Los científicos en biotecnología tendrán que sentirse cómodos analizando información de muchas fuentes, como datos de la secuencia de DNA, datos de la expresión génica de *microarrays* y SNP, configurar los datos en el ordenador a partir de análisis de la estructura de DNA y proteínas, y datos químicos empleados para estudiar las estructuras moleculares. Por último, las empresas de biotecnología buscan gente docta en el análisis de datos complejos y que comparta su experiencia con otros en entornos de trabajo en equipo enfocados a la resolución de problemas. El capital humano de la biotecnología depende de contribuciones importantes de gente con talento en muchas disciplinas científicas.

El negocio de la biotecnología

En 1976 se fundó Genentech Inc., una pequeña empresa cercana a San Francisco (California). Genentech se conoce generalmente como la primera empresa de biotecnología, y su éxito dio paso al nacimiento de esta fascinante industria. Hoy, la biotecnología es una industria global con cientos de productos en el mercado que generan más de 44 mil millones de euros en todo el mundo, incluvendo 28 mil millones en ventas de fármacos biológicos en Estados Unidos (como enzimas, anticuerpos, vacunas y hormonas). Muchas de las empresas biotecnológicas están trabajando en la cura del cáncer, en parte porque sólo en Estados Unidos casi el 40 por ciento de la población será diagnosticada de cáncer a lo largo de su vida. El cáncer es la segunda causa de muerte en Estados Unidos después de enfermedades cardiacas. En la actualidad están en desarrollo 350 productos biotecnológicos cuyo objetivo es el cáncer, la diabetes, afecciones cardiacas, Alzheimer, Parkinson, artritis, sida y muchas otras enfermedades.

Norteamérica, Europa y Japón acaparan el 95 por ciento de las empresas biotecnológicas, pero las firmas biotecnológicas se encuentran por todo el mundo, con más de 4.900 empresas en 54 países. Hasta países sin tradición en investigación y desarrollo están virando hacia la biotecnología para las innovaciones punteras. Por ejemplo, la biotecnología es una industria de rápido desarrollo en India y en China. Todavía muchas de las empresas líderes en biotecnología se localizan en Estados Unidos (véase Figura 1.16), donde actualmente existen unas 1.500 empresas, muchas de las cuales están en estrecha relación con colaboradores y universidades o emplazadas cerca de las principales universidades en las que se generan las ideas científicas básicas para aplicaciones biotecnológicas. Para más información sobre centros biotecnológicos norteamericanos visita la URL de la *Biotechnology Industry Organization* (www.bio.org). Estos centros son excelentes fuentes de información sobre la profesión del biotecnólogo en Estados Unidos. En esa página web puedes encontrar empresas de biotecnología y saber más sobre sus productos.

Organización de una empresa biotecnológica

Ahora mismo te estarás preguntando cuál es la diferencia entre una empresa biotecnológica y una compañía farmacéutica. La mayoría de nosotros conocemos empresas farmacéuticas como Merck, Johnson & Johnson o Pfizer, porque puede que hayamos usado uno o más de sus productos, pero la mayoría de la gente no es capaz de citar una empresa biotecnológica (Tabla 1.3) o explicar en qué se diferencian una de estas empresas de una farmacéutica. Generalmente, las empresas farmacéuticas están implicadas en el desarrollo de fármacos sintetizando o purificando químicamente compuestos usados para hacer fármacos como la aspirina, los antiácidos y las medicinas para el resfriado. Las compañías farmacéuticas no suelen usar organismos vivos para cultivar o producir un producto (como una proteína recombinante), al contrario que en las empresas biotecnológicas. Pero hoy en día las diferencias entre ambas son más difusas, ya que muchas grandes empresas farmacéuticas suelen estar implicadas en la investigación biotecnológica y el desarrollo de productos tanto directa como indirectamente, formando parte de compañías biotecnológicas. Recuerda también que la biotecnología supone mucho más que el desarro-



Figura 1.16 Distribución de empresas biotecnológicas estadounidenses A lo largo de Estados Unidos encontramos empresas biotecnológicas públicas y privadas.

Tabla 1.3 LAS CINCO EMPRESAS BIOTECNOLÓGICASIMPORTANTES Y LAS CINCOFARMACOLÓGICAS (POR INGRESOS)

Empresas biotecnológicas	Ingresos (millones de euros)
Amgen	8.475
Genentech	4.676
Genzyme	1.830
Biogen Idec	1.675
Chiron	1.354
Empresas farmacéuticas	
Pfizer	36.167
Johnson & Johnson	35.740
Merck & Co.	15.523
Bristol-Myers Squibb	13.552
Eli Lilly & Co.	10.331

Adaptado de: Ernst & Young, *Beyond Borders*. *Global Biotechnology Report 2006* (www.ey.com/beyondborders). Ingresos basados en los resultados preliminares remitidos por las empresas.

llo de fármacos. Hay muchas compañías de distintos tamaños dedicadas a trabajos sobre diversas áreas específicas de la biotecnología.

Las empresas de biotecnología varían en tamaño, desde pequeñas empresas de menos de 50 empleados hasta las grandes con más de 300 empleados. Históricamente muchas de ellas comienzan como **empresas de puesta en marcha** formadas por un pequeño grupo de científicos que creen que pueden hacer un producto prometedor (como la proteína recombinante para tratar enfermedades). El equipo suele buscar entonces inversores para obtener fondos de forma que puedan comprar o alquilar instalaciones de laboratorios, herramientas y suministros, y continuar su labor de investigación para hacer su producto. Si consiguen sacar un producto al mercado (proceso que tarda unos diez años de media), muchas de estas empresas son adquiridas por compañías grandes bien establecidas.

Existen similitudes entre la organización de las empresas farmacéuticas y biotecnológicas (Figura 1.17). Analizaremos muchos aspectos de esta organización en la siguiente sección, en la que describimos diferentes oportunidades laborales en cada sector de una empresa biotecnológica.

Trabajos en biotecnología

En Estados Unidos, la industria de la biotecnología da trabajo a más de 200.000 personas. La biotecnología ofrece multitud de opciones laborales, como técnicos de laboratorio implicados en la investigación básica y desarrollo, programadores informáticos, directores de laboratorio y personal de *marketing* y ventas. Todos ellos son esenciales para la industria de la biotecnología. En esta sección, consideramos algunas de las categorías laborales en la biotecnología.

Investigación y desarrollo (I + D)

El desarrollo de un producto nuevo es un proceso largo y caro. Los trabajadores de I + D están directamente implicados en el proceso de desarrollo de ideas y dirección de experimentos para determinar si una idea prometedora (por ejemplo, la utilización de una proteína recombinante a partir de un gen recién clonado para tratar una enfermedad) realmente puede llevar al desarrollo de un producto. Requiere una gran repetición de ensayo y error. Tanto en las grandes como en las pequeñas empresas existe un departamento de I + D. De media, las empresas biotecnológicas invierten al menos cuatro veces más en I + D que cualquier otra industria tecnológica. Para algunas empresas el presupuesto de I + D supone el 50 por ciento del presupuesto total. La I + D es la espina dorsal de la mayoría de las empresas, ya que sin nuevos descubrimientos las empresas no pueden desarrollar nuevos productos. La mayoría de puestos en I + D requieren estudios superiores en química, biología o bioquímica (Figura 1.18). Los técnicos de laboratorio son responsables de tareas como la limpieza y mantenimiento del equipo que usan los científicos y estar pendientes de que no falten los suministros necesarios. Los ayudantes de investigación llevan a cabo experimentos bajo la supervisión directa de reconocidos científicos con experiencia. Estos puestos exigen estudios superiores o postgrados en biología o química. Los ayudantes de investigación están considerados como los científicos «de base», y llevan a cabo experimentos bajo la dirección de uno o más científicos de más antigüedad. Los asistentes trabajan en equipos realizando el diseño, la ejecución y la interpretación de los experimentos y los resultados; también revisan la bibliografía científica y preparan informes técnicos, protocolos de laboratorio y resúmenes de datos.

Los **científicos principales** o de mayor antigüedad suelen tener un doctorado y una experiencia considerable en la investigación y destrezas de gestión para dirigir a otros científicos. Estas personas están consideradas como los líderes científicos de una empresa. Las responsabilidades incluyen la planificación y ejecución de las investigaciones prioritarias de la compañía, actuando como portavoces de las investigaciones y desarrollos en conferencias, participando en la solicitud de patentes, escribiendo informes del progreso, pidiendo subvenciones y aconsejando a los gestores financieros de la empresa. Los títulos de los puestos y las descripciones pueden variar de una empresa a otra, sin embargo si estás interesado en hacer nuevos descubrimientos científicos, los departamentos de I + D serán tu mejor opción.



Figura 1.17 Estructura de la organización de una empresa biotecnológica de medio tamaño Las empresas biotecnológicas varían en tamaño, pero la mayoría de ellas tienen estructurada su organización de forma similar a la que se especifica en esta figura. Fijate en el rango de diferentes aspectos de la compañía desde I + D hasta ventas, *marketing* y asuntos jurídicos.

La rápida expansión de la bioinformática, el uso de ordenadores para analizar y almacenar datos de DNA y proteínas, requiere una comprensión de la programación computacional, la estadística y la biología. Hasta hace poco, muchos expertos de esta materia eran informáticos que habían aprendido por sí mismos biología molecular, o biólogos moleculares que habían aprendido informática, análisis de bases de datos y matemáticas. Hoy en día, se fomenta que la gente con interés por la informática estudie biotecnología y viceversa. Además, los programas específicos de bioinformática están empezando a aparecer en las principales universidades, facultades, escuelas técnicas y en las redes laborales, para preparar a futuros **bioinformáticos**.

Muchos piensan que la cantidad masiva de datos procedente del Proyecto del Genoma Humano dará lugar a una fusión de la biotecnología y la tecnología de la información. Los bioinformáticos son necesarios para analizar, organizar y compartir la información de la secuencia de DNA y proteínas. Sólo el genoma humano contiene más de tres mil millones de pares de bases, y cada día se añaden bases de datos de todo el mundo, con datos de cientos de miles de bases de secuencias de otras especies. Se necesitan sofisticados programas para analizar esta información. ¿Cómo harán las empresas biotecnológicas para no ahogarse en un mar de datos en constante crecimiento que inunda la biología y la química? Los sistemas de minería de datos y de almacenamiento de datos sólo están empezando a aparecer en el mercado de la bioinformática. Para ponernos en antecedentes, una base de datos financiera de un gran banco puede tener 100 columnas que representen diferentes clientes, con un millón de filas de datos. Por el contrario, una base de datos farmacéutica puede albergar 30.000 columnas para genes v sólo unas 40 filas de pacientes. Las herramientas informáticas de modelado, como las redes neuronales y los árboles de decisión, también tienen un uso extenso en la bioinformática para identificar patrones entre marcado-



Figura 1.18 Nivel mínimo de educación necesario para puestos básicos técnicos Se realizó un estudio de los requisitos académicos para puestos básicos en 69 empresas biotecnológicas en las tres provincias de la costa central de California. Los resultados son comparables con otras zonas de Estados Unidos e indican que es necesario un mayor nivel de formación para I + D que para otras áreas.

res de SNP y el estado de la enfermedad. Si te interesa aunar el conocimiento de la biología con destrezas informáticas, la bioinformática puede ser una buena opción.

Operaciones, fabricación biológica y producción

Operaciones, fabricación biológica y producción son términos que describen la división de una empresa biotecnológica que supervisa detalles específicos del desarrollo de un producto como el equipamiento y los procesos de laboratorio involucrados en la producción de un producto, lo que a menudo incluye procesos jerarquizados en los que deben cultivarse células a gran escala para hacer un producto. Esto no es una tarea sencilla. Como analogía simple, la jerarquización es la diferencia entre cocinar para ti solo en contraposición a preparar un menú completo de cena de Navidad para 50 personas. La fabricación biológica y los centros de producción mantienen y controlan el equipamiento de gran escala y volumen utilizado durante la producción y aseguran que la empresa esté siguiendo procedimientos correctos y manteniendo unos registros apropiados para el producto. Los detalles del trabajo en la fabricación biológica son específicos del producto determi-

TÚ DECIDES

¿Medicamentos biotecnológicos genéricos?

A medida que ha ido madurando la industria de la biotecnología, muchos de los primeros

productos biotecnológicos cuya patente se ha aprobado perderán su protección de patente en los próximos años. Las patentes de unos 20 productos con ventas anuales de más de 17 mil millones de euros expiraron en 2006. Las patentes están concebidas para proveer un derecho de monopolio para el desarrollador de una invención, y en Estados Unidos las patentes pueden durar hasta 20 años. Existe una polémica en la industria sobre si muchos de estos productos recibirán la aprobación para convertirse en medicamentos genéricos. Ya sabrás que los medicamentos genéricos son copias de productos de marca que suelen tener la misma efectividad, seguridad y calidad que el original pero se producen a un coste menor para el consumidor que el de marca. Los genéricos son más baratos porque a menudo tienen la aprobación de uso sin tener que pasar por los mismos costosos estudios de seguridad v efectos que necesitan los medicamentos de marca. Muchas empresas biotecnológicas están luchando contra la producción de medicamentos biotecnológicos genéricos, reclamando que el coste más elevado de hacer un producto biotecnológico como los anticuerpos en comparación con un medicamento farmacéutico les otorga el derecho de fabricar medicamentos de marca y sacar beneficio sin competir contra los genéricos. Algunos también dudan de si se podría producir un genérico a un coste realmente reducido, ya que normalmente sigue siendo más caro elaborar un producto biotecnológico que uno farmacéutico. En países en vías de desarrollo pueden surgir cuestiones similares en cuanto al coste de los medicamentos, dado que mucha gente que los necesita no puede permitírselos, aunque en este caso muchas empresas venden medicamentos en países desarrollados a un precio más alto para destinar algunos de estos beneficios a facilitar medicamentos a un coste bajo o de forma gratuita a las naciones en vías de desarrollo. ¿Debería forzarse a las empresas biotecnológicas a producir medicamentos genéricos? Tú decides.

nado que una empresa esté fabricando. Los puestos iniciales incluyen personal de compras, ayudantes y miembros de fabricación. Los puestos de supervisión y gestión suelen requerir estudios superiores de biología o química y varios años de experiencia en la fabricación de productos o del tipo concreto de producto al que esté dedicada la empresa. La producción y fabricación también requiere la colaboración de muchos tipos de ingenieros: ingenieros químicos, eléctricos, medioambientales o industriales. Los puestos de ingenieros suelen exigir estudios superiores de ingeniería o postgrados en biología o algún área de ingeniería.

Garantía y control de calidad

Como verás en el Capítulo 12, la mayoría de los productos procedentes de la biotecnología están muy controlados por agencias federales como la FDA (Food and Drug Administration), la EPA (Environmental Protection Agency) y el USDA (U.S. Department of Agriculture). Estas agencias federales exigen que la fabricación siga los métodos exactos aprobados por los oficiales reguladores. Como ya hemos apuntado, el objetivo global de la garantía de calidad es garantizar la calidad final de todos los productos. Los esfuerzos por el control de la calidad intentan asegurar que los productos cumplen las estrictas normativas obligatorias. Además de garantizar que los componentes del proceso de fabricación del producto cumplen las especificaciones debidas, los trabajadores de estos departamentos también son responsables del control de los equipos, instalaciones y personal, manteniendo una documentación correcta, probando muestras del producto, y recibiendo las consultas y quejas de los consumidores, entre otras tareas. Los puestos iniciales en control y garantía de calidad son técnico de convalidación, empleado de documentación e inspector de control de calidad. Estos puestos requieren al menos estudios superiores en biología, mientras que los puestos de supervisión y directivos requieren más estudios.

Los **especialistas en las relaciones con el consumidor** también suelen trabajar en el departamento de garantía de calidad de una empresa. Una de las funciones de las relaciones con el cliente es investigar las quejas de los consumidores sobre un problema con un producto y hacer un seguimiento con el consumidor para facilitar una respuesta o solución apropiada para el problema.

Aspectos normativos e investigación clínica

Como veremos en el Capítulo 12, en Estados Unidos desarrollar un producto farmacéutico es un proceso largo y caro que consiste en probar el nuevo medicamento en sujetos voluntarios para recibir en última instancia la aprobación de la FDA. El proceso clínico de ensayos, junto con muchas otras áreas clínicas y no clínicas de la biotecnología, está regulado por un gran número de administraciones. Por tanto, cada empresa biotecnológica tiene empleados que controlan el cumplimiento de las regulaciones para asegurar procesos normativos correctos. Las empresas biotecnológicas implicadas en el desarrollo de fármacos para personas suelen tener grandes divisiones de investigación clínica con personal científico y no científico para dirigir y supervisar los ensayos clínicos.

Divisiones legales, de ventas, finanzas y *marketing*

La venta y el *marketing* de la gama de productos biotecnológicos, desde instrumentos médicos a medicamentos, es un área clave de la biotecnología. La mayoría de la gente que trabaja en el *marketing* y las ventas de la biotecnología tienen estudios superiores en ciencias y están familiarizados con los procesos científicos de la biotecnología, quizá combinado con cursos de negocios o estudios de *marketing*.

Los comerciales trabajan con médicos, hospitales e instituciones sanitarias para promocionar los productos de una empresa. Los **especialistas en** marketing idean campañas de publicidad y material promocional para fijar como objetivo las necesidades de los clientes respecto a los productos que vende la empresa. Los representantes y especialistas suelen asistir a ferias y conferencias. Es importante tener un buen conocimiento en ciencias, va que la capacidad de responder las preguntas del usuario final es una destreza fundamental en la venta y el marketing. La división financiera de una empresa biotecnológica suele estar a cargo de vicepresidentes o directores financieros que supervisan las finanzas de las empresas y también están implicados a menudo en la obtención de fondos procedentes de socios o de capitalistas arriesgados que buscan invertir en empresas tecnológicas. Los especialistas legales en estas empresas suelen trabajar sobre temas legales relacionados con el desarrollo del producto y el marketing, como los derechos de autor, del nombre y la obtención de patentes. La plantilla de este campo también se encarga de las circunstancias que pueden surgir si hay problemas con un producto o litigios con el usuario de un producto.

Salarios en biotecnología

La gente que trabaja en la industria de la biotecnología está haciendo descubrimientos revolucionarios contra enfermedades, nuevos hallazgos que mejoran la producción alimenticia, limpian el planeta y hacen la fabricación más eficaz y beneficiosa. Aunque el uso de organismos vivos para mejorar la vida es una práctica antigua, la industria de la biotecnología sólo lleva presente unos 25 años. Como industria emergente, la biotecnología ofrece salarios competitivos y beneficios, y los empleados de casi todos los niveles refieren una satisfacción laboral alta.

Los salarios de científicos que trabajan en el sector comercial suelen ser más altos que los de los científicos dedicados a la docencia (de escuelas y universidades). Los científicos que trabajan en la industria de la biotecnología están entre los mejores pagados de las ciencias profesionales. En 2006, sólo en California, la industria biotecnológica generó unos 14 mil millones de euros en rentas personales y salariales. En el mismo año, las cinco empresas biotecnológicas principales del mundo gastaron una media de 65.800 euros en cada empleado.

Según una encuesta llevada a cabo recientemente por la división Radford de AON Consulting, entre más de 400 empresas biotecnológicas, los doctores en biología, química y biología molecular sin experiencia profesional partian con una media salarial anual de 39.290 euros, los científicos con experiencia ganaban más de 85.000 euros al año. Para las personas con un máster en los mismos campos, el salario medio era de 28.200 euros anuales, con un rango de entre 42.000 y 50.000 para los ayudantes de investigación y 23.000 para los que sólo tenían estudios superiores, y un rango de entre 36.000 y 44.000 para los ayudantes de investigación. Para actualizaciones de estos datos puedes visitar las páginas web de Radford Biotechnology Compensation Report, Comission of Proffesionals in Science and Technology, y U.S. Office of Personnel Management. Las páginas web de los informes salariales se enumeran en «Mantente al día: enlaces a las páginas web complementarias».

Según una encuesta nacional, el 56 por ciento de los estudiantes universitarios que entran en programas de formación en biotecnología tienen pocos antecedentes científicos o ninguno. Si tienes la base adecuada en biología y buenas habilidades de laboratorio, hay muchos puestos buenos en diferentes niveles, pero cada vez más la formación a nivel universitario o de escuelas técnicas se está convirtiendo en un requisito para trabajar en biotecnología.

Tendencias en alza en la industria biotecnológica

Las perspectivas profesionales en biotecnología son excelentes. La industria ha triplicado con creces su tamaño desde 1992 y los ingresos de las empresas en todo el mundo se han incrementado aproximadamente de 6 mil millones de euros en 1992 a 20 mil millones en 2001. Como resultado de esta prosperidad, entre 1995 y 1999, el período más amplio para el que hay datos de este tipo, la industria biotecnológica estadounidense aumentó su capital humano en un 48,5 por ciento. Se espera que esta tendencia continúe. Las firmas biotecnológicas y los laboratorios de investigación han descubierto que es meior nutrirse de trabajadores a nivel técnico cualificado con gente que tiene formación especializada, que dedicarse a la práctica tradicional de intentar encontrar gente con másteres o doctorados. Muchos encargados de recursos humanos y de empresas de contratación señalan que hay un tremendo incremento del número de puestos de trabajo en bioinformática, proteómica y genética.

También hay un amplio mercado laboral para científicos en el descubrimiento de fármacos. Las grandes empresas biotecnológicas, de cualquier parte, indican que están creciendo rápido y ven que hay demanda de casi cualquier elección profesional. En concreto, los trabajos más cotizados suelen ser los que requieren trabajo en equipo tanto dentro como fuera de la empresa. La cooperación se ha vuelto el marco de trabajo del desarrollo farmacéutico, y las destrezas en este ámbito son esenciales para cualquier miembro de esta industria.



PERFIL PROFESIONAL

Encontrar un trabajo en biotecnología que te resulte interesante

A lo largo de todo el libro usaremos este elemento de Perfil profesional para destacar opciones profesionales, incluyendo reguisitos

académicos, descripción de los puestos, salarios y otra información. Hay muchas páginas web que ofrecen información sobre profesiones en biotecnología:

- Biotecnologica.com (www.biotecnologica.com <http://www.biotecnologica.com). Encontrarás algunas ofertas de empleo en empresas biotecnológicas.
- Biologia.org (www.biologia.org
 http://www.biologia.org). El portal de Biología y Ciencias de la Salud te da acceso a varias webs con contenidos y oportunidades en biotecnología.
- Biotech Career Center (www.biotechcareercenter.com). Un buen sitio para material profesional, enlaces a recursos y mucha información sobre más de 600 empresas biotecnológicas.
- Biotechnology Industry Organization (www.bio.org). Puedes acceder a uno de los sitios de empresas biotecnológicas.
- Access Excellence Careers in Biotechnology (www.accessexcellence.org/RC/CC/). Descripción de los

puestos y excelentes enlaces a fuentes de profesiones en biotecnología.

- Bio-Link (www.bio-link.org). Puedes encontrar recursos útiles de trabajadores en biotecnología. Tiene varias secciones de información profesional, descripción de los puestos y requisitos académicos, sitios de bolsa de trabajo, y listados de empresas biotecnológicas, entre otros muchos recursos.
- California State University Program for Education and Research in Biotechnology (CSUPERB) (www.csuchico.edu/csuperb/). Un recurso excepcional para material educativo y profesional de biotecnología. En concreto, visita el sitio «carrer site» y «job links».
- Massachusetts Biotechnology Industry Organization (www.massbio.org/). Visita el enlace «careers» para consultar uno de los listados más exhaustivos de descripción de puestos en la industria de la biotecnología, desde vicepresidente de investigación y desarrollo hasta puestos de limpieza.

Busca en estos sitios un trabajo que te llame la atención. Después reescribe tu currículo para que encaje en la descripción de ese trabajo, o identifica los cursos o experiencia que necesitarías para solicitar con éxito ese puesto. Imprime los resultados y guárdatelos para futuras consultas.