

Conceptualmente sí se ha planteado, pero siempre con escasez de medios. La biología ha dejado de ser una ciencia de cocina, de estar por casa. Se ha convertido en algo fundamental. Y hay que poner los medios para estar al nivel que exige.

- ¿Y cree que alguien va a tomarse esa propuesta en serio?

El Ministerio de Ciencia y Tecnología es el ministerio de futuro del gobierno español. No sólo del futuro científico sino que me atrevería a decir que del futuro económico de nuestro país. Tanto mi impresión como la de Massagué es que el equipo que dirige este ministerio tiene el talento y la visión para materializar ese futuro. Si esta actitud positiva se lleva a la práctica, yo estaría dispuesto a volver a España y trabajar en esta idea al 110%. ■

## XXIII Congreso de la SEBBM

**L**a Facultad de Farmacia de la Universidad de Granada, localizada en el Campus de Cartuja, acogió entre los pasados días 13 y 16 de septiembre, el *XXIII Congreso de la Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular*, reunión en la que, de nuevo, se batió el récord de participación, con más de 900 congresistas, y de comunicaciones presentadas, por encima del medio millar. El congreso contó con la participación de científicos destacados en la esfera internacional, como Federico Mayor Zaragoza, Salvador Moncada y Jack Preiss, y vio como, por vez primera, el evento salía a la calle. Un "congreso paralelo" acercó la bioquímica y la biología molecular a los ciudadanos de Granada.

Los temas que se trataron en el Congreso han intentado reflejar, en alguna medida, las inquietudes actuales de los bioquímicos españoles. Así, se organizaron tres grandes simposios, uno clásico de estructura y función de macromoléculas, uno de biocompartimentación y uno de evolución, diferenciación y proliferación celular. En el primero destacó la sana competencia que existe entre las aproximaciones teórica y experimental a la resolución de la estructura y comportamiento de las macromoléculas. En el segundo se trató de abordar los aspectos relacionados con la compartimentación celular, influencia en la regulación metabólica, funcionamiento de orgánulos y tráfico de proteínas. El último simposio, con un gran número de participantes, abor-

dó el estudio de la evolución molecular, diferenciación y múltiples aspectos moleculares de la proliferación celular.

El Congreso tuvo además una nueva vertiente divulgativa, que iniciándose por primera vez este año, pretende acercar la Bioquímica y la Biología Molecular a la calle. Se trata del "Congreso Paralelo" que, con la colaboración del parque de las Ciencias de Granada, y bajo la coordinación de Eduardo García Peregrín, ha consistido en la realización de dos mesas redondas en las que se han tratado aspectos de máxima actualidad, los alimentos transgénicos y la enfermedad de Alzheimer. La gran asistencia de público en general de la ciudad de Granada confirmó el éxito de la iniciativa.

Fue, por otra parte, muy destacable la conferencia inaugural a cargo de Federico Mayor Zaragoza con el título *Ciencia y Sociedad en la aldea global*. Igualmente causó una gran expectativa la conferencia que impartió Salvador Moncada en la que dio una perspectiva muy interesante sobre los experimentos que condujeron a dilucidar el papel del óxido nítrico en la vasodilatación. La conferencia de clausura fue impartida por Jack Preiss, actual presidente de la PABMB. La presencia de Preiss permitió de nuevo estrechar relaciones con las sociedades bioquímicas americanas. Durante el congreso, y con motivo de la entrega de los premios Beckman-Coulter e Innogenetics Diagnóstica y Terapéutica, pudimos escuchar dos interesantes intervenciones por parte de

los premiados, Modesto Orozco y el joven bioquímico Eduardo Moreno.

En el congreso, además de los récords de participación y número de comunicaciones, destacó con luz propia, y así lo resaltaron todos los conferenciantes, nacionales y foráneos, la gran juventud de una parte considerable de los participantes. Para los que ya nos alejamos de esta etapa de juventud es tranquilizante ver el interés que, entre los jóvenes, genera la Bioquímica y la Biología Molecular y cómo la SEBBM ha sido capaz de movilizar esta participación.

La organización del congreso corrió a cargo de un comité organizador integrado por miembros del Departamento Interfacultativo de Bioquímica y Biología Molecular de la Universidad de Granada y de los centros relacionados del CSIC (Estación Experimental del Zaidín e Instituto de Investigaciones Biomédicas y Parasitología López Neira), así como con la colaboración del Departamento de Bioquímica de las Facultades de Ciencias, Medicina y Farmacia y el apoyo de la Universidad, de la Facultad de Farmacia, CSIC, Junta de Andalucía, Ayuntamiento de Granada, Academia Iberoamericana de Farmacia, Puleva y HEFAGRA. ■

**Fermín Sánchez  
de Medina Contreras**  
Presidente del Comité Organizador.  
**Rafael Salto González,**  
Secretario del Comité Organizador.

## Moncada supedita su venida a España a un compromiso a largo plazo

El científico hondureño Salvador Moncada, considerado desde el Ministerio de Sanidad como el candidato mejor situado para dirigir el futuro Instituto de Investigación Cardiovascular (IIC), supeditará su decisión final a la existencia de un “compromiso a largo plazo” en el que estén contemplados tanto la financiación del centro como las posibilidades de interacción con otras instituciones científicas españolas. Moncada, que participó en el Congreso de la SEBBM celebrado en Granada, adquirió notoriedad internacional por sus trabajos sobre la influencia del óxido nítrico en las enfermedades cardiovasculares, por lo que recibió el premio Príncipe de Asturias en 1990.

“No tengo prisa por abandonar Inglaterra”, afirmó. Moncada, actualmente director del Wolfson Institute de In-

vestigaciones Biomédicas de Londres, y asesor científico del futuro instituto español, considera que las condiciones ideales para la puesta en marcha del IIC deberían enmarcarse en un “compromiso global” para el desarrollo de la ciencia en España y, en particular, de la investigación biomédica. Ese compromiso debería plantearse “a 25 o 30 años” y permanecer inamovible a los sucesivos cambios de gobierno o a los intereses de los partidos políticos. Una fórmula para lograrlo, dijo, sería fijar “por ley” una cantidad mínima en los Presupuestos del Estado, que cifró entorno al 1% anual. Esta cantidad debería complementarse con “acuerdos a medio y largo plazo” con la industria farmacéutica y ser independiente de los presupuestos que actualmente dispone el Ministerio de Salud para biomedicina.



## Massagué es el segundo investigador más influyente del mundo en biomedicina

Juan Massagué, investigador en el Sloan-Kettering Cancer Center de Nueva York, consta como el segundo autor más citado del mundo en las áreas de biología molecular y genética en el período comprendido entre 1994 y 1998. Los datos, facilitados por el Instituto para la Información Científica (ISI) de Filadelfia, indican que el científico español publicó 15 artículos de primer nivel, centrados en la investi-

gación de factores de crecimiento o de inhibición vinculados a procesos tumorales, que han sido citados en 5.402 ocasiones. El primer lugar del ránking lo ocupa Michael Karin, de la Universidad de California en San Diego, con también 15 artículos y 6.677 citas en áreas de señalización celular y transcripción génica. Por instituciones, es el Howard Hughes Medical Institute (HHMI) quien se lleva la palma con 76.554

citas, seguida por la Universidad de Harvard con 37.118 citas, el MIT (Instituto de Tecnología de Massachusetts, con 15.996) y la Universidad Johns Hopkins (13.570 citas). Entre las publicaciones científicas, *Cell*, es la que reúne un mayor número de artículos de “alto impacto”, en concreto, 371. La siguen, ambas empatadas con 159 artículos cada uno, los semanarios científicos *Nature* y *Science*.

- La Fundación “Carmen y Severo Ochoa” ha concedido su premio de Investigación en Biología Molecular al científico **Jorge Moscat**, Profesor de Investigación del CSIC, por sus trabajos en el campo de los procesos inflamatorios y la transformación tumoral. Moscat ha destacado por sus aportaciones a la identificación de quinasas y sus moduladores que han permitido la caracterización de nuevas dianas terapéuticas útiles para el diseño futuro de fármacos más selectivos y eficaces.

- El profesor **Juan Modolell** ha sido galardonado con el Premio Dupont por su labor científica. La línea de investigación dirigida por Modolell ha sido la primera en España que ha aunar los abordajes de la Biología Molecular y de la Genética para esclarecer problemas básicos de Biología del Desarrollo, especialmente la morfogénesis del sistema nervioso y, en particular, el descubrimiento de genes neuronales en *Drosophila*.

**Giorgio Semenza**, socio de honor de la SEBBM, ha sido investido Doctor “Honoris causa” por las universidades de Niza y de Copenhague. Semenza, investigador de prestigio, ha compaginado su labor investigadora con la de editor de *FEBS Letters*, cargo acaba de abandonar tras 15 años de labor.

- La Profesora **Margarita Salas** ha sido declarada “Española Universal 2000”. Salas, socia de honor de la SEBBM, presidenta del Instituto de España y

BIOQUÍMICA Y BIOLOGÍA MOLECULAR para Ciencias de la Salud. *J.A. Lozano, J.D. Galindo, J.C. García-Borrón, J.H. Martínez-Liarte, R. Peña-fiel y F. Solano.* McGraw-Hill/Interamericana.

Es siempre una iniciativa loable y una tarea ardua confeccionar un texto de Bioquímica y Biología Molecular, escrito directamente en castellano por autores españoles, que lógicamente ha de competir con los excelentes textos ingleses que son traducidos para su distribución en países de habla hispana. Esta labor ha sido realizada de nuevo por un grupo de profesores del Departamento de Bioquímica y Biología Molecular e Inmunología de la Universidad de Murcia, publicando la segunda edición de "Bioquímica y Biología Molecular para Ciencias de la Salud". Esta edición aparece en la escena de textos bioquímicos cinco años después de la primera, tras una actualización necesaria por el paso del tiempo, publicada también por McGraw-Hill/Interamericana.

El contenido del libro está separado en dos grandes partes, una dedicada a la Bioquímica (Estructura y Metabolis-

mo) y otra a Biología Molecular y Patología Molecular. Según los autores esta división puede facilitar su adaptación como texto básico a las necesidades derivadas de la separación de asignaturas en algunos planes de estudio.

Del libro destaca su orientación bioquímica para estudiantes de Ciencias de la Salud. El texto, además de poder resultar útil en Facultades de Medicina o Farmacia, contiene capítulos específicos especializados que normalmente no se encuentran en otros textos de Bioquímica y Biología Molecular y que tienen aplicación en Facultades de Odontología y Podología. Existen capítulos dedicados al estudio del nivel molecular en Biomedicina, como son los de Bioquímica de la sangre y Bioquímica analítica. Asimismo se encuentran incursiones en el análisis molecular del genoma, en los aspectos moleculares de la proliferación y diferenciación celular, en el Cáncer y en la Terapia génica.

A lo largo del texto se hallan insertados cuadros interesantes sobre detalles bioquímicos del metabolismo, de diferentes enfermedades, de determinaciones analíticas, de terapias, de defectos de

origen genético y de expresión génica, así como un glosario de términos en biología y genética moleculares al final del libro de gran utilidad.

Se echan de menos, sin embargo, referencias bibliográficas, lecturas sugeridas en revistas especializadas o de divulgación, así como preguntas seleccionadas para ayudar a la clarificación de los conceptos, y problemas, tanto de Bioquímica como de Biología Molecular. El diseño sencillo y económico de la edición conlleva la falta de esquemas gráficos o diseños moleculares con más de dos colores, lo que contrasta con el lujo de gráficos, muy atractivo y didáctico, de otras ediciones más caras. Estas últimas ediciones incluyen un CD con esquemas, gráficos y animaciones computarizadas correspondientes a las lecciones, con capacidad de conexión "on line" a Webs especializadas. La inclusión de estos elementos dotarían a este libro de un mayor atractivo y de una mayor competitividad.

**Carlos J. Ciudad**

Dep. de Bioquímica  
y Biología Molecular.  
Universidad de Barcelona

profesora de investigación del CSIC, ha sido galardonada previamente con diferentes premios científicos. En esta ocasión, la distinción sobrepasa el ámbito puramente científico. Entre otros lo han recibido Plácido Domingo, Camilo José Cela, el padre Ferrer o Federico Mayor Zaragoza.

- Catorce investigadores españoles vinculados a la bioquímica y la biología molecular, han sido escogidos nuevos miembros de la Sociedad Europea de

Biología Molecular (EMBO). EMBO, con sede en Heidelberg (Alemania), está formada por 23 países y un millar de investigadores, 20 de los cuales son Premio Nobel. Cada año escoge cerca de 40 nuevos miembros de acuerdo con la excelencia científica de sus investigaciones.

- El periodista **Xavier Pujol Gebelli**, colaborador habitual en las páginas de El País y coeditor del boletín SEBBM, ha sido galardonado con el premio de di-

vulgación científica Geod 2000 por el conjunto de trabajos publicados en el especial "Genes y genomas" elaborado para El País Digital el pasado mes de junio. El galardón está auspiciado por la Comisión Europea en el marco de la Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología y en su organización participan la Fundación Europea de Genética, European Molecular Biology Organization, Human Genome Organization, Public Educational Trust y el Centro de Genética Médica y Molecular de Barcelona.

## Sobreexpresión génica en estrés salino

La situación de estrés salino que padecen muchos organismos vegetales suele compensarse mediante una respuesta transcripcional que se traduce en la activación de un determinado grupo de genes. Pero, al menos hasta la fecha, pocos han sido los estudios que hayan sido capaces de identificar qué genes y en qué proporción generan dicha respuesta. Uno de ellos, publicado recientemente en *Journal of Biological Chemistry* por el grupo de Joaquim Ariño y Francesc Posas (Universidad Autónoma de Barcelona), determina mediante el uso de microchips de expresión génica que, en levadura, se activan más de 400 genes para compensar los efectos negativos del estrés salino. Ello supone la activación de cerca del 7% de su genoma que, además, se produce en apenas 10 minutos de exposición a concentraciones moderadas de sales. De acuerdo con las investigaciones, las proteínas que codifican por estos genes son de tipo muy diverso y su actividad igualmente variada: algunos genes son inducidos rápidamente por la presencia de sales pero de forma transitoria, mientras que otros mantienen una respuesta más prolongada. Entre las proteínas que participan de la respuesta se encuentran miembros de las familias del metabolismo del glicógeno, componentes de la maquinaria de biosíntesis de proteínas, proteínas ribosomales y elementos de transducción de señales.

## Nuevo Hox para el anfioxo

Un equipo liderado por Jordi García Fernández, investigador de la Universidad de Barcelona, ha dado con un nuevo gen Hox. Según describe en la nueva publicación *Evolution and Development*, el anfioxo, pequeño organismo marino considerado por los expertos como el ancestro de los vertebrados, no sólo dispone de un único

cluster de genes Hox, sino que éste se mantiene completo, a diferencia de lo que ocurre con todos los vertebrados. En investigaciones anteriores, García Fernández aventuró que este paquete génico del cual depende la formación del organismo en su eje antero-posterior, se habría duplicado a lo largo de la evolución, de modo que con el paso del tiempo y debido a fenómenos de selección natural, alguno de los genes se habría perdido. Ello quedó poco menos que establecido para los 10 primeros genes Hox, pero no para los siguientes o sus equivalentes. En su nuevo trabajo, el científico extiende su teoría hasta el Hox13 y define un equivalente para el gen *Evx*, el límite posterior del cluster en vertebrados, también para el anfioxo. Sería, en opinión de García Fernández, el Hox14 de anfioxo, inexistente en vertebrados. De este modo, este singular organismo pasaría a ser el del mayor y más completo cluster Hox de cuantos se han descrito.

## Inhibir la telomerasa

El desarrollo de un inhibidor de la telomerasa, al menos en modelos teóricos, podría ser eficaz para frenar el crecimiento de tumores de distinto tipo. La idea, que ya ha sido probada en trabajos *in vitro*, parece ser igualmente válida en modelos animales. Así lo ha expresado María Antonia Blasco, del Centro Nacional de Biología (CSIC) en una publicación reciente en *Nature* en la que pone de manifiesto que el uso de un inhibidor de telomerasa en ratones frena el crecimiento de papilomas en la piel. Las investigaciones de Blasco ponen de manifiesto, una vez más, la relación existente entre la longitud de los telómeros y la capacidad de división celular, teoría formulada hace algunos años para tratar de explicar los procesos de proliferación celular y de envejecimiento. El control de estos mecanismos, sugiere la autora, podría desembocar en el diseño de fármacos capaces de frenar el desarrollo tumoral.

## Ratones con Cdk4 mutada

El Centro Nacional de Investigaciones Oncológicas, dirigido por Mariano Barbacid, ha iniciado líneas de investigación centradas en la generación de ratones manipulados genéticamente con el objetivo de incorporar mutaciones "de diseño". En especial, de genes que codifican por algunos reguladores del ciclo celular, como inhibidores de la familia INK4. Los primeros frutos de este trabajo han sido varias estirpes de ratones con la quinasa Cdk4 mutada, lo cual provoca la aparición de tumores de tipo y origen celular muy diverso a partir de los ocho meses de edad del roedor. A los 16 meses, el 85% de estos ratones desarrolla algún tipo de cáncer, a menudo múltiples neoplasias independientes, sobre todo de testículos y angiosarcomas y apenas ningún melanoma. El uso de agentes carcinogénicos, indica el investigador, puede motivar cambios en el equilibrio que regula la proliferación celular de modo que implica, en plazos mayores, la aparición de múltiples procesos neoplásicos.

## Predicción de respuesta

La detección de la pérdida de actividad de un gen reparador del ADN, en concreto el gen *MGMT*, confiere una mayor sensibilidad a la acción de fármacos alquilantes en tumores cerebrales. Así lo describe Manel Esteller, investigador en el Johns Hopkins de Baltimore, en un trabajo firmado conjuntamente con científicos de la Clínica Universitaria de Navarra en *New England Journal of Medicine*. Según Esteller, se trata de la descripción de la primera técnica basada en genética molecular que permite predecir la respuesta de tumores a los agentes de quimioterapia. El trabajo correlaciona la metilación del *MGMT* con el nivel de respuesta a determinados fármacos. Aunque el estudio está limitado a gliomas, señala el investigador, sus resultados podrían extrapolarse a otros tipos más comunes como colon, pulmón y linfomas.

# XXIV Congreso de la Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular

VALENCIA

18-21 Septiembre 2001

## INVITACIÓN

*En nombre de la SEBBM y del Comité Organizador de su XXIV Congreso queremos invitar a todos los miembros de nuestra Sociedad a participar en el congreso que tendrá lugar en Valencia los días 18 al 21 de Septiembre de 2001*

## COMITÉ ORGANIZADOR

Concepción Abad  
M<sup>a</sup> Eugenia Armengod  
Teresa Barber  
Vicente Conejero  
Luis Franco (Presidente)  
Gerardo López (Secretario)  
Mercè Pamblanco (Tesorera)  
Daniel Ramón  
Vicente Rubio  
Rafael Sentandreu  
Ramón Serrano  
Juan Viña (Vicepresidente)

## SIMPOSIOS

### I. DE LOS GENES A LAS PROTEÍNAS

I.1. Nuevas tecnologías en Proteómica  
Miércoles 19 de Septiembre

I.2. Cromatina  
Jueves 20 de Septiembre

I.3. Enzimología estructural  
Viernes 21 de Septiembre

### II. COMUNICACIÓN INTRACELULAR E INTERCELULAR

II.1. Cascadas de fosforilación  
Miércoles 19 de Septiembre

II.2. Carabinas y proteasas  
Jueves 20 de Septiembre

II.3. Respuesta al estrés en plantas  
Viernes 21 de Septiembre

### III. OTROS SIMPOSIOS

III.1. Fronteras en Patología Molecular  
Miércoles 19 de Septiembre

II.2. Ingeniería metabólica  
Jueves 20 de Septiembre

III.3. Nutrientes como reguladores de la  
expresión génica  
Viernes 21 de Septiembre

## SESIONES DE PANELES

Los posters estarán expuestos de forma permanente durante todo el Congreso.

Los autores permanecerán en el lugar de los paneles, por un periodo de 2h, en uno de los tres días de duración del congreso que se les indicará oportunamente.

## SESIONES PLENARIAS

Los conferenciantes que impartirán las Conferencias Plenarias y las Conferencias "PABMB" y "Luis F. Leloir" se indicarán en la Segunda Circular.

## REUNIONES DE GRUPOS

Las reuniones de grupos y el programa correspondiente de los grupos participantes se incluirán en la Segunda Circular del Congreso.

## SEDE DEL CONGRESO

Facultad de Farmacia  
Universidad de Valencia (Estudl General)  
C/ Vicent Andrés Estellés s/n  
Burjassot (Valencia)

## SECRETARIA CIENTÍFICA

Dpto. de Bioquímica y Biología Molecular  
Facultad de Biología  
Universidad de Valencia (Estudl General)  
C/ Dr. Mollner, 50  
46100 Burjassot (Valencia)  
Teléfono: 963864385 Fax: 963864635

Información del XXIV Congreso:  
<http://www.bq.ub.es/sebbm/XXIVCongreso/>

## Premio Beckman-Coulter Inc.

La Conferencia Beckman-Coulter tiene como objetivo reconocer la labor relevante de un bioquímico/a joven y está subvencionado con 400.000 ptas. La elección del investigador premiado se hará de acuerdo con las siguientes bases:

1. Las bases del premio y su convocatoria se anunciarán en el último boletín de la SEBBM de cada año.
2. Los aspirantes a dicho premio podrán ser o no socios de la SEBBM y deberán no haber cumplido los 40 años al finalizar el año 2000.
3. Las solicitudes al premio podrán ser presentadas por los propios candidatos o ser propuestas por el Comité Organizador del Congreso del año 2001.
4. Las solicitudes deberán ir acompañadas de:
  - Curriculum vitae.
  - Documentación de su contribución científica realizada en España
5. Las solicitudes deberán ser enviadas a la Secretaría del Congreso antes del 30 de Enero de 2001 (Secretaría XXIV Congreso de la SEBBM: Departamento de Bioquímica y Biología Molecular. Facultad de Biología. Universidad de Valencia (Estudi General). Dr. Moliner, 50 46100 Burjassot. Valencia. Debe constar Premio Beckman-Coulter).
6. El Comité Organizador del Congreso elegirá, entre todas las solicitudes recibidas, un máximo de 5 candidatos que serán propuestos a la junta Directiva de la Sociedad. Dicha propuesta, que deberá ir acompañada de toda la documentación enviada por los candidatos, deberá estar en poder de la Secretaría de la SEBBM antes del 15 de febrero de 2001.
7. La labor investigadora, que se tome en consideración para la concesión del premio, deberá haber sido realizada en España.
8. La concesión del premio será decidida por la junta Directiva de la Sociedad, que lo comunicará al Comité Organizador del Congreso SEBBM y a Beckman-Coulter.
9. El premio no podrá concederse a una misma persona más de una vez.
10. El premio podrá quedar desierto si la junta Directiva de la Sociedad lo estima oportuno.
11. La decisión de la Junta Directiva será inapelable.
12. El candidato premiado se comprometerá a pronunciar una conferencia, de no más de una hora de duración, durante el Congreso de la SEBBM. Dicha conferencia estará basada en el propio trabajo galardonado y se anunciará en el programa científico del Congreso como "Conferencia Beckman-Coulter".
13. Al finalizar la conferencia tendrá lugar la entrega del premio.

## Premios para jóvenes Científicos "Innogenetics Diagnóstica y Terapéutica"

### 3ª Convocatoria del Premio Innogenetics Diagnóstica y Terapéutica al Mejor Trabajo publicado durante 2000

Innogenetics Diagnóstica y Terapéutica, S.A. ofrece un premio de 250.000 ptas. al mejor trabajo publicado durante 2000 por un socio de la SEBBM menor de 31 años.

#### REQUISITOS PARA OPTAR AL PREMIO

- Ser socio de la SEBBM en el momento de efectuar la solicitud
- No haber cumplido 31 años en el último día del año 2000
- El candidato debe ser primer firmante del trabajo.
- El trabajo debe haberse realizado en España
- Cada candidato sólo puede presentar un trabajo.

#### PARA OPTAR AL PREMIO

1. Debe cumplimentarse el formulario electrónico situado en <http://www.bq.ub.es/>
2. Deben enviarse a la SEBBM (C/Vitruvio 8 28006-Madrid)
  - Una copia impresa del formulario junto con 3 separatas o fotocopias del trabajo presentado y documento acreditativo de la edad. Fecha límite de recepción: 30 de enero de 2001.

#### JURADO

El Jurado estará formado por la junta Directiva de la SEBBM y un representante de Innogenetics Diagnóstica y Terapéutica sin voto. La decisión se dará a conocer en el programa del XXIV Congreso de la SEBBM

#### CONCESIÓN

El premiado se compromete a dar una conferencia de media hora sobre el trabajo presentado en el XXIV Congreso de la SEBBM, en el que tendrá inscripción gratuita. La entrega del premio se celebrará durante el citado congreso.

4ª Convocatoria del Premio Innogenetics Diagnóstica y Terapéutica a las Mejores Comunicaciones en Panel Innogenetics Diagnóstica y Terapéutica ofrece un primer premio de 100.000 ptas y un accésit de 50.000 ptas.

#### REQUISITOS

##### PARA OPTAR AL PREMIO

- No haber cumplido los 31 años al finalizar el año 2000.
- Presentar una comunicación, como primer autor, en forma de panel, en el XXIV Congreso de la SEBBM.
- Indicarlo expresamente en la hoja de inscripción al Congreso rellenando la casilla al efecto.
- Adjuntar a la hoja de inscripción un documento acreditativo de la edad

#### CRITERIOS DE ADJUDICACION

El Jurado atenderá a criterios de calidad científica y de presentación de los paneles. Ni el premio ni el accésit se podrán declarar desiertos. La decisión del jurado será inapelable.

Más allá del genoma,  
más allá del congreso.

Recientemente se ha celebrado el congreso de la Unión Internacional de Bioquímica y Biología Molecular (IUBMB), "Beyond the genome", dedicado a la era post-genómica, en el que 120 jóvenes bioquímicos nos reunimos en la Universidad de Birmingham. Del evento puede destacarse mu-

cho. De la presentación de trabajos orales, de la discusión sobre pósters o de las sesiones científicas. De la actitud constructiva de los congresistas, que ayudó a mostrar el lado humano de la investigación científica, y de la convivencia, que nos permitió vivir el evento con una perspectiva muy diferente.

Pero si algo me impactó fue la participación del Dr. Donaldson, diseñador de los mapas de rutas metabólicas, que con su energía y pasión me ha ayudado

a entender que la ciencia es algo más que la repetición rutinaria de protocolos establecidos. Como un trofeo guardaré su autógrafo sobre el póster que contiene el mapa de las rutas metabólicas, así como un poema recitado por el "joven-anciano" investigador, más despierto a sus 84 años que muchos jóvenes, sobre una *E. coli* mutada. En la ciencia también hay cabida para el humor y la poesía.

Francesc J. Corcho

HUMOR



Socios Protectores

**ROCHE DIAGNOSTICS, S.L.**  
Copérnico, 60  
08006 Barcelona  
Tel.: 932 014 411  
Fax: 932 009 149

**MERCK-SHARP-DOHME**  
Josefa Valcárcel, 38  
28037 Madrid  
Tel.: 913 210 600  
Fax: 913 211 700

**SMITHKLINE BEECHAM**  
Costa Brava, 14  
28034 Madrid  
Tel.: 917 346 565  
Fax: 917 348 012

**INNOGENETICS DIAGNÓSTICA Y TERAPÉUTICA**  
Pau Alcover, 31  
08017 Barcelona  
Tel.: 934 045 542

**ARMERSHAM PHARMACIA BIOTECH EUROPE gmbH**  
Sucursal en España  
Parc Tecnològic del Vallés  
Argenters, 4 edificio 2 1ª planta  
08290 Cerdanyola del Vallés • Barcelona  
Tel.: 935 944 950

**SIGMA-ALDRICH QUÍMICA, S.A.**  
Apartado de Correos, 161  
Alcobendas 28100 Madrid  
Tel.: 916 619 977  
Fax: 916 619 642