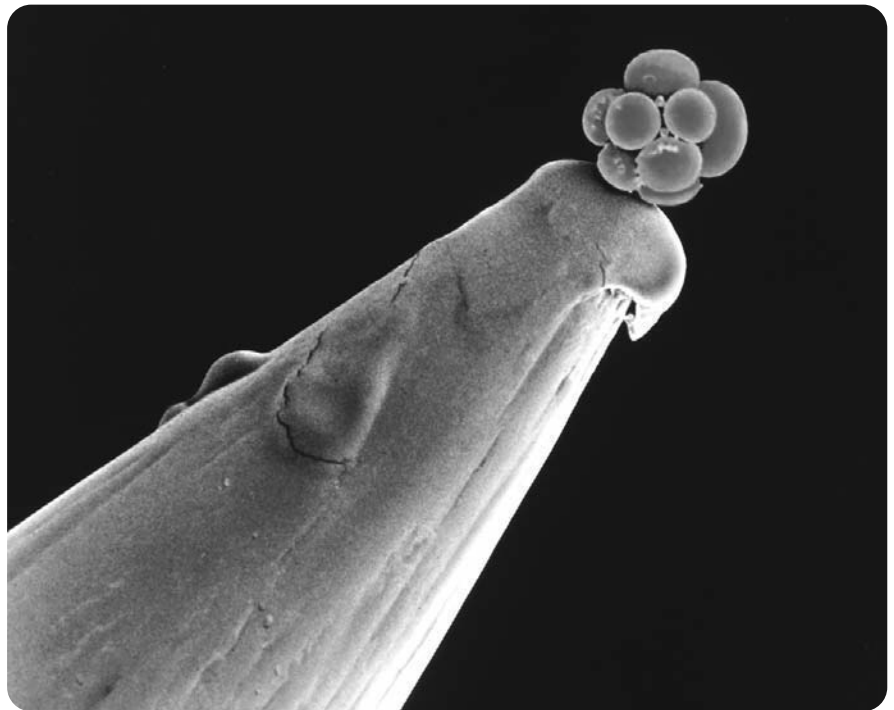


El siglo de la biotecnología y su capital humano

Tras completar este capítulo deberías ser capaz de:

- Definir biotecnología y comprender las diferentes disciplinas científicas que la integran.
- Dar ejemplos históricos y actuales de las aplicaciones de la biotecnología y sus productos.
- Enumerar y describir diferentes tipos de biotecnología y sus aplicaciones.
- Dar ejemplos de potenciales avances en biotecnología.
- Analizar en qué medida cambiarán los diagnósticos médicos como resultado de la biotecnología y dar ejemplos de cómo se usarán los datos del Proyecto del Genoma Humano para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades.
- Entender que hay pros y contras en biotecnología y asuntos polémicos en este campo.
- Describir las categorías y opciones profesionales de la biotecnología.
- Desarrollar una comprensión de algunas destrezas y aprendizajes importantes necesarios para formar parte del capital humano de la biotecnología.
- Analizar tendencias en alza en la industria de la biotecnología.



¿Células milagro? Este diminuto racimo en la punta de un alfiler es un embrión humano unos tres días después de su fecundación. Algunos científicos creen que las células madre de los embriones pueden tener el potencial de tratar y curar gran variedad de enfermedades humanas por medio de la biotecnología. El uso de estas células es también uno de los temas de mayor controversia en biotecnología.

Si alguna vez has comido un *snack* de maíz, te habrás quedado impresionado por la biotecnología. ¿No comes *snacks*? ¿Y nata, yogur, queso o leche? En este siglo, cada vez serán más los alimentos que estarán producidos por organismos que han sido alterados genéticamente a través de la biotecnología. Estos **alimentos transgénicos** (*genetically modified*, GM), al igual que los embriones humanos como el de la imagen de apertura de este capítulo, han suscitado una gran polémica durante los últimos años. Este capítulo se ideó para proporcionarte una introducción básica sobre la increíble variedad de temas que aborda la biotecnología y que leerás a lo largo del libro. Como verás, la biotecnología es una ciencia multidisciplinar con muchas aplicaciones potenciales y futuros descubrimientos.

El objetivo de este capítulo no es hacer un repaso exhaustivo de la historia de la biotecnología y sus aplicaciones actuales, sino presentar una breve introducción y un vistazo sobre muchos temas que se analizarán con más detalle en próximos capítulos. Comenzamos por definir biotecnología y presentar una visión de conjunto de las diferentes disciplinas que forman parte de este campo. Destacamos tanto las aplicaciones históricas como las actuales y definimos los diferentes tipos de biotecnología que estudiarás en este libro. Al final del capítulo, analizaremos aspectos del capital humano de la biotecnología y las destrezas necesarias para trabajar en esta industria. Asegúrate de estar familiarizado con los diferentes tipos de biotecnología y los términos clave que se presentan en este capítulo, ya que serán la base de tus futuros estudios.

1.1 ¿Qué es la biotecnología y qué significa para ti?

¿Alguna vez has comido un tomate Flavr Savr®, te han tratado con anticuerpos monoclonales, has recibido tejido cultivado a partir de células madre embrionarias, o visto un ratón *knockout*? ¿Te has vacunado alguna vez de la gripe? ¿Conoces a alguien con diabetes que necesite inyecciones de insulina? ¿Te has hecho alguna prueba de embarazo? ¿Has tomado alguna vez antibióticos? ¿Has bebido un vaso de vino, comido queso o hecho pan? Aunque no hayas vivido alguna de las primeras situaciones, al menos algunas de las últimas deberían resultarte familiares. Si es así, has visto los beneficios de la biotecnología.

¿Puedes imaginarte un mundo libre de enfermedades graves, donde la comida es abundante para todo el mundo y el medio ambiente está libre de contaminación? Ese panorama es la inspiración de muchos profesionales de la biotecnología para dedicar sus vidas a esta ciencia apasionante. Aunque no entiendas del todo la variedad de disciplinas y los detalles científicos de la biotecnología la has experimentado de primera mano. La **biotecnología** se define comúnmente como el uso de organismos

vivos, o los productos de los mismos, para el beneficio humano (o el beneficio de su entorno) con el fin de desarrollar un producto o resolver un problema. Recuerda esta definición. A medida que aprendas más sobre la biotecnología, ampliaremos y refinaremos esta definición con ejemplos históricos y aplicaciones modernas del día a día y miraremos hacia el futuro de la biotecnología.

Estarás en lo cierto si piensas que la biotecnología es una disciplina relativamente nueva, que no hace mucho que ha empezado a polarizar atención. Sin embargo, puede que te sorprenda saber que en cierto modo esta ciencia implica varias prácticas ancestrales. Como señalamos en la siguiente sección, nuevas y viejas prácticas en biotecnología hacen de esta disciplina uno de los campos de la ciencia más emocionantes y dinámicos. Afecta nuestra vida cotidiana y adquirirá incluso más importancia durante este siglo, el que algunos han denominado «el siglo de la biotecnología».

Breve historia de la biotecnología

Si pides a tus familiares y amigos que definan biotecnología, puede que te sorprendan sus respuestas. Probablemente no tengan ni idea de lo que es y te digan que la biotecnología es cosa de científicos de aspecto serio y bata blanca que llevan a cabo experimentos sofisticados y misteriosos de clonaciones en caros laboratorios. Cuando pidas más detalles, no sabrán decirte cómo se realizan esos «experimentos» ni la información que se extrae de ellos o cómo se utiliza. Aunque la clonación de DNA y la manipulación genética de organismos son técnicas modernas interesantes, la biotecnología no es una ciencia nueva. De hecho, muchas aplicaciones son antiguas prácticas con nuevos métodos. El hombre ha utilizado organismos en su beneficio en muchos procesos durante varios miles de años. Los estudios históricos han demostrado que los chinos, griegos, romanos, babilonios y egipcios, entre otros muchos, han hecho uso de la biotecnología desde casi el año 2000 a.C.

La biotecnología no significa cazar animales y recolectar plantas para el sustento; sin embargo, domesticar animales como ovejas y reses para su uso como ganado, es un ejemplo clásico de biotecnología. Nuestros ancestros inmediatos también han sacado provecho de los microorganismos y han utilizado la **fermentación** para hacer pan, queso, yogur y bebidas alcohólicas como la cerveza y el vino. Durante la fermentación, algunas levaduras descomponen azúcares para obtener energía, y en el proceso producen etanol (alcohol) como producto de desecho. Cuando se hace la masa del pan, se añade la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*, conocida como levadura de panadero) para que la masa suba. Esto ocurre porque la levadura fermenta el azúcar liberando dióxido de carbono, lo que hace que la masa suba y se creen agujeros en el pan. El alcohol producido por la levadura se evapora cuando se hornea el pan, pero el resto del alcohol permanece en el sabor semidulce de la mayoría de

los panes. Si haces masa de pan o *pizza* en casa, seguro que le habrás añadido *S. cerevisiae* comprada en una tienda presentada en un sobre o bote. Como verás cuando analicemos la biotecnología microbiana en el Capítulo 5, existen procesos semejantes muy valiosos en la producción de yogures, quesos y bebidas.

Durante miles de años, el hombre ha utilizado la **crianza selectiva** como una aplicación de la biotecnología para mejorar la producción de los cultivos y ganado para propósitos alimentarios. En la crianza selectiva, los organismos con determinados rasgos se emparejan a propósito para que se reproduzcan. Por ejemplo, las plantas cruzadas que producen el maíz más grande, dulce y tierno es una forma para los granjeros de optimizar sus tierras para producir mejores cosechas (Figura 1.1a). Con los animales de granja se utilizan técnicas similares, por ejemplo con pavos (para criar aves que desarrollen pechugas más grandes y tiernas), vacas, pollos y cerdos. Otro ejemplo sería el cultivo de especies salvajes de plantas, como las lechugas y los repollos, durante muchas generaciones, para producir plantas modernas que se cultiven para el consumo humano. Muchas de estas propuestas son verdaderas aplicaciones genéticas de la biotecnología. Sin darse cuenta y sin la necesidad de caros laboratorios, equipos sofisticados, científicos con doctorados y experimentos planeados, el hombre ha manipulado los genes durante cientos de años.

Seleccionando plantas y animales de rasgos específicos, el hombre está escogiendo organismos con genes útiles y aprovechándose de su potencial genético para su propio beneficio. Recientemente, los científicos del Hospital Infantil de Boston produjeron un pez cebra transparente al que llamaron Casper (Figura 1.1b). Casper se creó cruzando un pez mutante que carecía de pigmento reflejante con otro que carecía de pigmento negro. Los peces cebra son organismos modelo experimentales muy importantes y los científicos creen que Casper será importante para las pruebas de medicamentos y estudios *in vivo* de las células madre y el cáncer. Ya se ha aprobado la utilización de Casper para el estudio de cómo se expanden las células cancerígenas: los científicos inyectaron células tumorales fluorescentes en la cavidad abdominal del pez y pudieron trazar la migración de las células cancerígenas para especificar sus localizaciones en el cuerpo.

Una de las aplicaciones más extendidas y comprendidas de la biotecnología es el uso de los antibióticos. En 1928, Alexander Fleming descubrió que el moho *Penicillium* inhibía el crecimiento de una bacteria llamada *Staphylococcus aureus*, que provoca enfermedades cutáneas en humanos. Los trabajos posteriores de Fleming llevaron al descubrimiento y purificación de la penicilina **antibiótica**. Los antibióticos son sustancias producidas por microorganismos que inhiben el crecimiento de otros microorganismos. En la década de 1940, la penicilina se convirtió en un producto de amplia disponibilidad para el uso médico en el tratamiento de las infecciones bacterianas en personas. En las décadas de 1950 y 1960, los avances

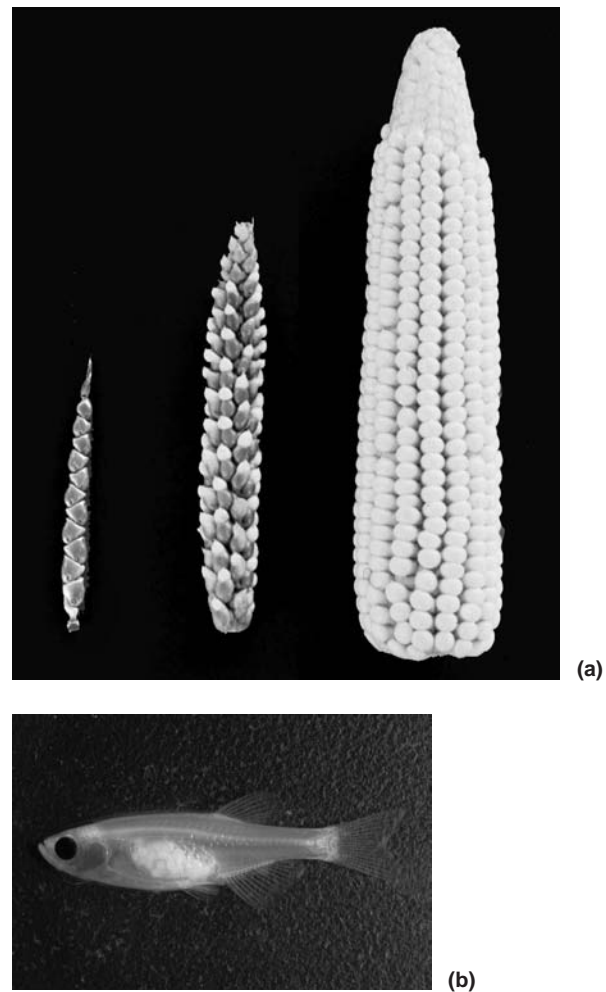


Figura 1.1 La crianza selectiva es un ejemplo clásico de biotecnología que sigue siendo común hoy en día. (a) Maíz cultivado por crianza selectiva. De izquierda a derecha: teosinte (*Zea canica*), híbrido cultivado de forma selectiva, y el maíz moderno (*Zea mays*). (b) «Casper», un pez cebra transparente producido por la crianza selectiva. Véase la Figura 7.3 para observar un pez cebra normal.

en bioquímica y biología celular hicieron posible purificar grandes cantidades de antibióticos de muchas variedades de bacterias. El **conjunto de procesos a gran escala**, en los que los científicos pueden criar bacterias y otras células en grandes cantidades y pueden obtener infinidad de productos útiles, se desarrolló para aislar moléculas comercialmente importantes a partir de microorganismos, como se explicará con más detalle en el Capítulo 4.

Desde la década de 1960, el rápido desarrollo de nuestros conocimientos en biología molecular y genética, ha llevado a nuevas y deslumbrantes innovaciones y aplicaciones de la biotecnología. Según hemos empezado a dilucidar los secretos de la estructura y función del DNA, las nuevas tecnologías han llegado a la **clonación de genes**, la capacidad de identificar y reproducir un gen en concreto, y la **ingeniería genética**, manipular el DNA

de un organismo. A través de la ingeniería genética, los científicos pueden combinar el DNA de diferentes fuentes. Este proceso, llamado **tecnología del DNA recombinante**, se emplea para producir muchas proteínas de uso médico como la insulina, la hormona del crecimiento humano y factores coagulantes. Desde el comienzo, la tecnología del DNA recombinante ha dominado importantes áreas de la biotecnología, como veremos en profundidad al comienzo del Capítulo 3. A lo largo de todo el libro comprobarás que la tecnología del DNA recombinante ha dado lugar a cientos de aplicaciones, incluyendo el desarrollo de plantas resistentes a enfermedades, cultivos de frutas o vegetales de mayor productividad, el «arroz dorado» creado para ser más nutritivo, y una bacteria creada genéticamente capaz de degradar contaminantes medioambientales.

La tecnología del DNA recombinante tiene un importante impacto en la salud humana gracias a la identificación de enfermedades genéticas. El último récord de la tecnología del DNA recombinante lo alcanzó el **Proyecto del Genoma Humano**, un esfuerzo internacional que comenzó en 1990. Uno de los primeros objetivos del Proyecto del Genoma Humano era identificar todos los genes (el **genoma**) contenidos en el DNA de las células humanas y trazar sus localizaciones para cada uno de los 24 cromosomas humanos (cromosomas del 1 al 22 y los

cromosomas X e Y). El Proyecto del Genoma Humano supone un potencial ilimitado para el desarrollo de nuevos planteamientos diagnósticos para detectar enfermedades y enfoques moleculares para el tratamiento y cura de las enfermedades genéticas del hombre.

Imagínate las posibilidades. El Proyecto del Genoma Humano puede decirnos la ubicación cromosómica y el código de cada gen humano a partir de genes que controlan los procesos celulares normales y determinan características como el color del pelo o de los ojos, la altura, el peso y hasta un sinnúmero de genes que causan enfermedades genéticas (Figura 1.2). Durante la próxima década y después de ella, seremos testigos de muchos descubrimientos en la genética humana. Como resultado del Proyecto del Genoma Humano, los nuevos conocimientos sobre la genética del hombre tendrán efectos de gran alcance sobre la medicina y ciencia básica en un futuro próximo. En muchos sentidos la comprensión de las funciones de todos los genes humanos es uno de los misterios desconocidos y sin resolver de la biología. Exploraremos estos misterios del genoma en diversos capítulos de este libro.

Como acabas de aprender, la biotecnología tiene una larga y rica historia. Los próximos capítulos están dedicados a explorar los avances de esta materia y mirar hacia lo que depara el futuro. A medida que estudies la biotec-

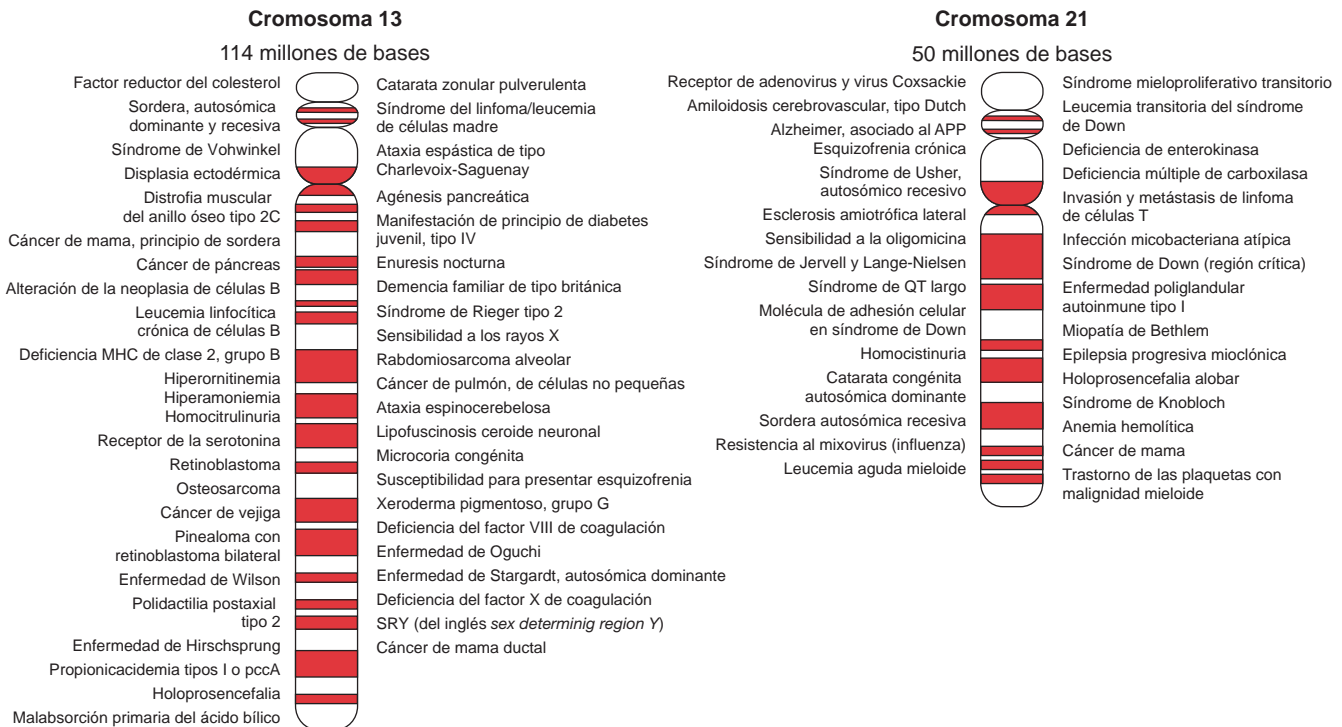


Figura 1.2 Mapa genético de los cromosomas 13 y 21 El Proyecto del Genoma Humano ha conducido a la identificación de casi todos los genes humanos y ha trazado su localización en cada cromosoma. Los mapas de los cromosomas 13 y 21 indican aquellos genes conocidos por estar implicados en enfermedades genéticas. Identificar estos genes es un primer paso importante hacia el desarrollo de tratamientos para muchas de esas enfermedades.

nología, te encontrarás con un abrumador número de términos y definiciones. Asegúrate de utilizar el índice y el glosario del final del libro para que te ayuden a encontrar y definir términos importantes.

Biotechnología: una ciencia de muchas disciplinas

Uno de los principales retos con los que vas a tropezar cuando estudies biotecnología será el de intentar ensamblar información compleja de muchas disciplinas científicas diferentes. Es imposible hablar de biotecnología sin considerar las importantes contribuciones de diversos campos de la ciencia. Aunque un primer enfoque de la biotecnología involucra el uso de la biología molecular para llevar a cabo aplicaciones de ingeniería genética, la biotecnología no es una disciplina de estudio única y li-

mitada. Más bien es un campo amplio que en gran medida depende de las contribuciones de muchas áreas de biología, química, matemáticas, informática e ingeniería, además de otras disciplinas como la filosofía y la economía. Más adelante, en este capítulo, consideraremos cómo la biotecnología es una fuente de oportunidades de empleo para aquellas personas que tienen conocimientos de diversas materias.

La Figura 1.3 muestra un diagrama de las diversas disciplinas involucradas en la biotecnología. Observa que las «raíces» están formadas en primer lugar por el estudio de las **ciencias básicas**, la investigación de procesos fundamentales de organismos vivos a nivel bioquímico, molecular y genético. Cuando se ensamblan las investigaciones de las ciencias básicas de muchas áreas, con la ayuda de la informática, podemos llegar a planteamientos de ingeniería genética. En la copa del árbol, las apli-

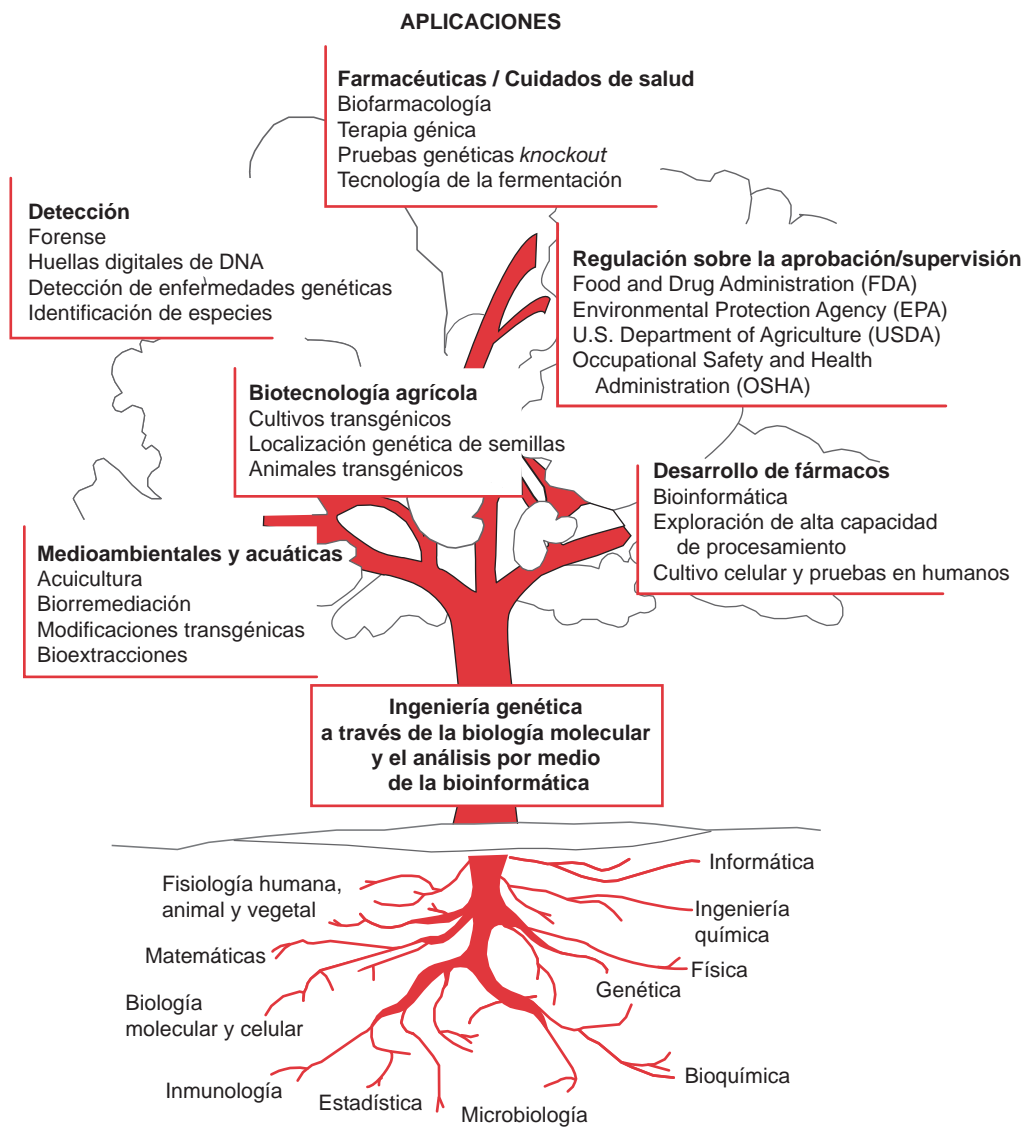


Figura 1.3 Árbol de la biotecnología: disciplinas que contribuyen en la biotecnología

Las ciencias básicas son los fundamentos o «raíces» de todos los aspectos de la biotecnología. El enfoque central o el «tronco» de la mayoría de las aplicaciones biotecnológicas es la ingeniería genética. Las ramas del árbol representan diferentes organismos, tecnologías y aplicaciones que «brotan» de la ingeniería genética y la bioinformática, aspectos básicos de la mayoría de los acercamientos biotecnológicos. La regulación de la biotecnología depende de las agencias gubernamentales como la FDA, USDA, EPA y OSHA, cuyos objetivos y responsabilidades se definirán en el Capítulo 12.

caciones de la ingeniería genética pueden ponerse en marcha para crear un producto o proceso que ayude al hombre o a su entorno vivo.

Un ejemplo simplificado de la naturaleza interdisciplinar de la biotecnología puede resumirse de la siguiente forma. En el nivel de la ciencia básica, los científicos que dirigen investigaciones de microbiología en universidades, facultades, agencias gubernamentales y empresas públicas o privadas, pueden descubrir un gen o un producto de un gen en una bacteria que demuestra ser un prometedor agente para el tratamiento de una enfermedad. Normalmente, la bioquímica, la biología molecular y las técnicas genéticas se usarían para entender mejor la función de dicho gen. Este proceso también implica el uso de la informática de forma sofisticada para el estudio de la secuencia de un gen y para analizar la estructura de la proteína que produce el gen. La aplicación de la informática al estudio de datos del DNA y proteínas ha creado un nuevo y apasionante campo llamado **bioinformática**.

Una vez que la investigación básica ha proporcionado una comprensión detallada de este gen, éste puede usarse entonces de diversas formas, incluyendo el desarrollo de medicamentos, la biología agrícola y las aplicaciones medioambientales y marinas (Figura 1.3). La variedad de aplicaciones de la biotecnología se esclarecerá mucho más a medida que profundicemos en su conocimiento. En este punto, recuerda que la biotecnología requiere del conocimiento de muchas disciplinas.

Productos de la biotecnología moderna

A lo largo del libro se consideran muchos productos y aplicaciones de la biotecnología vanguardistas e innova-

dores. No sólo nos acercamos a los productos para el uso humano, sino que también veremos las aplicaciones biotecnológicas de la microbiología, la biología marina y la biología vegetal, entre otras disciplinas. La multitud de productos de la biotecnología disponibles actualmente es demasiado numerosa para mencionar todas en este capítulo de introducción, sin embargo, muchos productos reflejan las necesidades actuales del hombre, como por ejemplo la producción farmacéutica, es decir, la creación de medicamentos para el tratamiento de enfermedades del hombre. De hecho, en Estados Unidos, más del 65 por ciento de las compañías biotecnológicas están implicadas en la industria farmacéutica. En 1982 Genentech, una empresa californiana de biotecnología, recibió la aprobación para la fabricación de insulina recombinante, usada en el tratamiento de la diabetes, como el primer producto de la biotecnología en pro del ser humano (Figura 1.4). Actualmente existen cientos de fármacos, vacunas y métodos diagnósticos en el mercado con más de 300 medicinas biotecnológicas en desarrollo cuyo objetivo abarca más de 200 enfermedades. Casi la mitad de los nuevos fármacos en proceso de desarrollo están diseñados para tratar el cáncer. La Tabla 1.1 facilita una breve lista de algunos de los fármacos biotecnológicos más vendidos y las compañías que los desarrollan. El diagnóstico y/o tratamiento de diversas enfermedades y trastornos como el sida, el derrame cerebral, la diabetes y el cáncer, conforman la mayoría de los productos biotecnológicos en el mercado.

Muchos de los productos más utilizados de la biotecnología son proteínas creadas por la clonación de genes (Tabla 1.2). Se llaman **proteínas recombinantes** porque están producidas gracias a las técnicas de clonación genética implicadas en la transferencia de genes de un

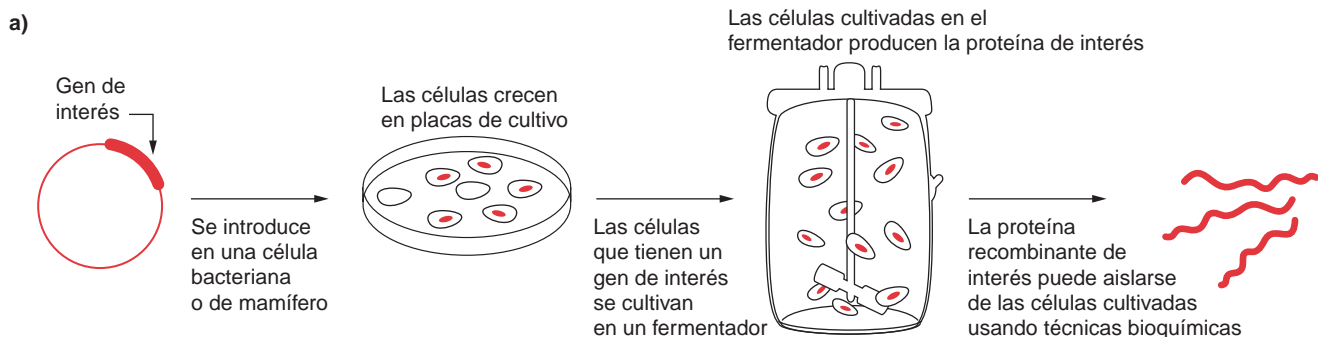


Figura 1.4 Uso de células cultivadas modificadas genéticamente para crear una proteína de interés

Los genes de interés pueden introducirse en células bacterianas o de mamíferos. Tales células pueden cultivarse utilizando técnicas de cultivo celular. Las proteínas recombinantes aisladas a partir de estas células se utilizan en cientos de diferentes aplicaciones biotecnológicas. En este ejemplo, se muestran células de mamíferos, pero este proceso también suele llevarse a cabo con bacterias.

Tabla 1.1 LOS DIEZ FÁRMACOS BIOTECNOLÓGICOS MÁS VENDIDOS (VENTAS DE MÁS DE 700 MILLONES DE EUROS)

Fármaco	Fabricante	Función (tratamiento de enfermedad)
Procrit	Johnson & Johnson	Anemia
Epogen	Amgen	Anemia
Enbrel	Amgen & Wyeth	Artritis reumatoide
Aranesp	Amgen	Anemia
Remicade	Johnson & Johnson y Schering-Plough Corp.	Artritis reumatoide
Rituxan	Roche Holding Ltd.	Linfoma no Hodgkin
Neulasta	Amgen	Incremento del recuento de glóbulos blancos en pacientes con cáncer
Avonex	Biogen Idec Inc.	Esclerosis múltiple
Neupogen	Amgen & Roche	Incremento del recuento de glóbulos blancos en pacientes con cáncer
Lantus	Sanofi-Aventis	Diabetes

organismo a otro. Por ejemplo, la mayoría de ellas están producidas por genes humanos insertados en bacterias para producir proteínas recombinantes usadas en el tratamiento de enfermedades humanas.

Cómo se clonan genes y se usan para producir proteínas de interés es un tema que veremos con más detalle en el Capítulo 3. Como introducción a este concepto consideremos el diagrama mostrado en la Figura 1.4. Como pronto aprenderás, los científicos pueden identificar un gen de interés y colocarlo en células bacterianas o de mamíferos que se crían por medio de una técnica llamada **cultivo celular**. En el cultivo celular, las células se crían en placas o matraces dentro de un medio líquido de cultivo diseñado para facilitar los nutrientes necesarios para el crecimiento celular. Ya que sólo se puede cultivar un número limitado de células en placas de cultivo pequeñas, las células se transfieren a grandes contenedores de cultivo llamados **fermentadores** o **biorreactores**, donde las células que contienen DNA de interés pueden producirse en masa. Usando las técnicas detalladas en el Capítulo 4, los científicos pueden cultivar la proteína producida por el gen de interés a partir de esas células y utilizarlas en aplicaciones como las descritas en la Tabla 1.2.

Si las Tablas 1.1 y 1.2 no te parecen claros ejemplos de la importancia de la biotecnología en la salud, considera que, en un futuro cercano, los genes se introducirán de forma rutinaria en las personas igual que se utilizan aproximaciones de terapia génica para tratar y curar enfermedades. La genética y la ingeniería de los tejidos pueden conducir a la capacidad de hacer órganos para trasplantes que rara vez serían rechazados por el receptor. Los nuevos productos de la biotecnología procedentes de organismos marinos se usarán para tratar cánceres, derrames cerebrales y artritis. Los avances modernos en medicina, derivados de los nuevos conocimientos proce-

denes del Proyecto del Genoma Humano, posiblemente generarán vidas más sanas y un incremento potencial de la esperanza de vida.

Tabla 1.2 EJEMPLOS DE PROTEÍNAS OBTENIDAS A PARTIR DE GENES CLONADOS

Producto	Aplicación
Activador tisular de plasminógeno	Tratamiento de ataques al corazón y derrame cerebral
Anticuerpos monoclonales	Diagnóstico y tratamiento de varias enfermedades, entre ellas el cáncer
Factor de crecimiento epidérmico	Estimulador del factor de la producción de anticuerpos en pacientes con alteraciones del sistema inmunitario
Factor sanguíneo VIII (factor de coagulación)	Tratamiento de la hemofilia
Hormona del crecimiento	Corrección de deficiencias de la pituitaria y baja estatura en humanos, otras formas se usan en vacas para incrementar la producción de leche
Insulina	Tratamiento de la diabetes mellitus
Interferones	Tratamiento del cáncer y enfermedades virales
Interleuquinas	Tratamiento del cáncer y estimulación de la producción de anticuerpos

PyR

P ¿Qué productos podrían fabricarse mediante el cultivo de células transgénicas?

R Las proteínas humanas terapéuticas necesarias en masa se producen mediante el cultivo de células transgénicas. La insulina, los factores de coagulación sanguínea y las hormonas, como la hormona del crecimiento utilizada para tratar el enanismo, se encuentran entre los muchos ejemplos de proteínas producidas de esta forma. Muchas otras enzimas que utilizamos habitualmente también se consiguen gracias a esta tecnología.

La renina, una enzima necesaria para la elaboración de queso, es un buen ejemplo. En el pasado, la renina se aislaba a partir del estómago del ternero. Por medio de la clonación y la expresión de la renina en bacterias, la tecnología del DNA recombinante permite ahora que se produzca renina de forma barata, en grandes cantidades y sin tener que sacrificar terneros para este fin.

Ética y biotecnología

Al igual que en cualquier otro tipo de tecnología, las poderosas aplicaciones y potenciales usos de la biotecnología levantan muchas conciencias éticas, y no debería sorprender que no todo el mundo sea un fan de la biotecnología. Las implicaciones éticas, legales y sociales de la biotecnología son causa de grandes debates y diálogos entre científicos, público general, religiosos, políticos, abogados y muchos otros colectivos (Figura 1.5). A lo largo de este libro, presentamos temas éticos, legales y sociales para que los tengas en cuenta. Cada vez afrontarás mayor número de temas éticos en biotecnología que te pueden influenciar directamente. Por ejemplo, ahora que la clonación de organismos se ha llevado a cabo en ma-



Figura 1.5 La biotecnología es una ciencia polémica que presenta muchos dilemas éticos

míferos como ovejas, vacas y monos, se ha sugerido que debería permitirse la clonación humana. ¿Qué opinas personalmente ante esta idea? Si en el futuro, tú y tu cónyuge no pudierais tener hijos por ningún otro medio, ¿te gustaría tener la oportunidad de tener un bebé gracias a la clonación? En los cuadros «Tú decides» de cada capítulo te presentamos situaciones o dilemas éticos para tu propia consideración. Date cuenta de que hay pros y contras y temas de controversia asociados con casi todas las aplicaciones de la biotecnología. Nuestro objetivo no es decirte lo que tienes que pensar, sino proporcionarte los conocimientos necesarios para que tomes tus propias decisiones.

1.2 Tipos de biotecnología

Ahora que sabes la cantidad de campos de la ciencia que contribuyen a la biotecnología, deberías reconocer que hay muchos tipos de biotecnología diferentes. Considera esta sección como una introducción a lo que aprenderás con más profundidad en próximos capítulos.

Biotecnología microbiana

En el Capítulo 5 exploraremos diferentes campos donde la biotecnología microbiana tiene impacto en la sociedad. Como ya hemos visto, el uso de la levadura para hacer cerveza o vino es una de las aplicaciones más antiguas de la biotecnología. A través de la manipulación de microorganismos como bacterias y levaduras, la biotecnología microbiana ha creado mejores enzimas y organismos para hacer muchas comidas, simplificando los procesos de producción y manufacturación, y haciendo más eficientes los procesos de descontaminación para la retirada de los productos de desecho industriales. La lixiviación (*leaching*) de aceite y minerales del suelo para incrementar la eficiencia de la explotación minera es otro ejemplo de la acción de la biotecnología microbiana. Los microbios también se utilizan para clonar y producir grandes cantidades de importantes proteínas para fabricar medicamentos de uso humano, como la insulina y la hormona del crecimiento.

Biotecnología agrícola

El Capítulo 6 está dedicado a la biotecnología de plantas y aplicaciones agrícolas de la biotecnología. En este tipo de biotecnología examinamos gran variedad de temas, desde plantas transgénicas resistentes a las plagas que no necesitan fumigación, hasta alimentos de mayor contenido proteico o vitamínico y medicamentos desarrollados y cultivados como productos vegetales. La biología agrícola ya es un gran negocio de rápida expansión; en Estados Unidos se estimó que en 2008 tendría un mercado de siete mil millones de dólares.

TÚ DECIDES

Alimentos transgénicos, ¿comer o no comer?

Muchos expertos creen que los alimentos transgénicos son seguros y proporcionarán beneficios significativos en el futuro. Pero la opinión pública sobre el uso y seguridad de estos alimentos no está tan clara. Alrededor de un tercio de los estadounidenses encuestados creen que está mal el uso de métodos científicos, como la tecnología del DNA recombinante, para mejorar el sabor, el color, los aspectos nutritivos y la frescura de los alimentos. Otras encuestas indican que la oposición al uso de alimentos transgénicos llegaría al 50 por ciento. Los escépticos suelen comentar que «los alimentos transgénicos van en contra de la naturaleza», y algunas personas se preocupan sobre los potenciales efectos sobre la salud, como pueden ser las alergias.

Pero parece que los estadounidenses esperan posibles beneficios en el futuro. En una encuesta del año 2000 de Texas A&M, el 65 por ciento de los encuestados indicó que los alimentos transgénicos traerían futuros beneficios. Pudiendo elegir, mucha gente ha señalado que escogería un alimento que no tuviese la etiqueta de transgénico. Esta actitud suscita otra polémica que tendremos en cuenta más adelante, que es si los alimentos transgénicos deberían etiquetarse como tales.

La legislación vigente estadounidense exige que se etiqueten los alimentos transgénicos siempre y cuando puedan suponer un riesgo para la salud o se ha cambiado el valor nutricional del producto. Aunque son pocas las pruebas que apoyan la preocupación de la gente sobre los potenciales riesgos de los alimentos transgénicos, tampoco se han realizado muchos estudios para apoyar o rebatir estas preocupaciones sobre los peligros de estos alimentos. ¿Qué



«LOS PRODUCTOS MÁS BARATOS CONTIENEN ALIMENTOS TRANSGÉNICOS SIN APROBACIÓN PARA EL USO HUMANO.»

opinas sobre el uso de alimentos transgénicos? ¿Compraría alimentos transgénicos que necesitasen menos fumigaciones que los alimentos «naturales»? ¿Y si los alimentos transgénicos aguantasen más tiempo frescos? ¿Y si fuesen más nutritivos y baratos? ¿Qué riesgos deberían estar dispuestos a aceptar los consumidores para reconocer los beneficios de los alimentos transgénicos? Antes de dar el primer bocado a los alimentos transgénicos, considera la posibilidad de hacer una lista con las preguntas que te gustaría poder responder. Al fin y al cabo, la decisión es tuya: comer o no comer.

La manipulación genética de plantas se ha utilizado durante más de 20 años para producir plantas transgénicas con alteraciones de las características de crecimiento como resistencia a sequías, tolerancia al frío y una mayor producción. La investigación de los últimos diez años demuestra claramente que las plantas se pueden modificar para producir gran variedad de proteínas farmacéuticas en diversos tipos de cosechas y tejidos. Las plantas también ofrecen ciertas ventajas sobre las bacterias para la producción de proteínas recombinantes. Por ejemplo, el coste de producir proteínas recombinantes con material vegetal suele ser bastante más bajo que producir proteínas recombinantes en bacterias.

La iniciativa presidencial de energía avanzada (*Presidential Advanced Energy Initiative*) de 2007 para permitir que los biocombustibles mitiguen la «adicción» de Estados Unidos al combustible extranjero ha sido interpretada por los partidarios como que el 25 por ciento de la energía de Estados Unidos debería proceder de las tierras

de cultivo para el 2025. Este objetivo requerirá importantes avances en biotecnología para suministrar fuentes de bioetanol diferentes del maíz, ya que no es una fuente de energía eficiente. Los desechos agrícolas, los pastos y otras fuentes de celulosa tendrán que convertirse en eficientes fuentes de energía a través de métodos de descomposición y fermentación resultantes de la biotecnología. Estos desafíos están en camino y se analizan en el Capítulo 6.

El uso de plantas como fuente de productos farmacéuticos es una aplicación de la biotecnología comúnmente conocida como **fabricación molecular**. Por ejemplo, el tabaco es un cultivo no alimenticio que ha sido objeto de muchos años de investigación agrónoma. La planta del tabaco se ha modificado genéticamente para producir proteínas recombinantes en sus hojas, y esas plantas pueden crecer en grandes campos para la fabricación molecular. Esta y otras muchas aplicaciones de la biotecnología agrícola se presentarán en el Capítulo 6.