

CIENCIAS DE LA VIDA Y BIOTECNOLOGÍA EN LA NUEVA SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO

*LIFE SCIENCES AND BIOTECHNOLOGY IN THE NEW
SOCIETY OF KNOWLEDGE*

Francesc Saigí Rubió y Asunción López Sevilla

El objetivo de este artículo es invitar a la reflexión sobre la evolución que la biotecnología y las ciencias de la vida han experimentado en la última década y el papel relevante que indiscutiblemente tendrán en la nueva economía.

The goal of this article is to invite to think about the evolution that biotechnology and life sciences have experienced in the last decade and the important role that, undoubtedly, they will have in the new economy.

Al igual que las tecnologías de la información (TIC), la biotecnología y las ciencias de la vida son tecnologías instrumentales que pueden aplicarse para alcanzar una amplia gama de objetivos dirigidos a obtener beneficios tanto sociales, económicos como medioambientales.

La revolución que han experimentado en la última década, gracias al potencial aplicado por las TIC, abrirá nuevas posibilidades para dirigir la economía mundial hacia un desarrollo más sostenible y una mejor calidad de vida. Transformarán el modelo de desarrollo sostenible que durante años las sociedades más avanzadas han estado aplicando, plasmándose en nuevas y espectaculares aplicaciones en medicina, agricultura, alimentación, industria, medio ambiente y también en nuevos descubrimientos científicos.

En la nueva economía, la biotecnología y las ciencias de la vida se configuran como una nueva dimensión desde la que se podrá abordar las necesidades y las expectativas de la sociedad presente y futura.

En plena sociedad del conocimiento

La sociedad de la información de hoy surgió como respuesta necesaria a la crisis de la década de los setenta y significó el final del mito de toda una época: «el mito del crecimiento indefinido», que iba acompañado de una enorme insensibilidad ecológica y un gran menosprecio a los problemas del Tercer Mundo.

En plena sociedad del conocimiento, nos encontramos con el problema de que el medio ambiente está cada vez más comprometido, el *Prestige* es el último de la larga lista de desastres de la industria del petróleo. El escenario de los próximos 20 años será sumamente complicado: los recursos alimentarios son cada vez más escasos en muchos países; la cifra de personas infectadas con el virus del sida se eleva ya a 42 millones, cinco en el último año. Un nuevo agente patógeno, miembro de la familia de los coronavirus nunca detectado en los seres humanos, es la causa del síndrome respiratorio agudo grave (SARS) que, con una tasa de mortalidad alrededor del 6 %, ha provocado estragos. Y todavía no se conocen los remedios para curar más

de la mitad de las enfermedades del mundo. Los antibióticos son cada vez menos eficaces debido a su uso indiscriminado y la resistencia que esto genera al tratamiento. También es preocupante el cambio climático debido al efecto invernadero, el casquete de hielo ártico se ha adelgazado en un 40 % durante los últimos 40 años y se espera una pérdida de hielo mucho mayor en el futuro si los gases continúan aumentando. Estos son algunos de los ejemplos que cuestionan, de forma indiscutible, la sostenibilidad del modelo de desarrollo que durante años hemos estado aplicando.

La solución a estos problemas no es fácil y requiere la participación conjunta de muchos sectores, tanto políticos, científicos como sociales. No obstante, una de las herramientas fundamentales para paliar algunos de estos problemas se basa en el uso de la *biotecnología* que, desde una perspectiva global, se espera que en los próximos 20 años transforme los sectores de la salud, farmacéuticos, agricultura, alimentación y medio ambiente¹ y, con ellos, el valor de la nueva economía. La biotecnología se encuentra en una fase de crecimiento exponencial que abre nuevas posibilidades para dirigir la economía mundial hacia un desarrollo más sostenible y una mejor calidad de vida.²

Las ciencias de la vida y la biotecnología

El Convenio sobre la diversidad biológica de 1992 define la biotecnología como toda aplicación tecnológica que utiliza sistemas biológicos, organismos vivos o derivados de éstos para realizar o modificar productos o procedimientos con un uso específico.³

Las técnicas biotecnológicas encuentran su primera utilidad en el avance de las ciencias de la vida.

Las *ciencias de la vida* y, en concreto, la *biotecnología* son términos de reciente aparición. Sin embargo, hay que señalar que ha existido una biotecnología «tradicional» desde hace miles de años, que ha permitido al hombre hacer pan, vino, cerveza, producir queso y yogur, y conservar carnes. La aparición de nuevas técnicas en biología molecular y celular dieron lugar a la utilización industrial de microorganismos con aplicaciones que van desde la producción de vacunas recombinantes hasta el desarrollo de nuevos medicamentos.

La última revolución tecnológica, la *ingeniería genética*, supone un salto

cualitativo en el mundo de la ciencia. La secuenciación completa del genoma humano ha dado lugar a que comience la era «posgenómica».

Este hito tecnológico e histórico ha abierto las puertas para descifrar la funcionalidad de los genes humanos y así poder entender y tratar, mediante terapia génica, la erradicación de muchas de las patologías que nos afectan, como son los trastornos genéticos, enfermedades neurodegenerativas, cardiovasculares, cáncer y enfermedades infecciosas. En la actualidad nadie cuestiona el potencial científico de la biotecnología. No obstante, uno de los problemas con los que se enfrenta la biotecnología es el rechazo social por un problema de valores, de tolerancia, ya que no existe el riesgo cero.

Aplicaciones de la biotecnología y ciencias de la vida en la sanidad

Las nuevas tecnologías que ayudan a comprender el papel de los genes en las enfermedades están revolu-



cionando los procesos de descubrimiento y desarrollo de nuevos medicamentos, ofreciendo considerables oportunidades a la industria para reducir tiempos, costes y riesgos. La revolución de la asistencia sanitaria pasará por el concepto de *medicación a la carta* basada en la predisposición genética, los cribados específicos, los diagnósticos y los tratamientos con fármacos innovadores.

Aplicación de la biotecnología en el desarrollo de metodologías para el diagnóstico y prevención de enfermedades

La aplicación de la biotecnología en el campo de la salud va a permitir: redefinir las enfermedades, en lugar de por fenotipo, por genotipo y mecanismo causante; la posibilidad de descubrir un origen similar en

varias enfermedades; el diseño de nuevos fármacos personalizados y mejorar el seguimiento de la terapia, permitiendo la valoración de rasgos genéticos que puedan tener incidencia en la respuesta a la misma.⁴

El conocimiento de los rasgos genéticos de las poblaciones permitirá determinar, además, la predisposición a sufrir algunas enfermedades, antes de que aparezcan síntomas, lo que significa una mejor y auténtica medicina preventiva.⁵

Aplicación de la biotecnología en el desarrollo de modelos para el tratamiento de enfermedades y de procesos ligados al envejecimiento

La biotecnología influirá en la prevalencia de las enfermedades crónicas y la capacidad de las personas

Francesc Saigí Rubió



Doctor en Ciencias Biológicas por la Universidad de Barcelona. Profesor de los Estudios de Ciencias de la Información y de la Comunicación de la Universitat Oberta de Catalunya (UOC). Investigador del Internet Interdisciplinary Institute de la UOC. Cuenta con numerosos trabajos publicados en revistas de ámbito científico nacional e internacional. Su área de trabajo actual se centra en la información biomédica en los nuevos servicios de telemedicina: requisitos de los usuarios, optimización de los recursos y evaluación de los servicios.

fsaigi@uoc.edu

Asunción López Sevilla



Doctora en Ciencias Biológicas por la Universidad de Barcelona. Directora Técnico del laboratorio Asesoría y Consultoría Sanitaria, S.L. (ACONSA). Consultora de Multimedia y Comunicación de la UOC–La universidad virtual.

para convivir más fácilmente con ellas, con el correspondiente efecto sobre el estado de salud y la calidad de vida, así como sobre las implicaciones económicas del envejecimiento de la población. Las diez principales enfermedades objeto de investigaciones para el desarrollo de una terapia génica personalizada comprenden cinco tipos de cánceres (melanoma, colon, mama, pulmón y próstata), Alzheimer, diabetes de tipo 2, esquizofrenia, alergia y osteoporosis posmenopáusica.⁶ Para esta área de actuación son básicos los conocimientos sobre el papel de los genes en los procesos de diferenciación y desarrollo, así como los aportados por la secuenciación de genomas de distintas especies.

El conocimiento sobre las células madre y los mecanismos de diferenciación celular abren las vías a la sustitución de tejidos y órganos para tratar enfermedades degenerativas.

Aplicación de la biotecnología en la producción de sustancias de interés terapéutico para la industria farmacéutica

La capacidad de transferir genes entre especies posibilitará la modificación de microorganismos, plantas y animales que permitan la producción de nuevas hormonas, enzimas y otras proteínas de origen recombinante con fines terapéuticos.

A pesar de que las células de mamífero pueden generar proteínas de estructura compleja, el déficit de proteínas en la práctica hospitalaria ha dirigido las investigaciones hacia la utilización de animales transgénicos como biorreactores.

La biotecnología facilitará también el diseño de vacunas específicas para la protección humana contra las enfermedades humanas causadas por virus (gripe, hepatitis, sida) o por bacterias (tuberculosis, brucelosis, meningitis, neumonías), contra enfermedades in-

fecciosas asociadas al sida y contra enfermedades parasitarias.

Aplicaciones de la biotecnología y ciencias de la vida en la agricultura y la alimentación

La aplicación de la biotecnología moderna aporta a la agricultura grandes beneficios, aunque no sea una panacea para los problemas en el Tercer Mundo. En la actualidad, es posible producir mayor cantidad, más rápidamente y nuevas variedades de plantas capaces de tolerar condiciones adversas, resistir herbicidas y plagas, así como mejorar sus propiedades alimentarias y sanitarias.

Aplicación de la biotecnología para la producción de plantas transgénicas de interés nutritivo, sanitario e industrial

El objetivo de la biotecnología en este campo es el desarrollo de sistemas de cultivo *in vitro* y de métodos eficientes de transformación genética de plantas que contribuyan a la mejora genética de variedades de cultivo de interés alimentario con la intención de mejorar el perfil nutricional de los mismos, al desarrollo de plantas libres de enfermedades, a la rápida propagación de genotipos de interés, y a la producción de sustancias de interés industrial y sanitario.

La ventaja potencial más significativa de la biotecnología de los alimentos se presenta en la forma de alimentos capaces de vacunar contra enfermedades específicas. Más de 400 millones de personas son portadoras del virus de la hepatitis B (VHB). Disponer de una nueva fórmula de inmunización supondría reducir las cifras de infectados. La posibilidad de encontrar



vacunas orales a partir de plantas transgénicas contra enfermedades como la hepatitis B supondrá un paso decisivo –dado su bajo coste y su fácil administración– en la erradicación de esta enfermedad.

Aplicación de la biotecnología para la elaboración de alimentos a partir de organismos

Los progresos que se están realizando actualmente en ingeniería genética y biotecnología permiten augurar un desarrollo cada vez mayor del uso de enzimas y de organismos transgénicos de interés en la industria alimentaria. Algunos ejemplos claros de ello es fabricar leche con el azúcar del lácteo transformada en sus unidades glucosa y galactosa, en vacas transgénicas, favoreciendo su digestión en aquella población intolerante a la leche, o fabricar *in vivo* leche maternizada, suprimiendo mediante la técnica de *knock-out* del gen de la betalactoglobulina de la leche de vaca para imitar a la leche humana que no la tiene.

Aplicación de la biotecnología en el desarrollo de una agricultura más respetuosa con el medio ambiente

A pesar de las ventajas expuestas, la comercialización de los productos transgénicos está provocando una gran preocupación debido a la incertidumbre existente acerca de los efectos negativos para la salud humana⁷ y para los ecosistemas naturales.⁸⁻¹²

Aplicaciones de la biotecnología y ciencias de la vida en la industria

18

La biotecnología es una potente tecnología que permite una industrialización sostenible, sustituyendo las tecnologías contaminantes actuales por procesos en desarrollo con la reducción del consumo de materias primas, de energía y de contaminación de residuos no reciclables ni biodegradables.

Estudios realizados en el ámbito químico, plástico, alimentación, textil, papel, minería, refinería y energético muestran que la biotecnología no sólo reduce costes, sino también reduce la huella dejada en el medio ambiente por los elevados niveles de producción.

«La ventaja potencial de la biotecnología de los alimentos se presenta en la forma de alimentos capaces de vacunar contra enfermedades específicas.»

Aplicación de la biotecnología para reducir el consumo de materias primas, de la contaminación y de residuos no reciclables ni biodegradables

Diversas investigaciones biotecnológicas están dirigidas para reducir el contenido de compuestos organoazufrados, nitrogenados y los metales en los combustibles fósiles.¹³⁻¹⁵ Se han desarrollado también tecnologías biológicas en la industria petrolera que permiten romper las estructuras asfálticas (*biocracking*) en compuestos de menor peso molecular, obteniendo así un petróleo ligero fácilmente procesable y de mayor valor.¹⁶

La búsqueda de nuevas fuentes de energía más limpias ha conducido a la producción de etanol, biodiesel y metano, a partir de fuentes renovables como los desechos agrícolas. Además, se investiga la posibilidad de producir hidrógeno como combustible, utilizando algas verdes.¹⁷

Aplicación de la biotecnología en la extracción y recuperación de metales en procesos relacionados con la biometalúrgica

Los microorganismos pueden ser utilizados como agentes floculantes o como colectores en los procesos de flotación de minerales.

Otra área de enorme interés es la extracción o lixiviación de minerales insolubles y su recuperación en solución mediante la acción de microorganismos, con un bajo coste de capital y energía comparado con la pirometalúrgica, siendo además una técnica no contaminante.^{18,19}

Procesos de producción de enzimas con actividad de interés industrial, a partir de células microbianas

Enzimas naturales procedentes de microorganismos, plantas y animales pueden ser utilizados para catalizar reacciones químicas con alta eficiencia y especificidad. La actuación de estas enzimas puede ser mejorada a través de mutaciones o ingeniería genética

para seleccionar las que realizan reacciones químicas específicas y para optimizar su actividad en ciertas condiciones como temperatura elevada.

Aplicación de la biotecnología en el desarrollo de biomateriales con aplicaciones industriales, medioambientales y sanitarias

Para minimizar la contaminación del medio ambiente con los polímeros sintéticos tradicionales de los plásticos más usados en los envases, se está estudiando la bioproducción de polímeros biodegradables, por ejemplo PHB (polihidroxibutirato) expresado a partir de *Alcaligenes eutrophus*.

También se están desarrollando materiales biodegradables para ser utilizados en cirugía, en tejidos para implantes (epitelial, óseo) y en un futuro se espera poder utilizar órganos artificiales.^{20,21}

Aplicaciones de la biotecnología y ciencias de la vida en el medio ambiente

La biotecnología puede ser utilizada para evaluar el estado de los ecosistemas, transformar contaminantes en sustancias no tóxicas, generar materiales biodegradables a partir de recursos renovables, limpiar la polución, las aguas residuales, el aire y gases de desecho, protegiendo y restaurando la calidad del medio ambiente.

Diseño de procesos en los que intervengan organismos o productos derivados de éstos para la eliminación de sustancias tóxicas o contaminantes en aguas residuales urbanas, vertidos industriales y entornos naturales contaminados

Con los avances en biotecnología, la biorremediación del aire, el suelo y el agua ha sido uno de los campos de restauración medioambiental que más rápidamente se ha desarrollado, utilizando microorganismos para reducir la concentración y contaminación de distintas sustancias como petróleo, hidrocarburos policíclicos y aromáticos, solventes industriales, pesticidas y metales.

La degradación biológica de mezclas complejas de sustancias recalcitrantes es todavía un desafío para la biotecnología ambiental actual. Estudios con biofilms en reactores muestran que éstos ofrecen muchas ventajas y pueden ser utilizados para este propósito.

Los estudios de utilización de plantas transgénicas en la recuperación de metales son una clave importante en la fitorremediación del futuro.

Desarrollo de metodologías biológicas para la detección de contaminantes en los entornos naturales

Un área que se está desarrollando rápidamente es el campo de la producción de biosensores. En este nuevo campo de la bioelectrónica se combinan mecanismos biológicos (un enzima, un anticuerpo, una proteína, DNA, etc.) y electrónicos, a menudo en forma de *chip* electrónico. De este modo, se pueden medir de manera selectiva determinadas sustancias en un medio (plomo, toxinas, presencia de bacterias en el agua, fenoles, metano y monóxido de carbono, etc.), contribuyendo al control medioambiental. Muchos tipos de herbicidas pueden detectarse en el agua fluvial si se emplean biosensores basados en las algas.

Aplicación de la biotecnología en el diseño de procesos para el aprovechamiento de residuos industriales y lodos de depuradoras

Se están desarrollando procesos tecnológicos para el tratamiento y aprovechamiento de lodos residuales utilizados en el proceso de depuración biológica de aguas residuales: compostaje, digestión anaerobia, secado térmico, cogeneración dentro del secado térmico, valorización energética y aprovechamiento en cementeras.²² Existe una gran variedad de procesos

aerobios y anaerobios de interés industrial en los que se tratan diferentes residuos con diversas especies de microorganismos. Entre ellos destacan la digestión anaerobia para la producción de biogás y la fermentación alcohólica para obtener bioalcohol.²³

Aplicaciones de la biotecnología y ciencias de la vida en la informática. La bioinformática

La bioinformática es una disciplina científica de muy reciente aparición que tiene por objetivo el desarrollo de herramientas computacionales para el análisis de la información biológica y genómica. Se encuentra en la intersección entre las ciencias de la vida y de la información, proporcionando los recursos necesarios para favorecer la investigación biomédica.

Aplicación de la bioinformática en la investigación biomédica

Las herramientas informáticas son cruciales para almacenar e interpretar los datos generados por el Proyecto Genoma Humano de un modo eficiente en los centros de investigación biológica. La bioinformática trata de desarrollar sistemas que sirvan para entender el flujo de información desde los genes a las estructuras moleculares, su función bioquímica, conducta biológica y, finalmente, su influencia en las enfermedades y la salud.

La bioinformática orientada hacia la resolución de problemas de salud

Tecnologías que tratan la información genética basadas en biochips, sistemas LIMS, bases de datos genómicas, sistemas de minería de datos, técnicas de cuantificación de la expresión génica, permiten obte-



«La biotecnología no sólo reduce costes, sino también la huella dejada en el medio ambiente por los elevados niveles de producción.»

ner datos genéticos, a gran velocidad, de genomas individuales (polimorfismos, mutaciones) y de enfoques celulares (expresión génica). Esto posibilitará el desarrollo de una nueva práctica médica basada en las particularidades genéticas de los pacientes.²⁴

Aplicación de las TIC en el desarrollo de la biotecnología y las ciencias de la vida

La implementación de las TIC en los sistemas sanitarios permitirá acelerar la consulta de datos médicos personales y mejorar, en último término, la calidad asistencial, dado que se trabajará con criterios consensuados con expertos de otros países.

Conclusiones

La ciencia y la tecnología han sido elementos clave para el desarrollo de la humanidad a lo largo de la historia, hoy son consideradas por muchos como la próxima gran revolución de la economía del conocimiento. El programa *eEurope* ha otorgado una dimensión estratégica a las TIC, pero es posible que en el siglo XXI la biotecnología y las ciencias de la vida, gracias a su potencial social, económico y medioambiental, lleguen a ser económicamente más importantes formando, junto con las TIC, la base de la nueva economía basada en el *know how*.

La explosión de saberes sobre los ecosistemas biológicos en las ciencias de la vida, gracias a la combinación con las nuevas tecnologías, generará una corriente continua de aplicaciones innovadoras (por ejemplo, las pruebas genéticas, la regeneración de órganos y tejidos humanos) y el nacimiento de disciplinas científicas (por ejemplo, la genómica y la bioinformática), con profundas repercusiones en nuestras sociedades y nuestras economías. Se crearán nuevas oportunidades y desafíos para los países desarrollados y en vías de desarrollo, modificando radicalmente la práctica de la medicina en el Tercer Mundo, constituyendo un arma eficaz en la lucha contra el hambre y la desnutrición en una población mundial en constante aumento, con mínimas repercusiones sobre el medio ambiente. La sanidad se verá reestructurada con el nacimiento de la «medicina a la carta», caracterizada por el tratamien-

to de las enfermedades por terapia génica. En consecuencia, se desarrollarán nuevos fármacos que actuarán a escala molecular y personalizada. Además, existirá la posibilidad de mejorar el uso no alimentario de los cultivos como fuente de materias primas industriales y de nuevos materiales biodegradables, lo que va a contribuir a la creación de energía alternativa con carburantes biológicos como el biodiesel y el bioetanol, y a procesos como la biodesulfatación.

El potencial de la biotecnología y de las ciencias de la vida conducirá a una nueva economía. La biotecnología y las ciencias de la vida deben gestionarse de forma estratégica, para situarlas en el núcleo de la nueva economía. De este modo podremos convertir este *know how* en procesos competitivos y sostenibles en la nueva sociedad del conocimiento. Las inversiones en I+D tienen una importancia clave para hacer frente a los nuevos desafíos. ¶

Bibliografía

- 1 DASILVA, E.: *World Journal of Microbiology & Biotechnology* 1998; 14 (2).
- 2 OECD: *The Application of Biotechnology to Industrial Sustainability*, 2001.
Disponible en: <http://www.oecd.org/sti/biotechnology>
- 3 FAO: *Biotechnology y seguridad alimentaria*, 2001. Disponible en: <http://www.fao.org/worldfoodsummit/spanish/fsheets/biotech.pdf>
- 4 HACIA, J.G. ET AL.: 1996. «Detection of heterozygous mutations in BRCA1 using high density oligonucleotide arrays and two-colour fluorescence analysis», *Nat Genet* 1996; 14 (4): 441-447.
- 5 CHO, R.J., ET AL.: «Parallel analysis of genetic selections using whole genome oligonucleotide arrays», *Proc Natl Acad Sci USA* 1998; 95 (7): 3752-3757.
- 6 Véase:
<http://www2.psiquiatria.com/noticias/genetica/9825/>
- 7 JOSÉ MIGUEL SERMEÑO. Reflexiones y recomendaciones sobre el uso de organismos modificados genéticamente. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos10/reflex/reflex.shtml>
- 8 FOWLER, C.; MOONEY, P.: *Shattering: food, politics and the loss of genetic diversity*, University of Arizona Press, Tucson, 1990.
- 9 ROBINSON, R.A.: *Return to resistance: breeding crops to reduce pesticide resistance*, AgAccess, Davis, California, 1996.
- 10 ALTIERI, M.A.: *Biodiversity and pest management in agroecosystems*, Haworth Press, Nueva York, 1994.
- 11 RISSLER, J.; MELLON, M.: *The ecological risks of engineered crops*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1996.
- 12 Declaración de la FAO sobre biotecnología. 28/09/2001. Disponible en: <http://www.fonendo.com>
- 13 OHSHIRO, T.; IZUMI, Y.: «Microbial desulfurization of organic sulfur compounds in Petroleum», *Biosci Biotechnol Biochem* 1999; 63: 1-9.
- 14 KILBANE, II, J.J.; RANGANATHAN, R.; CLEVELAND, L.; KAYSER, K.J.; RIBIERO, C.; LINHARES; M.M.: «Selective removal of nitrogen from quinoline and petroleum by Pseudomonas ayucida IGTN9m», *Appl Environ Microbiol* 2000; 66: 688-693.
- 15 XU, G.W.; MITCHELL, K.W.; MONTICELLO, D.J.: «Fuel product produced by demetalizing a fossil fuel with an enzyme», US Patent 5624844, 1998.

- 16** PREMUZIC, E.T.; LIN, M.S.: «Biochemical upgrading of oils», US Patent 5858766, 1999.
- 17** GHIRARDI, M.L.; ZHANG, L.; LEE, J.W.; FLYNN, T.; SEIBERT, M.; GREENBAUM, E.; MELIS, A.: «Microalgae: a green source of renewable H₂», *Tibtech* 2000; 18: 506-511.
- 18** BRIERLEY, C.L.; BRIGGS, A.P.: *Minerals Biooxidation/Bioleaching: Guide to Developing an Economically Viable Process*, PDAC Annual Meeting (Toronto, Canadá, Marzo 1997).
- 19** GUERRERO, J.J.: *Bioteología para el procesamiento de minerales*, Segundo Congreso Nacional de Minería (Trujillo, Perú, Agosto, 1998).
- 20** PISKIN E.: 1995. «Biodegradable polymers as biomaterials», *Journal of Biomaterials Science. Polymer Edition [J Biomater Sci Polym Ed]* 1995; 6 (9): 775-795.
- 21** DESGRANDCHAMPS, F.: «Biomaterials in functional reconstruction», *Current Opinion in Urology [Curr Opin Urol]* 2000 Mayo; 10 (3): 201-206.
- 22** BOUTOUX, L. ET AL.: «The Sincineration on waste in Europe: issues and perspectives», Institute for prospective Technological Studies (IPTS), marzo, 1999.
- 23** JIMÉNEZ, L.; CHICA, A.; CABELLO DE LOS COBOS, R.: «Procesos de conversión de biomasa residual en energía. II. Procesos de obtención de bioalcohol en energía», *Energía* 1989; 15 (2): 99-108.
- 24** MARTÍN SÁNCHEZ, F.; LÓPEZ CAMPOS, G.; MAOJO GARCÍA, V.: 1999. «Impactos de la aplicación de las nuevas tecnologías para el tratamiento de la información genética en la investigación biomédica y la práctica clínica», *Informática y Salud* 1999; núm. 19. Disponible en: http://www.seis.es/i_s/i_s19/i_s19l.htm