

BIOLOGOS

REVISTA
DEL COLEGIO
OFICIAL DE
BIÓLOGOS DE LA
COMUNIDAD
DE MADRID



2005/TRIMESTRE II/NÚM. 8



Dieta y salud



**El biólogo en las
empresas de
diagnóstico clínico**



**Los últimos bisontes
de Europa**



**Alfonso Valencia,
director del Instituto Nacional
de Bioinformática**

El biólogo y la genética clínica



SUMARIO

Edita

Colegio Oficial de Biólogos de la Comunidad de Madrid

Director

Ángel Fernández Ipar

Consejo Editorial

Emilio Pascual Domínguez
Isabel Lorenzo Luque
Fernando Prados Mondéjar
Juan Esteban Jiménez Pinillos
Julia Sánchez Muñoz
Valentín Alfaya Arias

Editor

José Luis Pardo

Coordinador de redacción

Luis Muñoz Alonso

Realización

Ibersaf Editores

Impresión

Grupo Industrial de Artes Gráficas Ibersaf Industrial, S. L.

Depósito legal

M-18322-2002

ISSN

1579-4350

Distribuye

Safel Distribución, S. L.

Colegio Oficial de Biólogos de la Comunidad de Madrid
C/Jordán n.º 8, esc. int. 5.º
28010 - Madrid
Tel.: 91 447 63 75

En internet

www.cobcm.net



Dieta y salud

4

Hoy día, la dieta es considerada uno de los principales factores modificables en relación con la promoción de la salud y la prevención de enfermedades crónicas.



Noticias: La gestión del agua

8

Hacia una gestión medioambiental eficiente. Profesionales de futuro.



Entrevista

11

Rafael Lahoz Beltrá, colegiado del COBCM, entrevista a Alfonso Valencia, Director del Instituto Nacional de Bioinformática y también colegiado del COBCM.



Situación profesional del investigador biomédico en los hospitales del Sistema Nacional de Salud

14

Se hace necesaria la creación de la categoría profesional sanitaria de Investigador Biomédico.



Diagnóstico clínico

17

El biólogo en posición privilegiada frente a otras profesiones en los procesos de selección de las empresas de diagnóstico clínico.



Influencia de los factores medioambientales sobre la calidad seminal

20

Aunque no hay datos que afirmen categóricamente que los factores medioambientales sean responsables del aparente declive de la salud reproductiva masculina, varios estudios coinciden en sus conclusiones.



El biólogo y la genética clínica

24

Urge el reconocimiento de la categoría profesional sanitaria del biólogo genético-clínico y la legislación específica que regule el ejercicio de la misma.



Los últimos bisontes de Europa

31

Rubén Álvarez describe los valores ambientales y la gestión del Parque Nacional de Bialowieza, el último bosque primigenio de Europa, que sirve de reducto a las mayores poblaciones de bisonte de la Unión Europea.

Dieta y salud

El conocimiento sobre el papel de la nutrición como factor de riesgo en relación con determinadas enfermedades no es nueva. A finales del siglo pasado, distintos autores ya señalaban la implicación de ciertos hábitos alimentarios, un estado nutricional deficiente y la tendencia a padecer determinadas enfermedades. Posteriormente, el interés se centró en algunos alimentos y nutrientes como potenciales modificadores del riesgo en relación con ciertos tipos de cáncer y enfermedades degenerativas, y, más recientemente, el desarrollo en distintas áreas del conocimiento científico y la evidencia epidemiológica acumulada han contribuido a clarificar el papel de la dieta en la prevención y control de la mortalidad prematura producida por enfermedades de declaración no obligatoria.

Según un reciente informe conjunto de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (WHO, 2003), diversos aspectos dietéticos, junto con aquellos relacionados con el estilo de vida (actividad física, consumo de alcohol y tabaco), son los principales factores de riesgo modificables en relación con el desarrollo de las siguientes enfermedades de declaración no obligatoria: enfermedades cardiovasculares, cáncer, diabetes tipo 2, obesidad, osteoporosis y enfermedades dentales. Así pues, hoy día, la dieta es considerada uno de los principales factores modificables en relación con la promoción de la salud y la prevención de enfermedades crónicas, las cuales contribuyen aproximadamente al 60% de todas las causas de muerte, siendo casi la mitad atribuibles a enfermedades cardiovasculares. No obstante, el problema de las enfermedades crónicas no se limita a los países desarrollados. Las proyecciones para el año 2020 estiman que las enfermedades crónicas serán responsables de las tres cuartas partes de las muertes a nivel mundial, presentándose el 70-75% de las muertes debido a enfermedad coronaria, infarto cerebral y diabetes en países en desarrollo. Estos hechos tienen gran interés desde el punto de vista de salud pública no sólo por afectar a gran parte de la población, sino también

porque comienzan en edades tempranas, provocando elevados costes, tanto directos para la sociedad y los Gobiernos como en términos de años de vida ajustados por discapacidad (WHO, 2003).

Dieta y prevención de enfermedades

Durante mucho tiempo, los nutrientes se han considerado fundamentalmente sobre la base de su *esencialidad* para el hombre en relación con la prevención de enfermedades, de forma que el principal papel de la dieta era aportar nutrientes suficientes para cubrir los requerimientos metabólicos de un individuo (evitar carencias, crecimiento y desarrollo). No obstante, mientras éste sigue siendo el objetivo principal para tres cuartas partes de la población mundial (la prevención de enfermedades carenciales), en la actualidad es ampliamente reconocido que la dieta también puede modular determinadas funciones fisiológicas específicas y, como consecuencia, reducir el riesgo de ciertas enfermedades crónicas y degenerativas.

No obstante, en este contexto de prevención, es importante diferenciar las distintas actividades biológicas que pueden presentar los componentes de los alimentos, dado que, a menudo, éstas se asumen como equivalentes e iguales, dando lugar a errores importantes de extrapolación e interpretación. De acuerdo con Bendich y Olson (1989), la actividad biológica de un determinado componente de la dieta en relación con la salud humana se puede diferenciar a tres niveles: funciones, acciones y asociaciones. Las *funciones* se refieren al papel esencial que un determinado nutriente ejerce a concentraciones fisiológicas. En términos nutricionales, las funciones se refieren a la esencialidad del compuesto y, por tanto, a su capacidad de prevenir estados carenciales. Las *acciones* se refieren a efectos (beneficiosos o adversos) mostrados por un componente de la dieta, normalmente, evaluado a concentraciones no fisiológicas (a menudo "farmacológicas") en modelos *in vitro*, *ex vivo*, cultivos celulares o en animales. Estas acciones proporcionan

F. Granado Lorenzo
Unidad de Vitaminas,
Servicio de
Endocrinología y
Nutrición. Hospital
Universitario Puerta de
Hierro (Madrid)



**hoy día,
la dieta es
considerada uno
de los principales
factores
modificables
en relación con la
promoción de
la salud y la
prevención de
enfermedades
crónicas**



los mecanismos biológicos por los cuales estos componentes pueden tener un papel en la salud, aunque su relevancia en condiciones fisiológicas debe ser probada. Por último, las *asociaciones* se refieren a estudios epidemiológicos donde se encuentran correlaciones entre la exposición a un determinado componente de la dieta (p. ej., ingesta) y objetivos de salud o enfermedad (p. ej., ciertos tipos de cáncer o eventos cardiovasculares, cataratas, osteoporosis...). Cabe resaltar que estas asociaciones no proporcionan una relación "causal", sino que son básicamente relaciones estadísticas.

Hoy día, el interés nutricional en muchos de los componentes de la dieta, frecuentemente referidos como "fitoquímicos" cuando son de origen vegetal (véase tabla 1), no se basa en el carácter esencial del componente, que muchos no tienen, sino, por un lado, en otras actividades biológicas que presentan y que pueden ser relevantes en relación con la prevención de enfermedades (p. ej., antioxidante, modulación de respuesta

inmune, efecto sobre crecimiento o diferenciación celular, interacción gen/nutriente), y, por otro, por su presencia en alimentos de consumo frecuente y, por tanto, la posibilidad de modificar su ingesta mediante distintas estrategias nutricionales, con el consiguiente potencial impacto sobre la salud, la prevención de enfermedades y el ahorro de los costes derivados.

Una vez mostrada la relación entre componentes de la dieta y determinadas enfermedades, el objetivo nutricional de prevención se basa, fundamentalmente, bien en la reducción de su ingesta (p. ej., colesterol), o bien en un aumento de la misma, ya sea por encima de los requerimientos establecidos para ese nutriente (p. ej., vitamina E) o a las aportadas por una dieta estándar cuando dichos requerimientos no están establecidos (p. ej., flavonoides, fitoestrógenos). No obstante, establecer relaciones entre dieta y salud es difícil, dado que, en ocasiones, no se puede definir qué compuestos se relacionan con la enfermedad debido a factores

TABLA 1

Principales fuentes (por contenido o frecuencia de consumo) de algunos fitoquímicos contenidos en alimentos típicos de la dieta (mediterránea) española*

Folatos	Carotenoides	Vitamina E	Fitosteroles	Fitoestrógenos
Hortalizas de hoja verde Coles de Bruselas Naranja Fresa Plátano Lentejas Judías	Zanahoria Espinacas Acelgas Judías verdes Pimiento Tomate Naranja Mandarina Melocotón Níspero	Aceite de oliva Aceite de girasol Frutos secos Espinacas Guisantes Lechuga Pimientos	Aceite de oliva Aceite de girasol Coliflor Coles de Bruselas Zanahoria Naranja Manzana	Lentejas Ajo Zanahoria Espárragos Vino tinto
Glucosinolatos	Ácido clorogénico y otros cinamatos	Antocianinas	Flavanonas y dihidrochalconas	Flavonoles y flavonas
Coles de Bruselas Repollo verde Repollo rojo (lombarda) Coliflor Rábano y berros	Espinacas Lechuga Brócoli y repollo Manzanas Naranja Mandarina Cerezas Uvas Vino	Uvas Fresa Repollo rojo (lombarda) Berenjena Cebolla Vino tinto	Naranja Mandarina Limón Pomelo Manzanas	Cebolla Brócoli Judías Puerro Apio Pimientos Manzanas Albaricoque Judías

* Tomado de Olmedilla y cols. (2001).

como la "multicolinealidad" (presencia simultánea) de nutrientes en los alimentos, la participación en varias funciones y posibles efectos sinérgicos y antagónicos de nutrientes y no nutrientes, la insuficiente información sobre la biodisponibilidad de estos compuestos, la presencia de fenómenos metabólicos de primer paso o al hecho de que sus concentraciones en suero no muestran una elevada correlación con su ingesta. Asimismo, dado el origen multifactorial de las enfermedades crónicas y degenerativas y su largo período de latencia, es esencial la utilización de "marcadores" (de exposición, de función e intermedios, así como su relación con factores de riesgo) que sean específicos, sensibles y con valor predictivo en relación con la enfermedad. Más aún, a la hora de poder establecer una *relación causal* entre un nutriente y un objetivo clínico, esta relación debe, además, cumplir otros criterios, como la plausibilidad biológica, consistencia en los resultados de distintos tipos de estudios, especificidad y temporalidad.

Estrategias nutricionales y prevención de enfermedades

Actualmente, una de las principales estrategias para promover la salud se basa en medidas y campañas de prevención, es decir, en evitar o minimizar factores de riesgo y promover hábitos saludables. Determinados patrones de consumo se han relacionado con la etiología y el desarrollo de diversas enfermedades, dando lugar, en los países desarrollados, al concepto de "nutrición óptima", que conlleva una serie de recomendaciones dietéticas para reducir el consumo de determinados alimentos o sus componentes, así como el desarrollo de nuevos alimentos modificando su composición original, tanto en nutrientes como en no nutrientes.

Hoy día, existen distintas estrategias para aumentar la ingesta de determinados componentes de los alimentos en la población (tabla 2), las cuales son compatibles con una dieta equilibrada y con un coste relativamente bajo, teniendo en cuenta la seguridad y su aplicabilidad, bien a nivel de población o de determinados grupos "diana". Tanto el contenido de muchos componentes de los alimentos (ej., carotenoides, vitaminas, minerales) como su biodisponibilidad se pueden incrementar mediante prácticas agrícolas (ej., eligiendo variedades), biotecnológicas (ej.,

transgénicos) y de tecnología alimentaria (ej., optimizando condiciones de almacenamiento, maduración y procesos tecnológicos). Un ejemplo reciente y de gran impacto en salud pública es la introducción de genes para la biosíntesis de carotenoides con actividad provitamínica A en el arroz (Golden rice®) con el fin de luchar contra la deficiencia en vitamina A. Asimismo, la optimización de las condiciones de almacenamiento, la utilización de tratamientos menos agresivos (alimentos mínimamente procesados) y de tecnologías emergentes (ej., altas presiones, pulsos eléctricos), la utilización de atmósferas modificadas y las nuevas técnicas de embalaje (ej., nuevos materiales, adición de antioxidantes) permitirán mantener el contenido de numerosos compuestos o aumentar el tiempo de disponibilidad del alimento en las condiciones deseadas.

En países desarrollados, la fortificación de alimentos se ha mostrado un medio eficaz y de bajo coste para aumentar el aporte de



TABLA 2
Posibles estrategias dietéticas para aumentar la ingesta de componentes de la dieta*

Estrategia	Dieta equilibrada	Aplicabilidad	Seguridad	Coste
Fomentar el consumo de frutas y hortalizas.	Compatible	Población general	Sí	Bajo
Aumentar el contenido de determinados componentes en los alimentos (técnicas agrícolas convencionales o biotecnología).	Compatible	Población general Grupos de riesgo	Sí Por establecer	Bajo-medio
"Biofortificación".				
Optimizar procesos industriales para mantener/aumentar el contenido o biodisponibilidad.	Compatible	Población general	Sí	Bajo
Alimentos funcionales (fortificación, enriquecimiento, nueva formulación de alimentos).	Compatible	Grupos de riesgo	Por establecer	Bajo
Utilización de suplementos o extractos naturales ricos en determinados componentes.	Compatible	Grupos con riesgo elevado	Por establecer	Bajo

* Adaptado de Granado y cols. (2003).



micronutrientes a la población y reducir los problemas derivados de las deficiencias en estos micronutrientes (Dary & Mora, 2002). Esto, junto con otros factores socioeconómicos, ha estimulado a la industria alimentaria a percibir el valor añadido de sus productos a través de la fortificación (Dary & Mora, 2002). Sin embargo, a pesar del enorme desarrollo en el diseño y la producción de este tipo de productos, englobados en el término "funcionales", existe una gran falta de información sobre la biodisponibilidad de los componentes incorporados y sus efectos sobre marcadores de riesgo en humanos en relación con la prevención de enfermedades. Así, hay que recordar que "un alimento puede considerarse como funcional si es demostrado de forma satisfactoria que tiene efecto beneficioso sobre una o más funciones dianas en el organismo (...), de forma que sea relevante tanto para mejorar el estado de salud y bienestar, o para la reducción de riesgo de enfermedad" (Diplock *et al.*, 1999). En otras palabras, si esto no se demuestra, el alimento podrá estar fortificado, enriquecido o modificado en alguno de sus componentes pero no será "funcional". Esta demostración será el soporte científico para la publicidad de estos alimentos (Diplock, 1999).

El binomio beneficio/riesgo

Actualmente, el uso de suplementos dietéticos y productos enriquecidos está aumentando. Este comportamiento, en gran medida, se relaciona con los (potenciales) efectos beneficiosos de determinados componentes contenidos en suplementos, así como al hecho de que al ser "naturales" se asume que son, per se, seguros. Sin embargo, la falta de información existente sobre efectos adversos asociados a una ingesta elevada de un determinado nutriente/componente de la dieta no es, en sí mismo, una prueba de seguridad. De hecho, existe una creciente preocupación acerca de la seguridad de estos componentes, incluidos vitaminas y minerales, lo que ha provocado el desarrollo de métodos para evaluar los riesgos y el establecimiento de niveles seguros de ingesta (Institute of Medicine, 2000, 2001; Lindsay, 2002).

En cualquier intervención, el beneficio debe prevalecer frente al riesgo. Al contra-

rio que con los medicamentos, la evaluación de los riesgos asociados a componentes de la dieta está comprometido debido a factores asociados al propio nutriente (p. ej., falta de información sobre su metabolismo, interacciones con otros nutrientes) y a los sujetos (p. ej., estado nutricional, factores genéticos, edad y sexo). Asimismo, la caracterización del riesgo asociado a componentes de la dieta está limitada por la falta de estudios homogéneos, bien controlados, a gran escala y a largo plazo, falta de estudios dosis/respuesta y de modelos animales apropiados de experimentación (Lindsay, 2002; Lee, 1999).

Actualmente, existe casi un total desconocimiento sobre efectos adversos o tóxicos, a corto y largo plazo, derivados del consumo elevado de gran parte de los componentes de la dieta con potenciales efectos beneficiosos sobre salud. La premisa de que el consumo de estos componentes por encima de las cantidades aportadas por una dieta variada es seguro no está demostrado para la mayoría de los componentes mostrados en la tabla 1. No hay que olvidar que esta premisa (seguridad) fue asumida en los años ochenta, cuando se iniciaron estudios de intervención a gran escala utilizando α -tocoferol (vitamina E) y b-caroteno (pro-vitamina A) para la prevención del cáncer de pulmón y donde los resultados demostraron un aumento de la incidencia de la enfermedad en determinados grupos de riesgo (p. ej., fumadores), en contra de lo esperado (Albanes, 1999).

La mayoría de los fitoquímicos pueden mostrar una favorable relación eficacia/riesgo dependiendo de la dosis, respuesta evaluada y efecto acumulativo al consumirlo largo plazo. No obstante, debe tenerse presente que cuando estos compuestos se suministran oralmente, existe una distribución sistémica y que, para muchos, su metabolismo, depósito y efecto biológico en distintos tejidos es, cuando menos, incierto y en muchos casos desconocido.

Consideraciones finales

La evidencia epidemiológica acumulada, junto con el estudio de actividades biológicas, el desarrollo de modelos experimentales, métodos analíticos y modelos estadísticos han

contribuido a la identificación de componentes de la dieta (fitoquímicos) como factores potencialmente implicados en distintos procesos patológicos. No obstante, los estudios de suplementación a gran escala realizados con nutrientes aislados han proporcionado, hasta ahora, resultados inconsistentes respecto a los potenciales efectos beneficiosos sobre la salud derivados de su uso e incluso sugieren efectos adversos en grupos de riesgo. Por el contrario, los efectos beneficiosos sobre la salud derivados de una elevada ingesta de frutas y hortalizas en la dieta siguen siendo muy consistentes. Asimismo, distintas evidencias parecen indicar poco probable que nutrientes aislados puedan proteger frente a la enfermedad, por lo que la relación entre dieta y salud debe ser considerada de forma global, incluyendo variedad de alimentos, formas de preparación y hábitos alimentarios. Hoy día, un mayor consumo de frutas y hortalizas es uniformemente recomendado, y las perspectivas de futuro incluyen potenciar el consumo de estos alimentos, así como aumentar el contenido o la biodisponibilidad de aquellos componentes potencialmente beneficiosos mediante prácticas agrícolas, biotecnológicas y de tecnología alimentaria. Dado que el efecto de la dieta es acumulativo, esta aproximación parece prudente y segura, a la vez que proporcionará otras sustancias contenidas en los alimentos con potenciales efectos beneficiosos en la prevención de enfermedades.

Hoy día, la industria alimentaria ha puesto a nuestra disposición multitud de productos con (potenciales) "propiedades" sobre nuestra salud y parece poco cuestionable su idoneidad en determinados grupos de población o en determinadas situaciones. No obstante, la amplia variedad y disponibilidad en el mercado, y a veces el uso indiscriminado de estos productos por algunos sectores de la población, hace aumentar la incertidumbre sobre el potencial impacto sobre la salud en determinados grupos de población "no diana" y a largo plazo. Basados en las pruebas disponibles y la inconsistencia en los resultados en distintos estudios en relación con los potenciales efectos beneficiosos sobre la salud derivados de un consumo elevado de determinados componentes de la dieta (p. ej., antioxidantes, ácido linoleico conjugado) en adultos aparentemente sanos, parece evidente que la utilidad y seguridad derivada de un

uso indiscriminado y continuado en algunos grupos de población (p. ej., niños, ancianos, mujeres embarazadas) está aún por determinar. Hasta entonces, la frase de De Felice (1998) bien puede ser aplicable a otros componentes de la dieta: "Aquellos antioxidantes que protegen a los roedores frente a situaciones cardiovasculares perjudiciales deberían ser recomendados sólo en roedores hasta que sean probados como clínicamente efectivos también en humanos".

Bibliografía

- Albanes D. β -carotene and lung cancer: A case study. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1999; 69 (suppl.): 1345S-1351S.
- Bendich A, Olson JA. Biological actions of carotenoids. *FASEB J.* 3: 1927-1932, 1989.
- Dary O, Mora JO. Food fortification to reduce vitamin A deficiency: International Vitamin A Consultative Group Recommendations. *Journal of Nutrition.* 2002; 132: 2927S-2933S.
- De Felice S (ed.). *Nutraceuticals. Developing, Claiming and Marketing Medical Foods.* Marcel Dekker, Inc. (New York). 1998.
- Diplock AT, Agget PJ, Ashwell M, Bornet F, Fern EB, Roberfroid MB. Scientific concepts of functional foods in Europe: Consensus Document. *British Journal of Nutrition.* 1999; 81 (suppl.1): S1-S27.
- Granado F, Olmedilla B, Blanco I. Nutritional and clinical relevance of lutein in human health. *British Journal of Nutrition.* 90: 487-502, 2003.
- Institute of Medicine. National Academy of Sciences (2000). *Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium and Carotenoids.* Washington D. C: National Academy Press.
- Institute of Medicine. National Academy of Sciences (2001). *Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium and Zinc.* Washington D. C.: National Academy Press.
- Lee CM, Boileau AC, Boileau TWM, Williams AW, Swanson KS, Heintz KA, Erdman JW (1999). Review of animal models in carotenoid research. *Journal of Nutrition.* 129: 2271-2277.
- Lindsay DG (2002). Food chemical safety. Limitations in current approaches to its assessment. *Free Radical Research* 36 (suppl.1): 25-27.
- Olmedilla B, Granado F, Herrero C. Dieta mediterránea versus suplementación con micronutrientes: Pros y contras. *Revista Chilena de Nutrición* 28 (2): 368-380, 2001.
- WHO 2003. *Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases.* WHO Technical report, Series 916.



LA GESTIÓN DEL AGUA



Situación actual

En la actualidad nos encontramos inmersos en un gran debate nacional debido al periodo de sequía que estamos padeciendo, con los embalses al 49% de su capacidad y con los volúmenes de agua embalsada por debajo de la media de los últimos diez años.

Los periodos de sequía se caracterizan por ser cíclicos y constituyen un rasgo definitorio de nuestro clima, con una duración de entre cuatro y seis años. Aunque difícil de predecir, las estimaciones que se realizan para el año hídrico no son demasiado halagüeñas, siendo probable que se deban aplicar las medidas previstas en el Plan de Sequía según vaya avanzando el año.

AGUA EMBALSADA hm ³		39,9%			
% S /Capacidad					
Ámbitos	Hm ³ actual	Año actual	Año anterior	Media 5 años	Media 10 años
Vertiente Atlántica	17,416	43,0	59,6	55,1	51,8
Vertiente Mediterránea	3,822	30,0	48,8	40,9	41,9
Total peninsular	21,238	39,9	57,0	51,7	49,4

Fuente: www.mma.es 01/10/2005

Hacia una gestión eficiente

Estos periodos de sequía ponen de manifiesto que debemos tender hacia una gestión integral del recurso hídrico donde se compartan las experiencias de gestión, se le de un valor al recurso, se invierta en las mejoras de las instalaciones y se busquen nuevas tecnologías de explotación.

La gestión debe ser continua en el tiempo, con la implicación de todos los actores implicados con:

1. Sistemas de aplicación **a nivel individual** basados en una utilización racional del recurso.

2. Mejoras de los procesos y uso eficiente del recurso por parte de las **industrias**.

3. Gestión por parte de las distintas **instituciones públicas** implicadas en el mantenimiento y mejora de las instalaciones existentes, mediante los estudios de mejora y ampliación de las infraestructuras en los casos en los que sea posible y las aplicaciones del manual de sequía en sus distintas fases.

Además, dicha gestión debe estar fundamentada en cuatro pilares básicos:

1. **Integral.** Es necesario hacer una gestión desde todos los puntos de vista y tener una visión global donde se conozca el recurso natural disponible, las necesidades demandadas por las poblaciones urbanas, el uso industrial o la agricultura, y las formas de depuración y características del efluente que estas instalaciones producen. Todo ello con el fin de poder realizar una correcta planificación de la utilización del recurso.

2. **Know how global.** Se trata de un recurso compartido, entre distintas regiones e incluso entre distintos países situados en la misma cuenca, como es el caso de España y Portugal. Por tanto es fundamental que los conocimientos que se van generando a través de una gestión eficiente se compartan con el fin de aprender unos de otros y de ir haciendo comunes las formas más eficaces.

3. **Precio del agua.** Es necesario que se instauré una cultura de precio, donde se valore la escasez del recurso y la dificultad de distribución en las zonas de demandas, de una manera continua en el tiempo y no solamente en los periodos de escasez.

4. **I+D+i.** Resulta fundamental el incremento en las inversiones en este campo de cara a mejorar los sistemas actuales de explotación y control del recurso, así como buscar nuevas tecnologías en las formas de obtención del recurso hídrico para los distintos campos de aplicación.





Profesionales de futuro

Se trata pues de una gestión "fría", es decir, basada en estudios técnicos multidisciplinares, realizados por expertos en cada materia, y que los gestores deben analizar de cara a la toma de decisiones; tarea difícil por las implicaciones políticas que tiene la gestión de un recurso vital, escaso y de distribución no homogénea.

Los gestores deben ser técnicos, capaces de comprender y analizar los informes especializados, pero además deben incorporar a sus capacidades todas aquellas nociones directivas que les permitan realizar una gestión integral del recurso de una forma sosteni-

nible, ponderando en sus decisiones, tanto los costes financieros, las implicaciones medioambientales como las repercusiones sociales.

Por esta razón, desde hace más de 35 años, EOI Escuela de Negocios imparte programas de gestión medioambiental, formando profesionales que sean capaces de aunar capacidades técnicas y directivas, y que extiendan a sus empresas y a sus respectivos consejos de administración los valores de la sostenibilidad en su sentido más amplio.

Dolores Martínez Rodríguez
Jefe de Programas de Postgrado
EOI escuela de negocios



EOI Escuela de Negocios

EOI Escuela de Negocios, fundada hace 50 años, es la primera escuela de dirección de empresas de España y una de las primeras de Europa.

Los Master de Postgrado de EOI tienen como objetivo el favorecer el desarrollo de habilidades

personales de los alumnos, mejorar su empleabilidad, fomentar el trabajo en equipo en un entorno competitivo y enseñar a trabajar bajo presión. Esto hace que el alumno refuerce su confianza de cara al mercado laboral y afronte su incorporación con un mínimo de garantías. Los Programas de Postgrado que se imparten actualmente son:

- **MBA Full Time y Part Time** con la posibilidad de obtener doble Titulación al cursar una de sus especialidades:

Dirección General	Sector Industria y Energía
Dirección Financiera	Sector Consultoría
Dirección Comercial y Marketing	Gestión Sanitaria
International Business (1)	Gestión del Medio Ambiente
Gestión de ocio y tiempo libre (1)	Aeroespacial (1)

(1) Estas especialidades se cursan en inglés

- **Programa Superior en Comercio Exterior**
- **Master en Ingeniería y Gestión Medioambiental**
- **Master en Ingeniería Medioambiental y Gestión del Agua**
- **Master en Energías Renovables y Mercado energético**
- **Master en Gestión de Calidad**
- **Master Internacional en Desarrollo sostenible (se cursa íntegramente en inglés)**

EOI Escuela de Negocios

Gregorio del Amo, 6. 28040 Madrid. www.eoi.es Tel. 91 349 56 15/902 50 58 85



Alfonso Valencia

**Director del Instituto Nacional de Bioinformática
(una plataforma de Genoma España)**

**Profesor de Investigación en el Consejo
Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).
Líder del Grupo de Diseño de Proteínas.
Científico Senior del Centro de Astrobiología
(CAB-INTA).**

¿Cómo fueron sus primeros pasos profesionales como biólogo?

Mis primeros intereses en investigación estuvieron relacionados con la genética de poblaciones y la evolución, en el Departamento de Genética de la U. Complutense. Mi tesis doctoral la realicé en el Departamento de Bioquímica de la Facultad de Medicina de la U. Complutense sobre temas de biofísica (espectroscopía) de proteínas. Ya en aquella época estaba interesado por como la evolución modula la estructura y función de las proteínas, que continúa siendo el tema central de mi interés científico, con la diferencia de que ahora utilizo técnicas computacionales y entonces eran básicamente experimentales con algunos primeros desarrollos computacionales.

Y descubrió el ordenador ¿recuerda el día que utilizó uno por primera vez?

En la transición entre la genética evolutiva y el estudio de las proteínas fue cuando comencé a interesarme por la posibilidad de utilizar ordenadores. A principios de los años 80 era sin embargo muy difícil acceder a ordenadores, y con los recursos disponibles sólo era posible realizar aproximaciones muy limitadas.

La que recuerdo como mi primera idea de utilización de ordenadores fue una propuesta que realicé con Luis Serrano (ahora coordinador del programa de Biología Estructural en el EMBL) para usar un ordenador que se había instalado en el INIA para simular el proceso de evolución de las proteínas codificadas por genes solapantes del fago phi29, que acababa de secuenciarse. Creo que en aquel momento los Profesores Lacadena y Municio, que eran los directores de los departamentos de Genética y Bioquímica pensaron que era una locura mezclar biología y

computadores, y quizás fuera cierto que lo era para unos estudiantes de biología en aquel momento. Curiosamente años después descubrí que varios de mis colegas se habían iniciado en la biología computacional con esta misma pregunta en mente.

¿Cuándo surgió su interés por aplicar el ordenador al estudio de las proteínas?

En el año 1986 tuve la suerte de participar en el primer intento colectivo para diseñar nuevas proteínas en el ordenador en un curso organizado en el EMBL en Heidelberg. La estrella de aquel curso era una estación de trabajo para diseño molecular, quizás la primera en Europa. La representación de las estructuras y su manipulación en tres dimensiones era sencillamente fascinante en aquella época, tanto desde un punto de vista científico como puramente estético. En ese curso decidí dedicar mi carrera al estudio de las proteínas con medios computacionales. Afortunadamente a finales de los años 80 los ordenadores personales eran ya suficientemente potentes como para llevar a cabo aplicaciones de interés científico real en biología, en mi caso la primera fue un sistema para predecir la secuencia de degradación por proteólisis, que fue parte de mi tesis doctoral. Finalmente unos años más tarde terminé trabajando con el organizador de aquel primer curso en el EMBL (Chris Sander) en biología computacional aplicada al estudio de la evolución de la estructura y función de las proteínas.

¿Qué son la Bioinformática y la Biología Computacional?

La bioinformática puede definirse como la rama de la biología molecular que se ocupa del

tratamiento, organización e interpretación de los datos experimentales. Esta definición representa los aspectos más técnicos y aplicados.

La biología computacional sería la parte complementaria referida al desarrollo de nuevos algoritmos y métodos computacionales para modelar y simular sistemas biológicos. Esta sería la parte más directamente relacionada con la investigación científica.

Para mí estas definiciones tienen un valor relativo, y en la práctica es muy difícil clasificar los proyectos en una u otra clase.

Honestamente hablando y comparado con los años en los que dió sus primeros pasos en calidad de becario ¿cree que ahora hay más oportunidades para un joven que quisiera dedicarse a la investigación que con respecto a entonces? ¿está mejor, igual o peor la situación?

Cuando yo comencé mi tesis doctoral la biología molecular casi no existía en el país, no había prácticamente ningún grupo dedicado a la estructura de proteínas, las relaciones con el resto de la comunidad científica eran muy pocas, y el nivel de información de los estudiantes sobre posibilidades dentro o fuera del país era realmente muy pequeño.

La situación ahora mismo no tiene punto de comparación, solo hay que pensar en la información disponible para cualquier persona interesada en la web.

Por tanto pienso que ahora mismo es mucho más fácil comenzar una carrera científica, de hecho continuamente los laboratorios están buscando nuevas personas, y siguiendo la tendencia de otros países cada vez es más difícil interesar a jóvenes licenciados/as en una carrera científica.

Debo también decir que aunque piense que los inicios son ahora más fáciles es bien posible que progresar en la carrera profesional sea ahora más difícil que hace unos años.

¿Podría explicarnos cuál es su línea actual de investigación? ¿en qué está trabajando?

Desde un punto de vista puramente científico sigo interesado en el mismo problema: cómo evolucionan las proteínas para adoptar nuevas funciones, qué requerimientos estructurales supone y cómo se organiza la red de interacciones entre las proteínas para realizar las funciones celulares básicas.

Esperamos poder elaborar los primeros modelos realistas de sistemas moleculares capaces de reproducir comportamientos celulares sencillos, con los que mejorar nuestro conocimiento sobre los principios básicos que guían la evolución y organización de las proteínas.

Desde un punto de vista técnico estoy interesado en los sistemas computacionales para extraer,

organizar, distribuir y relacionar la información disponible sobre genomas (y proteomas). Aspectos técnicos todos ellos complejos y tremendamente atractivos dada la dispersión y heterogeneidad de la información biológica.

¿Qué tiene Mare Nostrum, uno de los grandes ordenadores de IBM ubicado en España, que lo haga especial para ustedes? ¿será utilizado en el estudio de las proteínas? Si es así ¿en qué proyectos?

El BSC (Barcelona Supercomputing Center – Centro Nacional de Supercomputación) es un recurso excepcional a nivel mundial (cuarto ordenador en capacidad de cálculo, primer ordenador mundial de propósito general). Todos los grupos con problemas computacionales complejos, y en especial los que utilizan herramientas de simulación, esperamos que este ordenador y el personal técnico del BSC, nos haga más competitivos y nos permita realizar proyectos que hace un año no podríamos ni plantearnos.

Es especialmente interesante resaltar que el BSC es más que MareNostrum, e incluye departamentos de investigación, uno de ellos en biología computacional, que deben resultar un estímulo determinante para la actividad en esta área.

El BSC es además uno de los nodos del Instituto Nacional de Bioinformática (un proyecto en red patrocinado por Genoma España) del que soy director. Esperamos con esta asociación poder utilizar de modo óptimo este excepcional recurso y hacerlo realmente efectivo en el entorno de la biología computacional.

La predicción de la estructura terciaria de una proteína, esto es su forma tridimensional, a partir de su secuencia de aminoácidos –problema conocido como folding– sigue siendo uno de los grandes retos antes de la bioquímica y ahora de la proteómica ¿se ha avanzado algo en su resolución? ¿su solución definitiva vendrá dada por el diseño de ordenadores con mayores prestaciones o bien gracias al diseño de nuevos procedimientos o algoritmos más eficaces que los actuales?

El problema del "folding" es sin duda uno de los más difíciles de la biología computacional. Durante la última década hemos progresado considerablemente en el entendimiento del proceso de plegamiento de las proteínas utilizando técnicas experimentales, también han mejorado considerablemente los algoritmos que simulan el plegamiento de las proteínas usando campos de fuerza semi-empíricos y distintas simplificaciones del sistema físico (una proteína rodeada de moléculas de agua y moléculas del solvente). Desgraciadamente el sistema es aún demasiado complejo para las herramientas disponibles, y pienso que no sólo la capacidad de cálculo es

limitante también los propios métodos y parámetros no son suficientemente completos.

Es interesante que un tipo de métodos distintos basados en el uso de información de bases de datos y sistemas de aprendizaje (redes neuronales y otros) han progresado considerablemente de modo independiente y son actualmente la alternativa más aceptable para la predicción de la estructura de las proteínas. Hace unos pocos meses acabamos de terminar la sexta edición de la competición mundial de predicción de estructura de proteínas (en la que mi grupo ha sido elegido como juez de la calidad de las predicciones) y realmente podemos constatar el continuo avance de este tipo de aproximaciones computacionales en predicción de estructura de proteínas.

Nuestros lectores han estudiado, leído y oído hablar en numerosas ocasiones del genoma, pero ¿podría explicarnos qué es el proteoma?

La proteómica es el estudio del conjunto completo de las proteínas de un organismo, del mismo modo que la genómica es el estudio del conjunto de sus genes.

El énfasis en ambos casos está en la completitud de la información. En el caso de la proteómica incluye el sistema completo de proteínas, sus secuencias, estructuras, modificaciones e interacciones.

Esta información está directamente relacionada con el funcionamiento de los sistemas celulares en los que las proteínas y sus interacciones son los principales actores. Obviamente un problema muy complejo tanto desde el punto de vista experimental como computacional, y del que estamos lejos de tener una solución completa.

La Fundación Genoma España ¿cuál es su misión principal? ¿habrá algún día una fundación Proteoma España?

Genoma España es una fundación pública cuya misión es mejorar la competitividad industrial del país en biotecnología en general y en especial en las áreas de genómica y proteómica.

Sus instrumentos fundamentales son las plataformas tecnológicas en genotipado (asociado a un banco de ADN), proteómica y bioinformática. Los proyectos específicos en colaboración con instituciones públicas y compañías. También desarrolla una labor interesante de prospectiva tecnológica y fomento a la creación de propiedad intelectual. Todas ellas funciones no muy distintas de otras fundaciones similares en países como Canadá o Austria.

Y no, no hay ninguna diferencia entre una fundación genómica o proteómica. El término genómica es de uso muy general e incluye todas estas aproximaciones masivas basadas en técnicas de exploración masiva en biología molecular.

Una vez que ya ha sido secuenciado el genoma humano ¿qué papel desempeñará la proteómica en la era post-genómica?

El primer borrador de la secuencia del genoma humano fue sin duda un hito en la historia de la humanidad, pero es bueno tener presente que todavía estamos produciendo nuevos refinamientos de la secuencia, que no puede considerarse completa y que la secuencia no es más que una parte inicial de la información necesaria. Estamos ahora inmersos en los proyectos de secuenciación de muchos otros organismos para poder realizar estudios comparativos (fundamentales en biología), y en la obtención de los mapas de variación entre individuos en los que se cifran grandes esperanzas para la detección de enfermedades y la que se empieza a conocer como medicina personalizada. Sobre esta información es adicionalmente necesario determinar las señales que determinan la expresión de los genes, su activación y el delicado balance de regulación génica.

Y finalmente también es necesario entender como la expresión regulada de estos genes da lugar a proteínas que se expresan en el momento adecuado, se modifican, localizan e interaccionan con otras proteínas para realizar funciones precisas en las células. Este es el desafío de la proteómica, que en mi opinión no puede considerarse ni independiente ni distinto del esfuerzo completo de la genómica y el resto de la biología molecular.

En los últimos años nuestro país ha experimentado un inusitado entusiasmo, lógico por otra parte, por la creación de empresas de base tecnológica desde las universidades y organismos públicos de investigación como el CSIC, y a las que se conoce con el término inglés spin off ¿es nuestro país más innovador y emprendedor que hace por ejemplo tres o cuatro décadas? ¿qué ha cambiado entre los investigadores? ¿hay empresas españolas de esta clase dedicadas a la bioinformática?

No creo que el entusiasmo en nuestro país sea superior al de otros países, pero sí que es cierto que partíamos de una situación muy pobre y la creación de unas cuantas compañías ha resultado muy positiva para la percepción general.

Las razones para la transferencia de tecnología a empresas a partir de centro de investigación son las mismas que en otros países, tienen que ver con financiación de proyectos específicos, expectativas económicas de los investigadores y posibilidades de desarrollo de proyectos complejos. Creo que en nuestro país tenemos deficiencias importantes de carácter normativo, que afectan a la participación de investigadores en activo, una clara falta de decisión de las instituciones para crear y participar en nuevas empresas, falta de gestores de empresas con

suficiente experiencia técnica e internacional, y una estructura de capital riesgo muy conservadora. Como en tantas otras situaciones estas deficiencias se suplen con el entusiasmo y la dedicación de los investigadores que fundan esas compañías.

Específicamente en el área de bioinformática se han creado varias compañías de spin-off algunas de las cuales han alcanzado un tamaño considerable, atravesado con éxito su segunda etapa de financiación, y han comenzado a tener un éxito en la comercialización internacional de sus productos. Por supuesto tengo en mente la compañía BioAlma que fundé en el 2001 junto a otros bioinformáticos de más prestigio científico (Joaquín Dopazo y Roderic Guigó).

¿Cuál es el futuro de la Bioinformática / Biología Computacional? ¿y sus principales retos en el siglo XXI?

El desarrollo de la biología molecular con la automatización de los procesos, desde la secuenciación hasta la obtención de variantes genómicas (SNPs) crean sin duda un ambiente en el que el tratamiento, organización y análisis de la información son parte imprescindible del propio procesos de análisis. En este sentido la bioinformática es indisoluble del desarrollo de la genómica y proteómica.

El análisis de estos complejos datos derivados de las nuevas tecnologías supone un reto científico considerable, que abarca temas como predicción de genes en genomas completos, evolución de genomas, control génico, predicción de estructura y función de proteínas, análisis de la evolución de la estructura de las proteínas, organización de las proteínas en complejos y redes de interacción, análisis de la variabilidad en poblaciones de genes y genomas, etc. El trabajo en cada uno de estos temas requiere el desarrollo de nuevos conceptos, algoritmos y sistemas computacionales. Con la rápida evolución de las tecnologías experimentales es bastante evidente que el futuro de la biología computacional y la bioinformática no puede ser más apasionante.

Una pregunta, o tal vez varias a la vez que en el fondo son la misma pregunta ¿se han cumplido hasta ahora sus expectativas profesionales? ¿se ha sentido apoyado en nuestro país? ¿le pediría algo al Gobierno actual?

Creo que en los 11 años que he trabajado en este país he contribuido a que el área de biología computacional se haya consolidado y alcanzado una presencia internacional considerable. En este sentido se han cumplido mis expectativas, y estoy especialmente satisfecho de haber contribuido a formar un núcleo importante de nuevos científicos.

También es cierto que no puedo estar satisfecho cuando veo cómo de difícil es continuar sien-

do competitivo a nivel internacional y cómo de lejos estamos todavía de resolver las cuestiones científicas básicas que motivan nuestro trabajo. Durante estos años el apoyo institucional al área de bioinformática, dado su carácter estratégico, ha sido considerable, pero dada la necesidad de desarrollar de modo conjunto la genómica, proteómica y bioinformática son aún insuficientes. Todos esperamos que las promesas del gobierno tanto en términos presupuestarios como organizativos nos hagan superar los problemas actuales, y nos dejen en la posición para que la que estamos preparados y que tan necesaria es para la competitividad de nuestras compañías. Las recientes medidas entorno a la organización de agencias de investigación, evaluación y la transformación del CSIC en una agencia, son sin duda buenas noticias.

A propósito Alfonso, y antes de acabar con tan interesante entrevista, sabemos que en este otoño se celebrará en Madrid el Congreso Europeo de Biología Computacional ¿podrías enumerarnos cuáles serán los temas estrella en esta edición del Congreso? ¿Qué figuras de talla internacional acudirán al mismo? ¿qué papel desempeñará nuestro país –aparte de organizador– en este evento?

Efectivamente entre el 28 de Septiembre y el 1 de octubre el INB organiza el Congreso de Biología Computacional (ECCB05), en el que tendremos la mejor muestra del año sobre el estado de la biología computacional en temas de análisis de genomas, predicción de estructura, proteómica, extracción de información y biología de sistemas. Quizás sea este último tema el que centrará muchas de las discusiones.

Una característica especial del Congreso serán las presentaciones en forma de discusión científica a cargo de científicos invitados de gran prestigio, incluyendo a: Jean-Michel Claverie, Temple Smith, Ewan Birney, Tom Gingeras, Richard Durbin y Chris Sander.

El congreso también incluye un día completo de reunión de jóvenes investigadores, presentaciones de sistemas de software tanto académicos como comerciales.

Para la actividad de bioinformática en el país, y en especial para la Red Nacional de Bioinformática –que agrupa a los profesionales en este tema– esta reunión será sin duda una buena oportunidad para exponer nuestros desarrollos y compararlos con los de nuestros colegas en el resto del mundo.

Situación profesional del investigador biomédico en los hospitales del Sistema Nacional de Salud

José Luis San Millán López, Antonio Sánchez Herranz Investigadores del Hospital Ramón y Cajal y miembros de la Asociación Nacional de Investigadores Hospitalarios (ANIH)

El informe *Mapa bibliométrico de España 1994-2002: biomedicina y ciencias de la salud*¹, recientemente publicado, señala que, en términos de producción científica biomédica, la producción española supone el 2,4% del total de los documentos biomédicos del mundo, lo que nos sitúa en la undécima posición mundial y en la séptima posición dentro de nuestros homólogos europeos. Aunque dicha posición no se corresponde con nuestro grado de desarrollo económico, no es menos cierto que se ha producido una mejoría apreciable: la producción biomédica española se ha cuadruplicado, comparando el período 1986-1994 con el de 1994-2002. El mismo informe recoge que cerca de la mitad de todos los documentos van con la firma del sector sanitario, lo que demuestra la importancia de este sector en la investigación biomédica española.

Sin embargo, la situación institucional del investigador científico en el Sistema Sanitario es confusa. En nuestros hospitales, en particular, existen desde hace años investigadores biomédicos, unos con dedicación parcial y otros a tiempo completo, que realizan investigación básica y clínica, lo que hace de los hospitales el ejemplo vivo de la investigación traslacional. El número total de investigadores en el área de Biomedicina en el Sistema Nacional de Salud es de unos 6.000, según estimación de la Asociación Nacional de Investigadores Hospitalarios

(ANIH), de los cuales el 10% realiza investigación básica a tiempo completo. Una parte importante son licenciados o doctores en Biología.

La vinculación laboral de estos profesionales altamente cualificados es heterogénea, ya que, al no existir en la actualidad una categoría profesional específica de investigadores sanitarios, se les ha ido incluyendo en distintas categorías profesionales sanitarias y no sanitarias, como son las de Facultativo Especialista de Área, Facultativo/Adjunto de Investigación y Técnico Titulado Superior, con retribuciones diferentes aún cuando realizan la misma función. Además, en los últimos años se ha producido la contratación temporal de jóvenes investigadores con varios años de experiencia posdoctoral en el marco de los programas "Investigadores del Sistema Nacional de Salud", promovido por el Fondo de Investigación Sanitaria (FIS-Instituto de Salud Carlos III), y "Ramón y Cajal", dependiente del Ministerio de Educación y Ciencia. Desde la primera convocatoria de contratos FIS, en el año 1998, hasta la fecha se han incorporado a los centros sanitarios mediante este programa 268 investigadores. A ellos hay que sumar 26 investigadores del programa "Ramón y Cajal". La selección de estos doctores se efectúa mediante una evaluación científica competitiva y transparente. El objetivo de estos programas es la inserción de jóvenes valores que puedan aportar nuevos impulsos al campo de la ciencia y tecnología españolas. De forma implícita, se consideró que, tras un período de contratación inicial, la incorporación de estos investigadores a los centros se haría definitiva para



¹ J. Camí, E. Suñén-Piñol y R. Méndez-Vasquez, *Mapa bibliométrico de España 1994-2002: biomedicina y ciencias de la salud*, Medicina Clínica, Barcelona, 2005, 124(3):93-101.



todos aquellos que hubiesen demostrado su capacidad y competitividad en el proyecto desarrollado. Sin duda, ésta es la filosofía subyacente en los programas arriba mencionados.

Lo que antecede es particularmente relevante en el campo de la biomedicina, en el que el futuro de la asistencia sanitaria de alta calidad va a depender de la inmersión en la etapa molecular y celular, que condiciona el futuro de la medicina terapéutica, pero también de la medicina reparativa y regenerativa, con un enorme componente de tratamiento personalizado, que constituyen el horizonte de la medicina actual. La medicina que empieza a abrirse como esperanza real para los ciudadanos en nuestros días requiere un abordaje multidisciplinar. Se necesitan investigadores básicos y clínicos en los centros hospitalarios. Por ello, en esta etapa, el investigador en biomedicina va a estar mucho más cerca de la asistencia de lo que nunca estuvo en períodos anteriores, y su entronque en las plantillas de instituciones asistenciales puede ser perfectamente explicado y justificado.

Una de las asignaturas pendientes por resolver en los centros del Sistema Nacional de Salud es el relacionado con los recursos humanos dedicados a la investigación, que son la base fundamental del sistema de ciencia y tecnología. Sin recursos humanos

no hay política científica, y a los investigadores hay que considerarlos como elementos clave que son del Sistema. Por ello, es necesario planificar una trayectoria profesional para los investigadores en biomedicina dentro de los hospitales que ofrezca oportunidades razonables de formación, incorporación, estabilidad y promoción, y que constituya un horizonte atractivo tanto para los investigadores que llevan años realizando una excelente labor, de formación y de apoyo a la asistencia, como para las nuevas generaciones de especialistas e investigadores de los hospitales. Si no hay una carrera de investigación definida, peligra la incorporación de becarios predoctorales y la continuidad de los investigadores posdoctorales por el riesgo de no poder desarrollar una carrera investigadora en los hospitales que sea reconocida.

En el Proceso de Consolidación de Empleo en el Sistema Nacional de Salud, en desarrollo en estos momentos, los investigadores hospitalarios interinos no han podido consolidar sus puestos de trabajo como tales, sino que han sido incluidos en la categoría no sanitaria de Técnico Titulado Superior. Asimismo, los contratados FIS, a pesar de recibir del Instituto de Salud Carlos III un nombramiento de Investigador del Sistema Sanitario y de estar en posesión del grado universitario de doctor, en la mayoría de los casos están siendo contra-



tados por los hospitales receptores de la red pública en la categoría de Técnico Titulado Superior. Esta categoría no es, bajo ningún concepto, homologable a las categorías que ocupan los investigadores científicos en otras escalas de la Administración pública (por ejemplo, Consejo Superior de Investigaciones Científicas o Instituto de Salud Carlos III). Se da, por tanto, la circunstancia de que los hospitales estarían incluyendo a los investigadores en una categoría que, por su formación, cualificación y experiencia, no les corresponde. Independientemente de los problemas de promoción y salariales que esto conlleva, esta falta de homologación también impediría la deseable movilidad de los investigadores entre instituciones independientes de diferentes ministerios y organismos.

Reconocer la figura del investigador en biomedicina en el Sistema Nacional de Salud, con dedicación profesional a tiempo completo a la investigación, no es sólo plasmar la realidad existente, sino una necesidad estratégica, imprescindible para la interacción de las instituciones sanitarias con agencias y organismos externos de investigación, así como para el desarrollo y la consolidación de la investigación hospitalaria. La experiencia acumulada de los equipos investigadores que ya existen en las instituciones sanitarias permite afirmar que, en caso contrario, la investigación biosanitaria tendrá muchas dificultades para dar el salto de madurez que necesita para alcanzar el nivel que corresponde al rápido desarrollo social, político y económico de nuestro país, y poder adecuar nuestras estructuras a los requerimientos de la competitividad internacional en la materia.

La primera generación de investigadores contratados por el programa FIS va a cumplir pronto los seis años de contrato. Ha llegado el momento de que la Adminis-

tración posibilite la incorporación definitiva de aquellos investigadores que hayan acreditado durante su período de contratación inicial un nivel de excelencia a las plantillas de las instituciones públicas que los han acogido, haciendo necesaria la creación de la categoría profesional sanitaria de Investigador Biomédico. Dilatar la creación de esta categoría, que englobaría a todos los científicos repartidos en otras categorías, y la contratación definitiva de brillantes investigadores de los programas FIS y "Ramón y Cajal" puede ocasionar efectos nefastos. De ser así, todo el esfuerzo realizado por ellos, por las instituciones y por el país carecería de sentido. Una vez más, habríamos invertido para que otros inventen. Sin dejar de mencionar los efectos sociales que se derivarían de un despilfarro injustificable, hay que señalar los graves efectos negativos sobre los investigadores en activo y sobre la formación y perspectivas de futuro de las nuevas generaciones. Se ha dado un importante paso adelante y ahora es necesario consolidar los logros obtenidos. A los centros sanitarios, Consejerías Autonómicas de Sanidad, Instituto de Salud Carlos III, Ministerio de Sanidad y Ministerio de Educación y Ciencia incumbe arbitrar medidas urgentes para impulsar la investigación en los hospitales y evitar que esos programas concluyan en lamentable fiasco.



Recientemente, se ha constituido la Asociación Nacional de Investigadores Hospitalarios (ANIH)², en la que queremos reunir a los profesionales que realizan investigación biomédica en los hospitales. Actualmente, contamos con más de 100 afiliados, distribuidos en 8 comunidades autónomas y 33 hospitales. El objetivo de la ANIH es colaborar con las distintas administraciones públicas para dar solución a esta situación laboral que consideramos prioritaria y urgente.

² www.anih-es.org



El biólogo en las empresas de diagnóstico clínico

Hace algunos días una persona del Colegio de Biólogos me encargó que redactara un artículo para esta revista, sobre "el biólogo en el ámbito de la salud". Llevo más de 15 años trabajando en la empresa privada, en el campo del diagnóstico clínico. Una de las sensaciones más gratificantes ha sido comprobar el incremento del número de biólogos entre nuestros clientes, especialmente en los últimos años. Siempre hubo biólogos en las empresas de diagnóstico clínico, pero no ejerciendo como analistas; realizaban principalmente labores de técnico o auxiliar de laboratorio. En los últimos años cada vez más colegas ejercen puestos de responsabilidad en este ámbito. Un ejemplo de máximo nivel es el del Prof. Dr. Francisco Gracia Navarro, que ha sido nombrado director del Instituto Carlos III recientemente. Éste es un centro de referencia en el ámbito de la salud tanto en pruebas diagnósticas como en investigación.

Existe un complejo de inferioridad histórico del biólogo en este campo del diagnóstico, frente a médicos y farmacéuticos, que no está basado en la lógica. En cualquier

ámbito de este sector: bioquímica, hematología, inmunoensayo, microbiología, biología molecular, etcétera, el biólogo posee mayor formación y nivel de conocimientos que cualquier otro titulado superior. En mi opinión, tenemos una formación similar o incluso superior a la de los médicos, farmacéuticos o químicos. El problema, por tanto, no ha sido el de la formación. A lo largo de los años se nos han impuesto barreras por parte de otras disciplinas que competían por mantenerse o incorporarse al campo de la salud. Podríamos hablar de temor, envidia o simplemente desprecio como desencadenante de la aparición de esas barreras. Hay muchos ejemplos de esto, quizás el más llamativo sea el de las especialidades. ¿Por qué un biólogo que ha hecho el BIR no tenía su especialidad reconocida oficialmente por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, y el de Sanidad y Consumo? Afortunadamente, con la reciente Regularización de Especialidades Sanitarias para Biólogos y Químicos (Real Decreto 1163/2002, de 8 de noviembre y Orden PRE/274/2004, de 5 de febrero) esta situación ha acabado. A partir de ahora

José Ramón Letón
de la Torre
Colegiado n.º 18427-M





cualquier biólogo podrá, previa realización del BIR, ejercer como analista clínico, bioquímico, microbiólogo, inmunólogo o radiofarmacéutico. Parece anacrónico hablar de esto, pero es la realidad que ha existido hasta hace poco tiempo. Es cierto también que los biólogos somos poco gregarios y muy poco reivindicativos. Estas características no nos ayudan demasiado a salir de la situación en la que nos encontramos como colectivo.

He reconocido siempre la vocación en cualquier biólogo. Todos hemos cursado la carrera siendo conscientes del estrecho futuro que nos esperaba al final del camino: una investigación incierta, la docencia, visita médica, pocas opciones más. Ahora, con las especialidades sanitarias y nuevas posibilidades en el campo de la salud, el medio ambiente, las nuevas regulaciones en las empresas..., se abre un campo más amplio y nuevas oportunidades para el futuro profesional del biólogo.

Las empresas de diagnóstico clínico han contado siempre con muchos biólogos. Sin embargo, en los últimos 10-15 años los cambios se han ido sucediendo. Cuando empecé en este campo había técnicos para la reparación de analizadores (ingenieros, peritos, etc.) y vendedores (biólogos, farmacéuticos y químicos). Hoy día existe mayor diversificación. La especialización ha representado el cambio más importante. Los clientes han ido exigiendo paulatinamente más soporte y de mayor calidad, puesto que a ellos se les ha exigido a su vez mayor eficacia y productividad con menor personal y reducción de costes. Las empresas se han visto obligadas a realizar una enorme inversión para adaptarse. Han tenido que desarrollar nuevos sistemas, más automatizados, más cómodos y con mayor capacidad de trabajo. La formación ha representado una importancia

crucial, las empresas han ido ofreciendo al cliente mayor cobertura, esencial para poner en marcha y dar soporte a esos nuevos sistemas. La informática, al igual que en otros sectores, ha transformado los laboratorios de análisis clínicos. En este sentido, los biólogos hemos aportado nuestra formación y capacidad de adaptación realizando un enorme esfuerzo para afrontar estos cambios.

Hay que considerar, además, el importante incremento en el número de parámetros analizados en los laboratorios de análisis clínicos. Han ido apareciendo nuevas enfermedades y nuevas formas de diagnosticar las existentes, lo que se ha traducido en la aparición de esos nuevos parámetros, así como también ratios, test reflejos y nuevas versiones mejoradas de parámetros existentes. Hay patologías que han tenido un enorme desarrollo en su diagnóstico o incluso se han empezado a diagnosticar en los últimos 10 o 15 años. Algunos ejemplos relevantes son las alergias, oncología, algunas patologías virales, trastornos hormonales...

Los biólogos poseemos una elevada formación en bioquímica, biología molecular, microbiología, genética... que nos lleva a tener una posición privilegiada con respecto a otros colegas y a tener una cierta ventaja a la hora de ser seleccionados en las empresas de este sector. Nuestro perfil es idóneo por la formación universitaria recibida, aunque las especialidades más adecuadas son las de Bioquímica, Biología Molecular o Fundamental. Son menos demandadas las de Botánica y Zoología. Nuestra formación de base nos ayuda a introducirnos rápidamente, a desarrollar y entender mejor nuestro trabajo. Me atrevo a indicar que, por estas razones, los biólogos somos mayoría en las compañías de este ámbito. Éstas son las mejores herramientas que tenemos para luchar contra las barreras que nos limitan y permiten que nuestro currículum se sitúe por encima a la hora de ser seleccionados en las empresas de diagnóstico clínico.

Teniendo una carrera universitaria no está bien vista la dedicación a una actividad comercial o similar. En las empresas de diagnóstico, casi cualquier posición que puede ocupar un biólogo es comercial. No



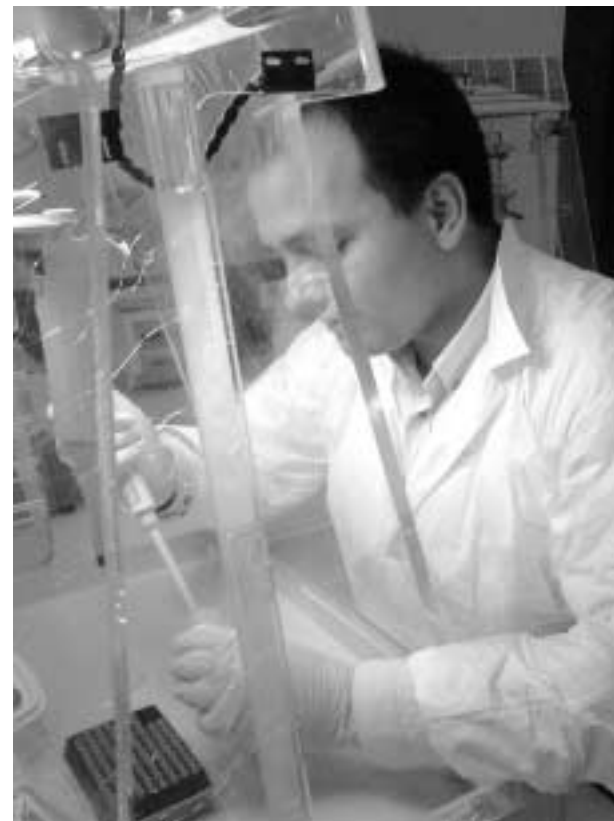
hay prácticamente actividad de investigación y desarrollo en España en este campo. La aparición de nuevos perfiles profesionales en estas empresas (aplicaciones, soporte a cliente y distintos escalafones en los departamentos de marketing) ha cambiado un poco esa visión. Hay que tener presente, no obstante, que cualquier puesto en estas compañías tiene un alto contenido comercial y de negocio. Pero ¿alguien se ha preguntado qué componente comercial tiene su puesto de trabajo, sea cual sea? ¿Acaso no estamos en nuestro trabajo continuamente vendiendo lo que hacemos o a nosotros mismos? ¿No estamos continuamente pensando en cómo será visto lo que hemos hecho o que aceptación tendrá en los demás?

Mis vivencias en este sector del diagnóstico son claramente positivas. He tenido la oportunidad de conocer a muchas personas que me han aportado todas y cada una de ellas conocimientos, que han ido forjando mi experiencia actual. He visitado numerosos lugares en mis múltiples viajes. He podido completar mi formación con gran número de cursos, congresos, conferencias... a los que de otra manera no hubiera tenido acceso. Creo que es un trabajo que te ofrece variedad de oportunidades, aunque no está exento de riesgos. Las posibilidades de desarrollo y nuevas experiencias que tienes en estas empresas son difíciles de conseguir en el campo de la docencia o la investigación. Desde luego, no todo son ventajas en este tipo de trabajo. La competitividad, la presión de las ventas, las altas exigencias a las que continuamente estás sometido no son fáciles de soportar. Con todo, el balance para mí es favorable.

Quiero insistir en la dignidad y la idoneidad de este tipo de trabajo para el biólogo, acorde a los conocimientos adquiridos durante la carrera universitaria. Cualquier empleo de los clásicos de biología (docencia, investigación...) seguramente tiene un componente rutinario muy alto. En cualquier puesto de las empresas de diagnóstico la rutina no existe. Continuamente aparecen situaciones nuevas, problemas nuevos a los que hay que dar respuesta. Cuando empecé en este sector, el resultado de los análisis se entregaba después de

una semana o 15 días de la extracción de la muestra. Actualmente, la extracción se hace un día y los resultados se entregan al día siguiente, sin mencionar el caso de los laboratorios de urgencias. Los clientes, por tanto, exigen un servicio por nuestra parte que se parece cada vez más al llamado *just in time*. Si no se ofrece ese servicio, la competencia se lo proporcionará y en pocos meses el cliente se habrá perdido. No es suficiente la predisposición a dar buen servicio; se requiere, además, poseer una buena formación en las técnicas y en los productos que presentas. El entorno en el que nos movemos nos exige estar al día. Recibimos casi a diario en nuestro ordenador nuevas versiones de productos, de software o incluso información sobre nuevos analizadores que se lanzan al mercado. Periódicamente recibimos también cursos de formación relacionados con todas estas novedades.

Me gustaría terminar este artículo como lo comencé, intentando transmitir una sensación de optimismo hacia el futuro del biólogo. Creo que, si seguimos luchando por el futuro de nuestra profesión apoyándonos en normativas como el Real Decreto de Especialidades Sanitarias y otras similares, podremos ir haciéndonos un merecido hueco en el campo de la salud. Pienso que el futuro profesional de muchos de nosotros, sobre todo de los que empiezan, pasará por dedicarse a algún tema relacionado con la salud, y por eso es tan importante dar pasos en este sentido. Quiero también animar a todos los biólogos a que os colegiéis y a que colaboréis con el Colegio fortaleciéndolo. Un colegio fuerte nos ayudará a conseguir nuevas metas para nuestra profesión y a obtener un abanico más amplio de oportunidades.



L. G. González-Viejo,
S. Cortés
Laboratorio
Andrología. Clínica
Tambre (Madrid)

I. Durán
Unidad de
Reproducción. Hospital
Virgen del Mar
(Almería)



Influencia de los factores medioambientales sobre la calidad seminal

El descenso de la calidad del semen en varones ha sido durante las últimas décadas objeto de gran controversia. Desde la aparición de un estudio, realizado por Nelson y Bunge en 1974 (1), en el que se observó una disminución de los parámetros seminales, han sido muchos los autores que han trabajado en este tema y sus posibles causas.

Los parámetros indicadores de la calidad espermática que se utilizan en la actualidad son básicamente la concentración y la movilidad espermática. La concentración espermática suele expresarse en millones de espermatozoides por mililitro de eyaculado, mientras que la movilidad espermática se expresa en los porcentajes de las distintas categorías que establece la Organización Mundial de la Salud (OMS); estas categorías son: movilidad tipo a (progresivos rápidos), movilidad tipo b (progresivos lentos), movilidad tipo c (no progresivos) y movilidad tipo d (inmóviles). A partir de aquí se emplean otros parámetros derivados de éstos, como son el número total de espermatozoides en el eyaculado (resultado de multiplicar la concentración por el volumen del eyaculado), movilidad total (suma de los porcentajes de a, b y c) o número de espermatozoides móviles en el eyaculado.

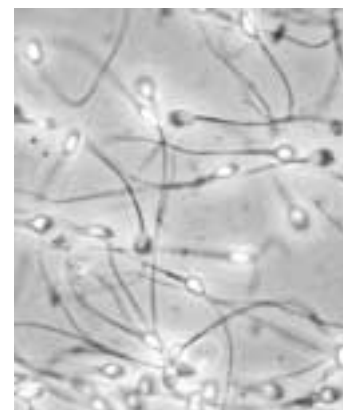
El debate sobre la caída en la calidad seminal cobró fuerza de nuevo en 1992, cuando el grupo de Carlsen (2) estudió las características seminales de 14.947 varones sanos y de diferentes regiones del mundo, en un meta-análisis sobre 61 referencias, entre los años 1938 y 1991, observando un descenso del volumen medio del eyaculado, que pasa de 3,4 ml en 1940 a 2,7 ml en 1990. Igualmente, la concentración espermática media bajó de 113 millones de espermatozoides/ml a 60 millones de espermatozoides/ml en las mismas fechas.

A partir de este momento comienzan a aparecer estudios que contradicen y critican los resultados presentados por Carlsen *et al.*, así como publicaciones que respaldan la hipótesis tanto en Europa como en otros continentes. Swan *et al.* (3) realizan una revisión en la que se incluyen más de 100 trabajos publicados entre los años 1934 y 1996 que corroboran la caída en la concentración espermática en Europa, Estados Unidos y Australia, y encuentran resultados similares a los de Carlsen *et al.*

Otro estudio realizado en Francia en 1995 por el grupo de Auger (4) sobre 1.345 donantes de semen en un período de 20 años mostró un descenso significativo en la concentración de espermatozoides, de 89 millones de espermatozoides/ml en 1973 a 60 millones de espermatozoides/ml en 1992 (descenso anual del 2,6%). Asimismo, el porcentaje de espermatozoides móviles y células normales disminuyó significativamente a lo largo del tiempo (descenso anual del 0,3% y 0,7%, respectivamente).

En estos trabajos se llega a la conclusión de que nos encontramos ante un fenómeno de una posible disminución en la calidad espermática asociado a un incremento en la incidencia de alteraciones del aparato reproductor masculino tales como criptorquidia, hipospadía y cáncer de testículo. La hipótesis que trata de explicar este fenómeno atribuye esta caída de la fertilidad a factores de carácter medioambiental, en particular a la acción de los llamados disruptores endocrinos.

Pese a todo, este tipo de estudios comparativos han sido criticados por los posibles sesgos que pueden presentar en cuanto a la selección de las poblaciones de estudio, metodología empleada, regionalización y



estacionalidad, por lo que, antes de aceptar la hipótesis de la disminución de la calidad espermática y su relación con factores de carácter medioambiental, es preciso analizar estas controversias:

- Muchos de estos estudios han sido realizados a partir de poblaciones muy diversas. Hay que tener en cuenta que no podemos considerar similar la población que acude a una clínica de esterilidad que la población procedente de un banco de donantes de esperma.
- Existe una gran variabilidad en el procesamiento de las muestras de semen: las distintas metodologías empleadas y la gran subjetividad de los distintos observadores podrían explicar en parte la variabilidad de los cambios observados.

Los trabajos más recientes tratan de solventar esta problemática siendo rigurosos en la selección de la población de estudio,

diferenciando cuatro tipos de poblaciones: población juvenil de fertilidad no probada (jóvenes en general), población de fertilidad probada, población procedente de bancos de semen y población procedente de clínicas de fertilidad. A su vez, es preciso estandarizar la metodología de análisis, así como la aplicación de controles de calidad, para evitar las variaciones existentes entre los distintos observadores.

En un estudio realizado recientemente en el sur de España con población joven (18-25 años) y empleando metodología estandarizada (criterios OMS, un único observador sometido a un control de calidad común con otros laboratorios europeos) se obtienen resultados comparables a los obtenidos en otros estudios paralelos realizados en Europa en los que se han empleado los mismos criterios de selección de población y metodología de análisis (tabla 1).

TABLA 1

Comparación de los resultados obtenidos en el sur de España con los obtenidos en estudios paralelos en otros países europeos

		n	M _d (5-95)	M _d (5-95)	
Volumen (ml)	Finlandia	324	3.4 (3.2-3.6)	N.º total	185 (154-223)
	Estonia	104	3.0 (2.8-3.3)	(millones de espermatozoides en el eyaculado)	174 (137-222)
	Noruega	240	3.1 (3.0-3.5)		133 (108-164)
	Dinamarca	300	3.3 (3.1-3.6)		138 (117-162)
	España	273	3.1 (2.7-3.3)		157 (118-180)
Concentración (millones/ml)	Finlandia	324	54 (45-65)	% a + b + c / Total móviles	65 ^a /120 ^b (63-66)
	Estonia	104	57 (46-72)		74 ^a /128 ^b (72-76)
	Noruega	240	41 (34-51)		64 ^a /85 ^b (62-66)
	Dinamarca	300	41 (35-48)		66 ^a /91 ^b (64-67)
	España	273	51 (42-68)		61 ^a /93 ^b (58-65)

^a Movilidad total (% a + b + c).

^b Millones de espermatozoides móviles en eyaculado.

Aunque estos resultados no nos dicen si realmente hay una caída de la calidad seminal en esta población (a no ser que los comparemos con estudios anteriores pese al gran sesgo que presentan), nos valen como referencia de la situación de la calidad espermática en la población juvenil actual

en Europa y pueden ser utilizados como base para posteriores estudios.

En otro estudio realizado sobre un total de 260 donantes de semen de un centro de Madrid, entre los años 1986-2004, estableciendo dos grandes grupos (desde 1986

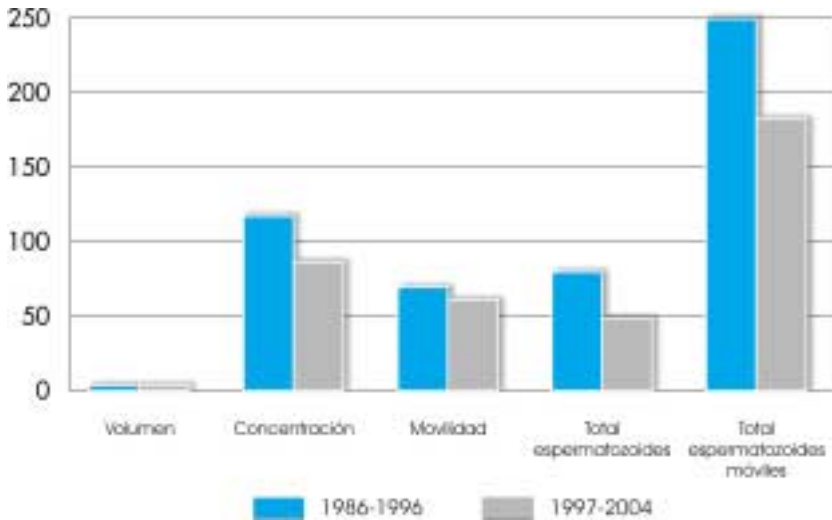


Gráfico 1. Comparación de parámetros espermáticos de 260 donantes de semen entre 1986-1996 y 1997-2004.

hasta 1996 y desde 1997 hasta 2004), se ha observado un descenso en el número total de espermatozoides del eyaculado y en el número de espermatozoides móviles totales (gráfico 1).

La explicación de la posible disminución de la calidad espermática se atribuye sobre todo a factores de tipo medioambiental y a hábitos de vida.

Entre los factores medioambientales encontramos factores físicos (temperatura, luz, radiaciones ionizantes, campos electromagnéticos de alta frecuencia), factores sociales (ruralidad, estrés prolongado) y factores medioambientales de carácter químico (contaminantes, pesticidas, cosméticos, disolventes, plásticos, metales pesados).

Entre los factores físicos, el más estudiado ha sido (y es) la temperatura. De todos es sabido que la espermatogénesis es dependiente de la temperatura, y que ésta ocurre en el testículo a una temperatura de aproximadamente entre dos y cuatro grados por debajo de la temperatura corporal. Son numerosos los factores externos que pueden afectar a la diferencia de temperatura entre el escroto y el resto del cuerpo (postura, vestimenta, estilo de vida, estación, etc.). Entre estos factores, el más analizado ha sido el estilo de vida, atendiendo sobre todo al sedentarismo en el trabajo. El hecho de mantener una postura sedentaria durante un tiempo prolongado puede afectar a la

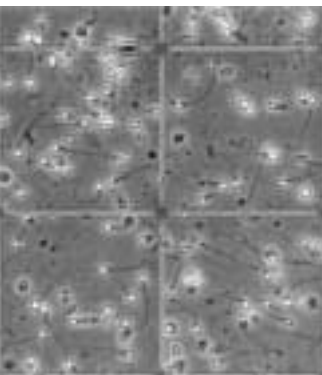
temperatura del escroto.

Se ha observado una ligera diferencia en la calidad espermática en trabajadores en general con un estilo de vida (ocupación) más sedentario y aquellos que realizan una mayor actividad física, siendo la concentración espermática ligeramente menor en el primer grupo; no obstante, esa diferencia no es estadísticamente significativa, por lo que no se puede concluir que un trabajo sedentario sea un factor de riesgo para la fertilidad en el varón. Sin embargo, está claro que la exposición continua al calor tiene un efecto negativo en la fertilidad masculina (movilidad y morfología espermática), y determinadas actividades en las que los individuos están expuestos de forma prolongada a altas temperaturas podrían considerarse un factor de riesgo para la fertilidad.

Dentro de los llamados factores medioambientales de carácter social, el que más ha sido asociado a la fertilidad en el varón (principalmente fuera del ámbito científico) ha sido el estrés en distintas acepciones (estrés social, presión laboral, etc.). El estudio de este factor y su relación con la calidad espermática es muy difícil de llevar a cabo, trabajos recientes no indican ninguna relación directa entre el estrés y la presión laboral con la fertilidad en el varón.

Se estiman en más de 120.000 las sustancias químicas producidas por el hombre desde el inicio de la Revolución industrial que no tienen parangón en la naturaleza. A partir de los años cuarenta comenzó la producción masiva y liberación de la mayor parte de estos compuestos al ambiente; de este modo, una media de 2.000 sustancias químicas nuevas se incorporan anualmente al censo de sustancias derivadas de la actividad humana. Por tanto, el hombre y su entorno resultan fácilmente expuestos a estos compuestos, tanto desde el momento de su fabricación como a través de los procesos de distribución, uso y degradación final. Esta exposición tiene lugar tanto de manera conocida y programada como de forma no intencionada, accidental o simplemente inadvertida.

La hipótesis patogénica subyacente explica que alguna de estas sustancias químicas





se comportan como hormonas, alterando la homeostasis del sistema endocrino desequilibrando el balance de estrógenos, andrógenos, progestágenos y hormonas tiroideas, a través de diferentes mecanismos de acción. A estos compuestos se les denomina disruptores endocrinos. Este término define un grupo de sustancias químicas exógenas al organismo, naturales o sintéticas, de muy diferente origen, estructura y uso, que interfieren en la producción, liberación, transporte, metabolismo, unión a receptores específicos, acción biológica o eliminación de las hormonas responsables del mantenimiento de la homeostasis y regulación del desarrollo.

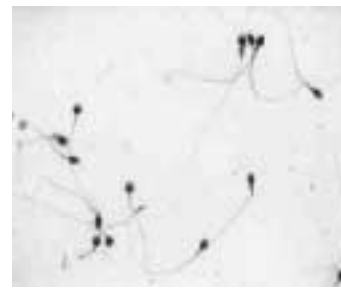
Actualmente no tenemos datos que afirmen de forma categórica que los factores medioambientales sean los responsables del aparente declive de la salud reproductiva masculina observada en las últimas décadas. No obstante, si analizamos el conjunto de los trabajos realizados al respecto, nos damos cuenta de que la mayor parte coincide en sus conclusiones. Es conveniente aclarar si realmente nos encontramos ante un fenómeno de rápido declive de la fertilidad en el varón para posteriormente poder asociarlo al progresivo, y al parecer imparables, deterioro que sufre nuestro medio ambiente. Se ha comprobado *in vitro* que muchas de las sustancias químicas que son de uso cotidiano tanto en la agricultura como en determinadas industrias y a las que estamos expuestos de forma constante pueden ser potencialmente deletéreos sobre las células espermáticas, o bien poseer capacidad disruptora (tanto estrogénica como antiandrogénica).

No obstante, y sobre todo a nivel administrativo, la preocupación por el deterioro ambiental y la producción y aplicación de sustancias de actividad disruptora en potencia sigue estando en un plano secundario, pese a que, dentro de la comunidad científica,

está cada vez más claro que algo está ocurriendo, y ya son numerosos los trabajos de rigor que comienzan a demostrar la relación existente entre determinados factores de carácter medioambiental y diversas patologías, principalmente a nivel endocrino. Esta preocupación debería ser causa suficiente para la aplicación de un principio de cautela. A su vez, es preciso que comencemos a tomar conciencia del riesgo que corremos ante el uso descontrolado que hacemos de productos cuya composición, mecanismos de degradación y persistencia en el medio ambiente desconocemos, y no solamente a nivel industrial o agrícola, sino también desde el punto de vista del uso doméstico e individual que hacemos de infinidad de materiales que forman parte de nuestra vida cotidiana.

Bibliografía

1. Nelson C, Bunge R (1974). "Semen análisis: Evidence for changing parameters of male fertility potential". *Fertil. Steril.* 25: 503-507.
2. Carlsen E, Giwerman A, Keiding N, Skakkebaek N (1992). "Evidence for decreasing quality of semen during past 50 years". *BMJ.* 305: 609-613.
3. Swan SH, Elkin EP, Fenster L. "The question of declining sperm density revisited: an analysis of 101 studies published 1934-1996". *Environmental Health Perspectives* 2000; 108(10):961-966.
4. Auger J, Kuntzmann J, Gzyglik E, Jouannet P (1995). "Decline in semen quality among fertile men in Paris during the past 20 years". *New England Journal of Medicine*, 332: 281-285.



Dra. M^ª Isabel Tejada
(bióloga-genetista)
Licenciada en Ciencias
(Sección Biológicas)
por la Universidad de
Barcelona.
Doctora en Biología
Humana por la
Universidad de París V.
Responsable del
Laboratorio de Genética
Molecular del Hospital
Cruces. Baracaldo
(Vizcaya).
Ex-presidenta
de la Asociación
Española de Genética
Humana (AEGH)

El biólogo y la genética clínica

1. Breve introducción: definición, objetivos y líneas prioritarias de trabajo en genética clínica

La genética humana aplicada al estudio y diagnóstico de las enfermedades hereditarias, más comúnmente llamada genética clínica o genética médica, es una especialidad muy reciente. Aunque para el año 1865 Mendel ya había escrito sus famosas leyes de la herencia, no fue hasta principios del siglo XX cuando se aplicaron con relación al hombre. Suele considerarse que los fundadores de la genética clínica son un médico, Archibal Garrod, quien reconoció en 1902 que la alcaptonuria se transmitía según las leyes de Mendel, y un biólogo, William Bateson, que estudió la consanguinidad y le dio nombre a la genética en 1906 (1). Sin embargo, no fue hasta los años cuarenta cuando el asesoramiento genético empezó a considerarse como una práctica clínica, y todavía tuvieron que pasar otras dos décadas más para que, en los años sesenta y debido al descubrimiento del ADN y del número exacto de los cromosomas humanos, se iniciara la era de los centros y laboratorios de genética en los centros sanitarios.

que por lo menos uno de cada 20 individuos de menos de 25 años puede desarrollar una enfermedad seria con componente genético, bien sea monogénico, citogenético o multifactorial (los tres grandes grupos de enfermedades genéticas) (2). Y, en cuanto a su número, en el OMIM (3) están ya repertoriados más de 10.000 genes con secuencia conocida y cuyas mutaciones producen enfermedades hereditarias. Si consideramos, por último, que recientemente, en el año 2001, se descifró la mayoría del genoma humano (4), podemos apreciar la magnitud del trabajo que se puede acometer en este campo.

Pero, además, a diferencia de cualquier otra especialidad sanitaria, la genética clínica no tiene sólo como objeto de estudio al paciente individual que sufre una enfermedad, sino también a su familia y a la población en general. Es decir, la genética clínica trasciende a la sociedad con importantes implicaciones éticas. La información acerca de los miembros sanos de la familia es de hecho tan importante como la información referente a los enfermos, y los pedigrís confeccionados en la consulta de consejo genético (figura 1) son de especial ayuda para la sospecha diagnóstica, así como para averiguar cómo se ha producido y transmitido la enfermedad genética. Finalmente, y alejándose nuevamente de lo clásico en medicina, que es el diagnóstico y el tratamiento, en nuestra especialidad adquiere un peso fundamental la prevención —por medio del asesoramiento genético, el estudio de portadores, el diagnóstico prenatal y preimplantacional—, pues aún estamos lejos de poder curar las enfermedades hereditarias.

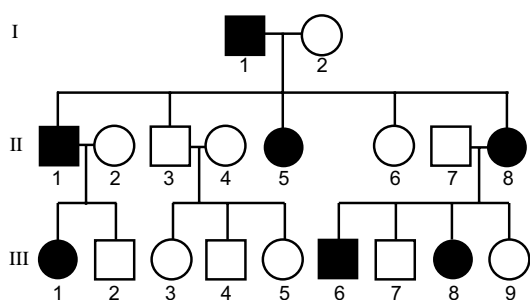


Figura 1: Típico pedigrí de una familia en la que se transmite una enfermedad Autosómica Dominante.

La genética clínica es un área específica de la sanidad que estudia aquellas enfermedades que se deben total o parcialmente a factores genéticos, así como su modo de transmisión. Las enfermedades genéticas han existido siempre, pero han cobrado una especial relevancia últimamente, debido, entre otras cosas, al descenso de la morbilidad infantil, consecuencia de una mejor nutrición, de la inmunización y de la antibioterapia. Además, los avances de la medicina clínica y quirúrgica han incrementado la probabilidad de supervivencia y la media de edad de la población, aumentando así la prevalencia de los defectos genéticos. Se cree

2. Historia de la genética clínica en España: profesiones implicadas

Se puede datar el inicio de la genética aplicada a la sanidad en España a finales de los sesenta-principios de los setenta, de la mano de una serie de médicos y profesores de universidad de diversas especialidades, con

auténtico interés personal, motivación y vocación en este campo. A lo largo de los años setenta, y debido a que estos médicos o no podían dedicarle todo el tiempo que querían por sus labores asistenciales o no tenían suficiente formación básica de laboratorio, nos fuimos incorporando un gran número de biólogos con todavía más vocación, si cabe, dado que entrábamos en muchos casos a trabajar de voluntarios o con ínfimas becas. En 1977, el Plan Nacional de Prevención de la Subnormalidad, promovido por el Real Patronato de Su Majestad la Reina Sofía (5), supuso, gracias a una amplia dotación económica, la consolidación de todas las unidades y centros de genética que se habían ido creando a lo largo de la geografía española en esos años. El crecimiento siguió debido a que los avances en citogenética en esa época eran rápidamente asimilados por la sociedad que los demandaba, y, así, en el año 1985, el Ministerio de Sanidad y Consumo inició el estudio de un plan para organizar el diagnóstico prenatal en España (figura 2). Numerosos profesionales fuimos llamados para asesorar al Ministerio en esta tarea, pero, después de mucho esfuerzo y trabajo por parte de todos, jamás llegó a implantarse (6). Además de este intento que podríamos llamar organizativo, hubo también, en el año 89, un intento de regular la formación en este campo incorporando la genética en el borrador de Proyecto de Real Decreto de Especialidades Médicas de ese año, que contemplaba un sistema de troncalidad de las especialidades. Pero dicho proyecto tampoco se llevó a cabo, y así seguimos hasta ahora. Fue en esa época también –finales de los ochenta, principios de los noventa– cuando se empezaron a implantar los diagnósticos moleculares que hoy día han cobrado una especial relevancia, pero todo ello, nuevamente insisto, sin ninguna planificación, y fruto de la demanda social y del interés de los profesionales que hemos estado implicados.

Con respecto a estos profesionales mencionados a lo largo de la historia relatada en el párrafo anterior, mayoritariamente hemos sido médicos y biólogos, aunque hay también un buen número de farmacéuticos y un menor número de químicos y bioquímicos. En enero del año 1974 se creó la inicialmente llamada Asociación Española para el Estudio de la Genética Humana, hoy día Asociación Española de Genética Humana (AEGH). Es

muy interesante ver la evolución de los profesionales de la genética para comprobar la importancia de los biólogos en ella, siguiendo el número de miembros de esta asociación: en 1974, de sus 86 primeros miembros fundadores, 66 eran médicos, 12 biólogos, 3 farmacéuticos y el resto diverso; veinte años después, los biólogos habíamos superado ya largamente en número a los médicos, ya que en el directorio publicado por la AEGH en 1997 constaban 128 biólogos, 87 médicos, siete farmacéuticos y un químico (7). Pues bien, en la última encuesta de la AEG, publicada en su página web y realizada en el año 2002 (8), (figura 3) sobre 368 asociados que contestaron a la encuesta, 200 eran biólogos, 97 médicos, 34 farmacéuticos y el resto diverso. A fecha de hoy, en septiembre de 2005, somos más de 500 socios en la AEGH, de los que más de 300 son biólogos.

Actualmente, y de una forma muy esquemática, podemos establecer dos ámbitos diferentes de trabajo en genética clínica en los hospitales, clínicas y laboratorios de nuestro país:

1. La consulta de consejo genético, que, si conlleva diagnóstico clínico diferencial, con exploración del paciente y estudio dimorfológico, la ha de llevar siempre el profesional médico, pero que, si es sólo de asesoramiento genético de riesgos, de explicación de la enfermedad, de su transmisión y de las técnicas diagnósticas, la llevan también biólogos y otros profesionales.

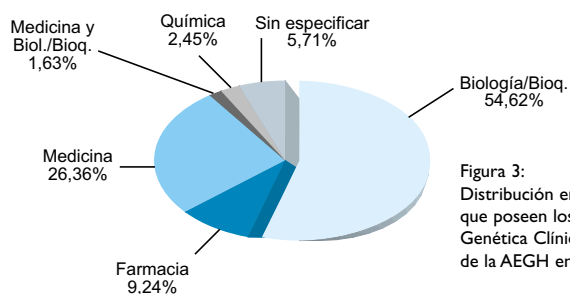


Figura 3: Distribución en porcentaje de las Titulaciones que poseen los profesionales que trabajan en Genética Clínica en el Estado Español (Encuesta de la AEGH en el 20022)

2. La genética del diagnóstico de laboratorio, que comprende la citogenética y la genética molecular (figura 4), con un nexo de unión actual, que es la citogenética molecular, campos todos ellos

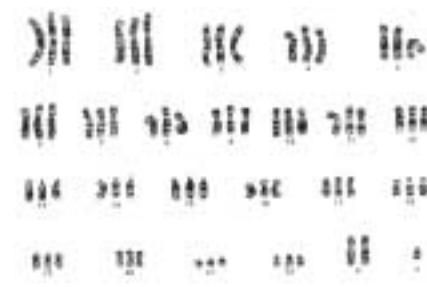


Figura 2: Cariotipo de un feto triploide hallado en un Diagnóstico Prenatal Citogenético.

donde mayoritariamente trabajamos los biólogos. En este campo diagnóstico hay que reseñar también la llamada genética bioquímica y la inmunogenética, donde trabajan, asimismo, numerosos biólogos, pero que, puesto que su tecnología se ha desarrollado más en los departamentos propios de bioquímica e inmunología, no la vamos a considerar aquí.

3. Formación del biólogo para trabajar en genética clínica

¿Por qué hemos superado en número los biólogos a los médicos en la genética clínica a lo largo de estos años? Hay diversas razones, pero la fundamental ha sido, sin lugar a dudas, la mejor formación básica de los biólogos en sus estudios para esta especialidad. En los años setenta no existía la Genética como asignatura en Medicina, no siendo hasta el año 1990 que el Real Decreto 1417/1990 impone a las facultades de Medicina que incluyan de una forma independiente a la Biología, algún curso o asignatura de Genética Humana. La situación para los biólogos es completamente diferente: ya desde antes de los años setenta las secciones de biológicas de la facultades de ciencias incluían la Genética como asignatura obligatoria, con unas 100-150 horas lectivas, y, desde el Real Decreto 387/1991, la Genética, Fisiología Animal, Citología e Histología y Biología Experimental son asignaturas troncales dentro de la Licenciatura en Biología. Además, y también desde los años setenta y hasta ahora, los estudiantes de Biología tienen acceso, si desean especializarse, a asignaturas tales como Citogenética, Genética Molecular, Genética de Poblaciones, Genética Cuantitativa, etcétera.

No queremos decir con esto que un biólogo, recién acabada la carrera, pueda trabajar ya como genetista clínico, sino que está perfectamente formado para asumir una especialidad sanitaria como ésta, de la misma forma que un recién licenciado médico no puede ejercer de pediatra o de ginecólogo, por poner un ejemplo, pero sí formarse en estas especialidades. El biólogo recién incorporado a un centro de genética clínica no tendrá, a buen seguro, ningún problema en familiarizarse con la tecnología de

laboratorio específica para el diagnóstico, y conocerá ya los mecanismos y la base de la herencia, pero deberá formarse a fondo en el manejo de muestras de pacientes; en la relación con el propio paciente y su patología; en la relación genotipo/fenotipo; en el estudio de los diversos síndromes; en el manejo de las historias clínicas; en la confección de árboles familiares, en el funcionamiento, en fin, de lo que supone un laboratorio hospitalario y la responsabilidad de emitir informes clínicos. Un biólogo, con su buena base de partida y una buena formación reglada de unos años, con la experiencia que ello implica, podrá asumir perfectamente tareas de genetista clínico.

4. Situación actual y legal de la genética clínica en España

Las tres últimas décadas han supuesto tales avances en el campo de la genética que los diversos profesionales implicados hemos tenido que hacer enormes esfuerzos de adaptación. El desarrollo en España de cada vez más centros de genética ha sido, como el del número de profesionales, un proceso continuo, fruto más de la vocación y el interés personal que de una planificación —prácticamente inexistente— por parte de los Gobiernos, tanto centrales como autonómicos. La dotación económica de todos estos centros ha ido cubriéndose en gran parte de la mano de proyectos de investigación (muchos concedidos por el FIS del ISCIII), que han logrado que los mismos se adecúen progresivamente a las nuevas tecnologías. La formación del personal se ha logrado también mayoritariamente de la mano de becas y proyectos de investigación, sobre todo la formación de los biólogos, que tristemente pasan largos años de su vida de "eternos becarios". También ha influido en el desarrollo de la genética en España la gran demanda social, como es el caso del diagnóstico prenatal citogenético, demostrando que nuestra propia sociedad española está más al día que sus gobernantes en los nuevos avances genéticos. Pero, como esta demanda asistencial ha tenido que cubrirse en muchos casos con el presupuesto de investigación, lo que se ha logrado, desgraciadamente, es que tampoco haya una producción científica importante española en nuestro campo, siendo de

Figura 4: Southern Blot del gen FMR1: Técnica molecular para diagnosticar el Síndrome X Frágil.





los últimos países europeos en publicaciones. Sirva como ejemplo que España no contribuyó en modo alguno en lo que respecta al desciframiento del genoma humano (4). Este hito en la historia de la genética, que abrió nuevas e inmensas aplicaciones para la medicina y la sociedad en general, ha obligado a todos los países occidentales a tomar medidas de adecuación para asumir los retos que plantea esta nueva medicina en la que la genética ha tomado protagonismo indiscutible.

De hecho, como los profesionales y la sociedad vamos siempre por delante de los políticos, hace ya nueve años, en 1996, la European Society of Human Genetics (ESHG), asociación que reúne mayoritariamente a los genetistas europeos, organizó un proyecto europeo que tenía como fin evaluar y comparar los servicios de genética en los distintos países de Europa. Dicho proyecto, CAGSE (Concerted Action on Genetic Services in Europe), en el que participaron 31 países y fue financiado por la Comisión Europea, fue liderado por el profesor Harris de Manchester. En él participamos de forma activa por medio de nuestra asociación, la AEGH. Los resultados de este proyecto fueron publicados al año siguiente en un suplemento especial de la revista *European Journal of Human Genetics* (9). Dentro de este suplemento, el capítulo "Genetic Services in Spain" (10) supuso un gran esfuerzo por parte del equipo que lo trabajó, y representó el primer documento elaborado de una forma rigurosa sobre este tema en España. La lectura de este monográfico sobre el CAGSE demostró que la situación de la genética clínica en España era –y es– una de las peores de todos los países de la Unión Europea, siendo así que sólo Grecia, Irlanda y España no tienen reglada de una forma u otra la formación en genética clínica. Tristemente, esta situación hoy en día sigue en pie.

Más aún, en el año 2002 se publicó otro estudio, titulado "Genetic Testing Services for Hereditary Diseases in Spain: Results from a Survey" (11), realizado a lo largo de 2001 por el IPTS (Institute for Prospective Technological Studies), del Joint Research Centre de la Comisión Europea, en el que también colaboró la AEGH, esta vez ofreciendo nuestro apoyo y ayuda. En este informe se

pone de manifiesto que había en esa fecha 52 centros y laboratorios de genética molecular en España que realizaban tests genéticos en 214 diferentes enfermedades, pero en los que "ni los profesionales tienen una acreditación de su cualificación profesional, ni existen regulaciones ni controles de calidad, salvo los que de una forma voluntaria entablan los profesionales con controles externos; ni hay centros de referencia oficiales para las enfermedades raras", etc., todo lo que, en definitiva, definen como que "todo el sistema presenta una enorme laguna de organización". Esto nos ha llevado a un enorme desfase respecto al resto de nuestros países vecinos, siendo además nuestro sistema sanitario muy diferente al de ellos, estando exageradamente estructurado en departamentos por especialidades, cuyo acceso es sólo por el sistema MIR/BIR/FIR/QIR. Al no existir la especialidad de genética, se siguen en cadena los problemas de la organización.

Como el informe del IPTS sólo hablaba de la genética molecular, en la AEGH nos pareció oportuno completar ese trabajo, para lo que, a lo largo de 2002 y 2003, continuamos con las encuestas a nuestros asociados y a todos aquellos profesionales que detectábamos trabajando en temas de genética clínica. Hasta la fecha hemos realizado tres: en la primera completábamos el trabajo del IPTS con los datos de los laboratorios de citogenética, y con los datos del personal que trabaja en genética clínica en general (8); y en la segunda, financiada por el FIS del ISCIII (Ministerio de Sanidad), actualizábamos para el 2003 los datos del IPTS (12) para genética molecular. Estas dos encuestas se encuentran colgadas en nuestra página web. Finalmente, la tercera, dedicada al consejo genético, ha sido financiada por el Real Patronato de la Discapacidad y será publicada en breve.

Todo este trabajo ha puesto de manifiesto que en el Estado español la genética clínica se ha ido desarrollando sin parar a lo largo de estos años, pero con una absoluta carencia de planificación, de organización, de formación, de presupuestos y de legislación, como ya hemos repetido varias veces a lo largo de este artículo. Por concretar toda la problemática existente, podemos agruparla en los siguientes puntos:



1. Como los centros de genética existentes han sido creados gracias al esfuerzo de los profesionales, están concentrados fundamentalmente en unas cuantas grandes ciudades, quedando amplias extensiones de la geografía española desatendidas por no haber planificación para ellas. Existe una gran diferencia de cobertura, además, entre las diversas comunidades autónomas.
2. La coordinación de los centros existentes con la asistencia primaria es prácticamente nula.
3. No hay protocolos de actuación que indiquen cuándo a un paciente se le ha de remitir a un centro de genética ni a cuál, y sólo algunas comunidades autónomas con la Sanidad transferida tienen este protocolo para el diagnóstico prenatal.
4. Ni siquiera en este caso se puede dar una estadística sanitaria de la cobertura poblacional, porque las amniocentesis se realizan por cientos de obstetras, repartidos por la geografía española, sin contacto alguno en muchos casos con centros de genética. En una palabra, no hay ningún tipo de registros sobre el número de diagnósticos que se hacen, ni tan siquiera de prenatales o preimplantacionales, con sus correspondientes implicaciones éticas.
5. Esto se debe a que las muestras se pueden mandar para su diagnóstico a cualquier sitio, porque no existe acreditación alguna de los laboratorios, ni de los centros de diagnóstico genético, proliferando grandes laboratorios que ofertan servicios de genética sin ningún control.
6. Y, a su vez, esto es posible porque no existen criterios ni controles de calidad oficialmente establecidos, ni de las técnicas, ni de los laboratorios, ni de las consultas, ni de los profesionales.
7. La formación en genética no está reglada, no existiendo una especialidad que debería llamarse de genética clínica. Aparece así el intrusismo profesional, con las consiguientes consecuencias negativas para la salud humana ante la realización de cada vez más pruebas genéticas por personal sin suficientes conocimientos.
8. Para terminar, no hay ninguna norma escrita de cuándo hay que realizar una consulta de consejo genético ni de quién tiene que dar la información a

un paciente sobre su patología genética, ni hay sistemas organizados de seguimiento de los pacientes con tales patologías, ni un adecuado soporte psicológico y social.

Hace justo un año, nada más tomar posesión la nueva ministra de Sanidad, le escribimos desde la AEGH explicándole esta problemática y solicitándole que la resuelva de forma prioritaria, lo que se puede concretar de esta forma:

1. Urge la especialidad de genética clínica porque:
 - No existe actualmente ninguna formación reglada en este campo.
 - Si bien las técnicas (como suele ser habitual) se aprenden fácilmente, la interpretación puede ser muy deficiente por falta de información clínica.
 - El consejo genético requiere de un entrenamiento clínico y valoración clara de exploración clínica, y pruebas diagnósticas complementarias.
 - Sin un buen diagnóstico diferencial, es muy poco eficiente (imprecisa) la indicación de pruebas genéticas.
 - Sin una formación reglada y ante un campo que mueve mucho dinero, el intrusismo es cada vez mayor, coexistiendo profesionales con sólida formación con otros de dudosa actuación, con la desprotección que esto acarrea al paciente.
 - La falta de titulación nos va a impedir a todos el acceso a los centros de genética en nuestro país y en la Europa comunitaria, y nos podemos ver invadidos por profesionales de otros países.
2. Urge crear servicios de genética en todas las comunidades autónomas, por lo menos en los hospitales terciarios, ya que se mantienen prácticamente sólo los primeros que se crearon y de forma específica en algunas ciudades. Se encuentran, además, saturados de trabajo y mal dotados.
3. Urge dotar económicamente este programa aquí planteado para que se creen plazas de MIR/BIR/FIR/QIR y de adjuntos. Son muy pocos los profesionales que trabajan con contrato o de una forma estable en los pocos centros de genética existentes, porque ni se crean ni se dotan plazas para ese fin.



5. Situación de los biólogos en la genética clínica

En los 52 centros/unidades de genética detectados por toda la geografía española en las encuestas de 2002 (8,11), de un total de 368 personas con dedicación a la genética, sólo 130 eran de plantilla, mayoritariamente médicos, y otras 130 tenían contratos interinos, mayoritariamente biólogos. Pero, además, en estos centros se detectaron 77 becarios, de los cuales más del 95% eran biólogos y muchos de ellos habían superado ampliamente los años necesarios para su formación. En una palabra, a la ya dramática situación de la genética clínica en general, ampliamente detallada en el capítulo anterior, se une el hecho de que, para los biólogos que trabajamos en ella, la situación es todavía mucho más precaria.

Los biólogos-genetistas que trabajamos en la Sanidad en el ámbito clínico siempre habíamos creído y creemos –junto con nuestros colegas médicos– que nuestra especialidad, la genética clínica, debería estar reconocida con independencia de cualquier otra, y esto es lo que va quedando reflejado en este artículo. Por ello creíamos que la solución a nuestra problemática de biólogos vendría dada primero por el reconocimiento de la especialidad, y luego o en paralelo por el reconocimiento del acceso para los biólogos a la misma. Sin embargo, últimamente se están dando toda una serie de acontecimientos que cambian este planteamiento, ensombrecen aún más nuestra problemática y deben ser convenientemente evaluados.

A lo largo de la legislatura anterior, y para dar un marco legal amplio a los nuevos retos que la incorporación a Europa supone en el tema de la homologación de las titulaciones, el único objetivo que tuvo la Subdirección General de Ordenación Profesional del Ministerio de Sanidad fue sacar adelante la Ley 44/2003, de 21 de noviembre, de ordenación de las profesiones sanitarias (LOPS), algo que consiguió el anterior Gobierno justo antes de que se acabara el mismo. Y, así, con respecto a la tan larga reivindicación nuestra de la nueva especialidad de genética clínica, se nos fueron dando largas bajo esa “excusa”. Pues bien, si la aprobación de la LOPS supuso un avance para el colectivo de los

biólogos en general, ya que por primera vez se reconocen las especialidades “sanitarias” en general, no sólo las médicas, no lo fue así para los biólogos-genetistas. La LOPS también supuso un corte en dos bandos: los “biólogos no sanitarios” y los “biólogos sanitarios”, entendiendo estos últimos como sólo aquellos que tienen una especialidad reconocida. A partir de ese momento, los biólogos-genetistas hemos quedado claramente en el bando de las profesiones no sanitarias, a pesar de nuestra gran implicación y dedicación a la medicina actual.

Por otro lado, la aprobación del Real Decreto 1163/2002, de 8 de noviembre, por el que se crean y regulan las especialidades sanitarias para biólogos, químicos y bioquímicos, del que todos los biólogos también deberíamos estar contentos, nos vuelve a crear, sin embargo, otra importante “laguna legal” para los biólogos-genetistas, porque el texto no hace ninguna referencia a la especialidad de genética, simplemente, claro está, porque no está aún creada. En una palabra, entre la LOPS y el Real Decreto, como biólogos y como genetistas, el colectivo de biólogos que trabajamos en genética clínica estamos legalmente desamparados en nuestro país a corto y medio plazo.

Por ello, cuando se publicó el año pasado la Orden PRE/274/2004, de 5 de febrero, por la que se regulan las vías transitorias de acceso a los títulos de Químico, Biólogo y Bioquímico Especialista, la mayoría de los biólogos-genetistas optamos por solicitar una de esas titulaciones: muchos la de la especialidad de Análisis Clínicos, y menos la de Inmunología y la de Bioquímica. Cuatro razones nos llevaron a ello:

1. Para que se nos considere profesionales sanitarios cuanto antes y podamos tener los mismos derechos que nuestros colegas médicos, tanto en el campo laboral como en el del reconocimiento profesional.
2. Porque no vemos que a corto plazo se vaya a reconocer la especialidad de genética.
3. Porque sabemos que muchos colegas nuestros, genetistas médicos, habiéndose formado directamente en el campo de la genética y sin tener otra especialidad, optaron por coger cualquier otra titulación en la época de los “mestos”.

4. Porque casi todos trabajamos en laboratorios de diagnóstico, y por lo tanto realizamos en realidad análisis diagnósticos clínicos, por lo que cumplimos una buena parte del Programa de Formación de la Especialidad de Análisis Clínicos, especialidad a la que la mayoría hemos optado.

Pero a fecha de hoy no sabemos nada y estamos a la espera. Parece que tampoco el Gobierno actual sabe que hacer con este gran colectivo que somos los Genetistas-Biólogos.

Ni que decir tiene que también hemos hecho gestiones con los diversos Gobiernos de las Comunidades Autónomas, porque para el tema de los Servicios, el Gobierno Central dice que la Sanidad está transferida, pero ellos se agarran a la excusa de que hay que empezar por la especialidad y que sólo el Gobierno Central tiene competencias en ello.

6. Perspectivas de futuro

Actualmente, la Subdirección General de Ordenación Profesional del Ministerio de Sanidad se ha embarcado en un ambicioso trabajo de desarrollo de la LOPS intentando adecuar todas las especialidades sanitarias a un modelo más acorde con lo que va a ser el futuro de la medicina en Europa, que son la especialidades troncales. Con respecto a nuestra petición de la especialidad de genética clínica, han sido muy claros: no van a pelear por conceder una nueva especialidad "clásica" (así la llamaron), cuando de lo que se trata es de cambiar todo el sistema. En ese entramado, la genética –nos han dicho– entraría dentro del tronco de laboratorio y de esa forma estaríamos contemplados. Se nos abre, por lo tanto, otro nuevo plazo –uno más– de no menos de cuatro años, años en los que la genética seguirá su desarrollo exponencial adelantándose nuevamente la ciencia y la sociedad a la jurisprudencia y regulación.

Por todo ello creo que es de extrema urgencia que los ministerios de Sanidad y Educación y las diversas comunidades autónomas regulen cuando menos de forma provisional el ejercicio profesional de tantos biólogos que trabajamos en la genética clínica. Para ello, será necesaria la colabora-

ción de los diversos colegios profesionales implicados, de las Comisiones Nacionales de las especialidades ya reconocidas y de la AEGH, así como de cualquier otra asociación profesional o de usuarios que lo desee o pueda ser interlocutora válida en este tema. Desearía, finalmente, que se considerara este artículo como un primer documento de trabajo abierto a todo tipo de sugerencias y comentarios. Hago desde estas líneas un llamamiento a los citados organismos para estudiar las vías de solución a todos los problemas aquí descritos.

7. Bibliografía

1. Thompson & Thompson. Genética en Medicina (4ª edición). Ed. Masson (Colección de Medicina materno-fetal). Barcelona, 1996.
2. Bairdet PA et al. Genetic disorders in children and young adults: A population study. *Am J Hum Genet* 42:677-693, 1988.
3. OMIM Statistics. In: Online Mendelian Inheritance in Man. National Center for Biotechnology Information. Johns Hopkins University, Baltimore. World Wide Web URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/omim/> 2005.
4. Nature: The Human Genome. Número especial de: *Nature* 409: 745-964, 2001.
5. Plan Nacional de Prevención de la Subnormalidad. Real Patronato de Educación y Atención a Deficientes. Fundación General Mediterránea, 1978.
6. Programa de Diagnóstico Prenatal. Estudio de los recursos existentes en el área de la genética. Dirección General de Planificación Sanitaria. Ministerio de Sanidad y Consumo, 1985.
7. Directorio de la Asociación Española de Genética Humana publicado por la misma, 1997.
8. Situación de la Genética Clínica en España: Informe elaborado por la AEGH. www.aegh.org, 2002.
9. Genetic Services in Europe: A comparative study of 31 countries by the concerted action on genetic services in Europe. *Eur J Hum Genet* 5 (Suppl 2). Ed. R. Harris, 1997.
10. Ramos-Arroyo MA, Benitez J y Estivill J. Genetic Services in Spain. *Eur J Hum Genet* 5 (suppl 2): 163-168, 1997.
11. Rueda JR y Briones E. Genetic Testing Services for Hereditary Diseases in Spain: Results from a Survey. Report EUR20516EN edited by IPTS (Institute for Prospective technological studies), del Joint Research Centre. 2001.
12. Investigación priorizada en evaluación de tecnologías sanitarias: Inventario de Laboratorios de Análisis Genético Molecular en España. Subvencionado por el FIS y colgado como relación de Centros y de Patologías en: www.aegh.org.



Los últimos bisontes de Europa

Rumbo a la selva de Bialowieza

El largo viaje desde Varsovia, en el interior de Polonia, hasta la frontera oriental, comienza a mediodía en un lento ferrocarril que atraviesa la llanura centroeuropea hasta Bialystok, donde se enlaza con el autobús que conduce hasta Bialowieza, el último pueblo antes de la frontera con Bielorrusia. En esta región la madera abunda y no es de extrañar que el edificio de correos y la iglesia ortodoxa se cuenten entre los pocos casos de construcción en piedra. Viviendas, hostales, ermitas, molinos, etc. han sido levantados con la madera de los bosques cercanos.

A diferencia de la Península Ibérica, en la inmensa llanura centroeuropea, la orografía se puso de parte del hombre, que además encontró bajo sus pies fértiles suelos y una lluvia en raras ocasiones escasa. No obstante, las extensas zonas pantanosas favorecidas por el excedente hídrico y las amplias planicies, además de la dureza de un clima caracterizado por largos y fríos inviernos y una escasa insolación, condicionaron el día a día de sus pobladores, para

los que nunca fue fácil arrancarle a la tierra una hectárea de cereal, mantener sus rebaños o aprovechar sus bosques.

Es fácil familiarizarse con esta región y con sus habitantes, que conviven desde tiempos ancestrales en equilibrio con el medio en el que viven. Esta convivencia, forjada siempre en base a un control sobre la naturaleza, se ha caracterizado durante generaciones por el respeto del entorno, no permitiendo que perturbaciones de excesiva magnitud acaben con los recursos naturales que les sirven de sustento.

El Parque Nacional de Bialowieza

La ausencia de relieves pronunciados impide el desagüe de las precipitaciones y muchas zonas permanecen encharcadas gran parte del año, propiciando la abundancia de mosquitos. Esto además obliga a caminar exclusivamente por plataformas habilitadas para el senderismo en algunas partes del bosque. No obstante, esas condiciones son las que hacen de Bialowieza un espacio "para todos los públicos", ya que no es necesario una excelente forma física

Texto y fotografías:
Rubén Álvarez Llovera.
Col. 17.897- M





para recorrer grandes distancias. Cuando se pasan allí varios días, el paisaje puede resultar monótono y en ocasiones claustrofóbico, porque no es fácil encontrar otra vista que no sea el bosque y tampoco cerros que rompan el paisaje.

En el origen geológico de estas tierras destacan los avances y retrocesos que los glaciares sufrieron durante el Cuaternario, produciéndose un modelado peculiar en grandes regiones de la Europa Septentrional. Cuando se retiraron definitivamente los hielos quedaron al descubierto vastos territorios ligeramente ondulados formados por suaves colinas e inmensas llanuras.

La taiga ocupó las extensas llanuras del centro y norte de Europa durante las épocas frías y, al finalizar la última glaciación, fueron apareciendo paulatinamente especies vegetales deciduas procedentes de zonas más meridionales. Estas vicisitudes favorecieron la aparición de formaciones vegetales mixtas, formadas por especies aciculifolias y caducifolias que ocuparon toda la Europa central, desde el mar Báltico al mar Negro. Durante siglos, las actividades agrarias y forestales, forzaron la reducción de estas formaciones mixtas hasta casi desaparecer. El último fragmento del bosque de llanura primigenio de Europa permanece en lo que antiguamente se conoció como el Gran Bosque de Lituania. Se trata de la selva de Bialowieza, cuya extensión es de unas 150.000 hectáreas enclavadas a caballo entre Polonia (42%) y Bielorrusia (58%).

La selva de Bialowieza fue coto de caza de los reyes polacos y zares rusos durante siglos, por lo que la mano del hombre nunca actuó en esta región, conservándose intactos sus valores naturales. En 1977 fue declarado por la UNESCO Reserva de la Biosfera y desde 1979 quedó incluido en la relación de espacios naturales pertenecientes al Patrimonio Mundial. Su importancia fue reconocida mucho antes, ya que en 1932 se creó en Polonia el Parque Nacional

de Bialowieza -BiaBowieski Nadorowy Park- y siete años después, en Bielorrusia, el Parque Nacional de Belovezhskaya.

El río Narewka, tributario del Narew, es el curso de agua más importante del Parque Nacional. Avanza sobre sedimentos formados por arenas sobre arcillas y margas o bien sobre la roca madre, de origen cretácico. También existen importantes formaciones sedimentarias organogénicas donde predomina la turba, que aparece sobre todo en las zonas pantanosas localizadas en depresiones locales y proximidades de los cursos de agua. La ausencia de relieves pronunciados hacen que el Narewka discorra hacia el Báltico muy lentamente, ocultando la vida que alberga. Desde el puente de madera que salva el río, el atardecer regala una de las mejores panorámicas del bosque.

En Bialowieza existen 106 comunidades de plantas y 25 asociaciones. Pueden encontrarse 632 especies de plantas vasculares, 443 autóctonas y 189 introducciones antrópicas. Existen 26 especies arbóreas, 70 arbustivas, 37 de helechos, unas 310 especies de musgos y hepáticas, unas 250 especies de líquenes y más de 3000 especies de hongos. En su interior permanecieron acantonadas diversas especies de animales y plantas que caracterizaron los bosques de llanura primigenios.

Lo más destacable desde el punto de vista fitosociológico son las formaciones mixtas de coníferas y de coníferas con frondosas,



representadas en algunos sectores del bosque por robles hasta cuatro veces centenarios. La asociación más común (46% de la superficie forestal) es la que forman los robles, tilos y carpes acompañados en

menor medida de piceas. Otra formación con gran presencia (24% de la superficie) es el bosque mixto de piceas y pinos silvestres. En ambos casos podemos distinguir diferencias en la composición florística en función de la humedad de la zona donde se asientan.

Estas formaciones mixtas cuentan con un dosel cerrado y pluriestratificado. El primer estrato arbóreo los forman piceas (*Picea abies*) de gran altura, robles (*Quercus robur*), tilos (*Tilia cordata*), y fresnos (*Fraxinus excelsior*). El segundo estrato arbóreo además de las especies anteriormente mencionadas presenta arces (*Acer platanoides*) y olmos (*Ulmus sp.*) El estrato arbustivo, ya inferior, lo forman carpes (*Carpinus betulus*) e individuos jóvenes de tilos, carpes y especies de menor porte como el avellano (*Corylus avellana*), *Ribes sp.*, *Sambucus sp.*, etc. Las especies típicas del estrato herbáceo son *Stellaria holostea*, *Carex pilosa*, *Gallium schultesii*, *Ranunculus cassubicus* e *Isophyrum thalictroides*.

La Selva de Bialowieza acoge 54 especies de mamíferos. Los más abundantes son el venado, el corzo y el jabalí, aunque destaca la presencia del lobo (subespecie europea), el linco, el castor (reintroducido en 1955) y el alce. Sin duda, la especie de mayor interés es el bisonte europeo. La selva de Bialowieza es el último bastión para el mamífero terrestre más grande de Europa. Durante la Primera Guerra Mundial, la escasez de alimentos condujo, primero al ejército alemán y después a los pobladores de la región, a la caza furtiva e indiscriminada de los últimos bisontes cuya población, en el siglo XVIII, ya se había reducido hasta casi desaparecer. Entre 1915 y 1919 el bisonte fue exterminado de Bialowieza. Olvidado durante una década,



en 1929 se creó una reserva de 22 hectáreas destinada a la cría y reintroducción del bisonte a partir de ejemplares procedentes de zoológicos y colecciones particulares. Así comenzó el programa de recuperación de la especie, que dio sus primeros frutos en 1952 con la suelta de los primeros ejemplares y alcanzó su momento cumbre en 1957 con el nacimiento del primer bisonte en libertad. En la actualidad, unos 600 bisontes viven en la selva de Bialowieza, repartidos entre Polonia y Bielorrusia.

Las aves también están bien representadas en Bialowieza. Se han registrado 232 especies de aves, 154 de las cuales son nidificantes. Encontramos cigüeña negra, grulla, búho real, lechuza de Tengmalm, mochuelo chico, dorsal alirrojo, pito negro, pico dorsiblanco, águila moteada, águila calzada, combatiente, urogallo y gallo lira, entre otras.

Para finalizar es justo recordar que los seres vivos más representados en la selva de Bialowieza son los insectos, con más de 8.000 especies registradas y los hongos, con más de 3.000.

Gestión y conservación del Bialowiecki Park Nadorowi (BPN)

La gestión realizada en el Parque Nacional de Bialowieza por el gobierno polaco





ha sabido integrar los diferentes aspectos de importancia para su conservación: turismo, diseño de la reserva, educación ambiental, investigación, etc.

El Parque Nacional cuenta con una zona de reserva estricta, de unas 4.800 hectáreas de extensión y además existe un perímetro de protección en torno a la localidad de Bialowieza, que permite amortiguar el impacto ocasionado por los casi 95.000 visitantes que acuden cada año al parque. Está prohibido la utilización de vehículos a motor y únicamente se permite la visita de parte de la reserva, siempre en compañía de un guía del BPN.

Las principales amenazas son la contaminación del aire, el impacto del turismo en la destrucción de la vegetación y el suelo y la introducción de especies invasoras. La reserva estricta cubre sólo el 8% del área forestal y está permitida la explotación maderera fuera de los límites del BPN y se teme que en los próximos diez años, puedan desaparecer los árboles más longevos que carecen de protección.

La plantilla del BPN la conforman un total de 109 trabajadores, de los cuales el 50% tienen titulaciones universitarias relacionadas con la gestión forestal o de áreas protegidas. Su actividad principal se centra en el centro de recuperación de bisontes, en el centro de interpretación, en

la asesoría técnica y en la investigación científica.

Los trabajos de investigación comenzaron en Bialowieza en los años veinte, bajo la supervisión del primer gestor del parque, el botánico y fitosociólogo Jozef Paczoski. En 1929 le sucedió Jerzy Karpinski, quien impulsó los estudios sobre los insectos barrenadores de la madera. Actualmente las investigaciones principales están encaminadas a la estructura de los ecosistemas forestales, ecología del bisonte, lobo y otros mamíferos y la entomología. Diecisiete instituciones desarrollan en el Parque trabajos de investigación, algunos de ellos desde 1936. Los principales campos de investigación son la estructura y función de los ecosistemas, sucesión natural, flujo de materia y energía en los ecosistemas, impactos originados por la actividad humana, los ciclos de vida de parásitos en ecosistemas naturales y modificados, gestión forestal y productividad, control biológico de plagas, etc.

Entre los organismos de investigación localizados en Bialowieza destacan el Departamento de Bosques Naturales del Instituto de Investigación Natural (desde 1930), el Instituto de Investigación de Mastozoología de la Academia Polaca de las Ciencias (desde 1980) y el Laboratorio de Ecología y Protección de los Hábitats Naturales de la Academia Polaca de las Ciencias (desde 1991).





Servicios del COBCM

Administración

Compulsa de documentos
Visado de proyectos
Asesoría jurídica
Tarifas de honorarios profesionales

Empleo

Bolsa de empleo
Directorio de biólogos
Directorio de empresas
Directorio de Administraciones Públicas
Formación continua

Comunicación

Boletín informativo
Revista del Colegio

Ofimática

Biblioteca
Edición de documentos
Internet

Participación

Comisiones sectoriales
y grupos de trabajo
Organización de jornadas
y seminarios

más información en nuestra página web



Biólogos y Bioquímicos

OPOSICIONES

Ministerio de Educación y Ciencia

De los Organismos Públicos de Investigación (OPIS)

PRÓXIMAS CONVOCATORIAS 2006

Plazas libres (sin concurso de méritos)

TÉC. ESP. GRADO MEDIO

AYUDANTES DE INVESTIGACIÓN

AUXILIARES DE INVESTIGACIÓN

Clases presenciales: comienzo abril de 2006

Disponemos de Temarios, Test, Práctico,

¡NOVEDAD! 3º Ejercicio Práctico

incluye Ejercicios Solucionados

OPOSICIONES

Comunidad de Madrid

TÉC. DIPLOM. DE CONSUMO

Clases presenciales

Disponemos del Temario

BIR 2005

¡¡Excelentes Resultados!!

En la última CONVOCATORIA 2004-2005

19 PLAZAS de las 33 ofertadas,

obtenidas por alumnos de CASH FLOW

y, además, en las convocatorias

2002, 2001, 1999, 1996 y 1995 el

N.º 1

CLASES PRESENCIALES

Comienzo: 20 de abril de 2006

Duración: 8 meses (256 horas lectivas)

A los alumnos asistentes a las clases

se les entregan GRATUITAMENTE

los 6 volúmenes de Teoría y Test.

Simulacros, Exámenes, Resúmenes, etc.

PUBLICACIONES

Para PREPARAR EL BIR por tu cuenta

• 6 volúmenes de TEORÍA y TEST (256 €)

• 5 volúmenes de TEST y EXÁMENES (135 €)

Todas nuestras publicaciones

SE ENVÍAN A PROVINCIAS

por correo contra reembolso

Infórmate

CENTRO SUPERIOR DE ESTUDIOS

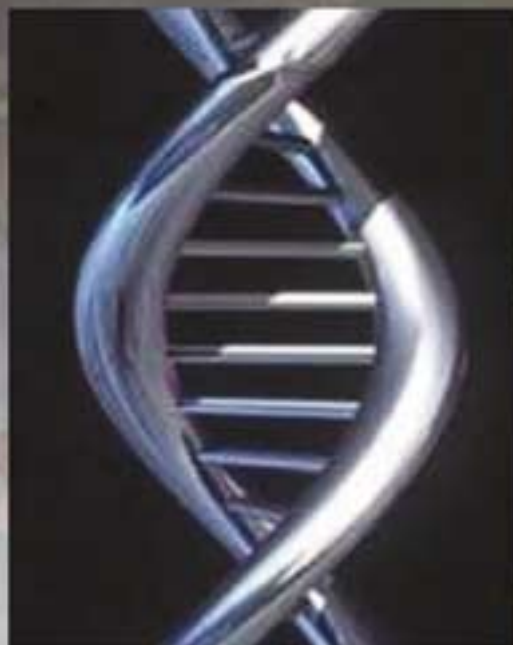
CASH FLOW

C/ Montesa, 20 – 28006 MADRID

Tel.: 91 309 36 46

www.cashflow-oposiciones.com

Para ejercer la profesión tienes que estar colegiado. Para defenderla, tenemos que estar juntos.



**Colegio Oficial de Biólogos
de la Comunidad de Madrid**

C/ Jordán 8, Esc. Int. 5ª Planta
28010 Madrid
Tel. 91 447 63 75
Fax 91 446 88 38
c.e. cobcm@cobcm.net
www.cobcm.net

