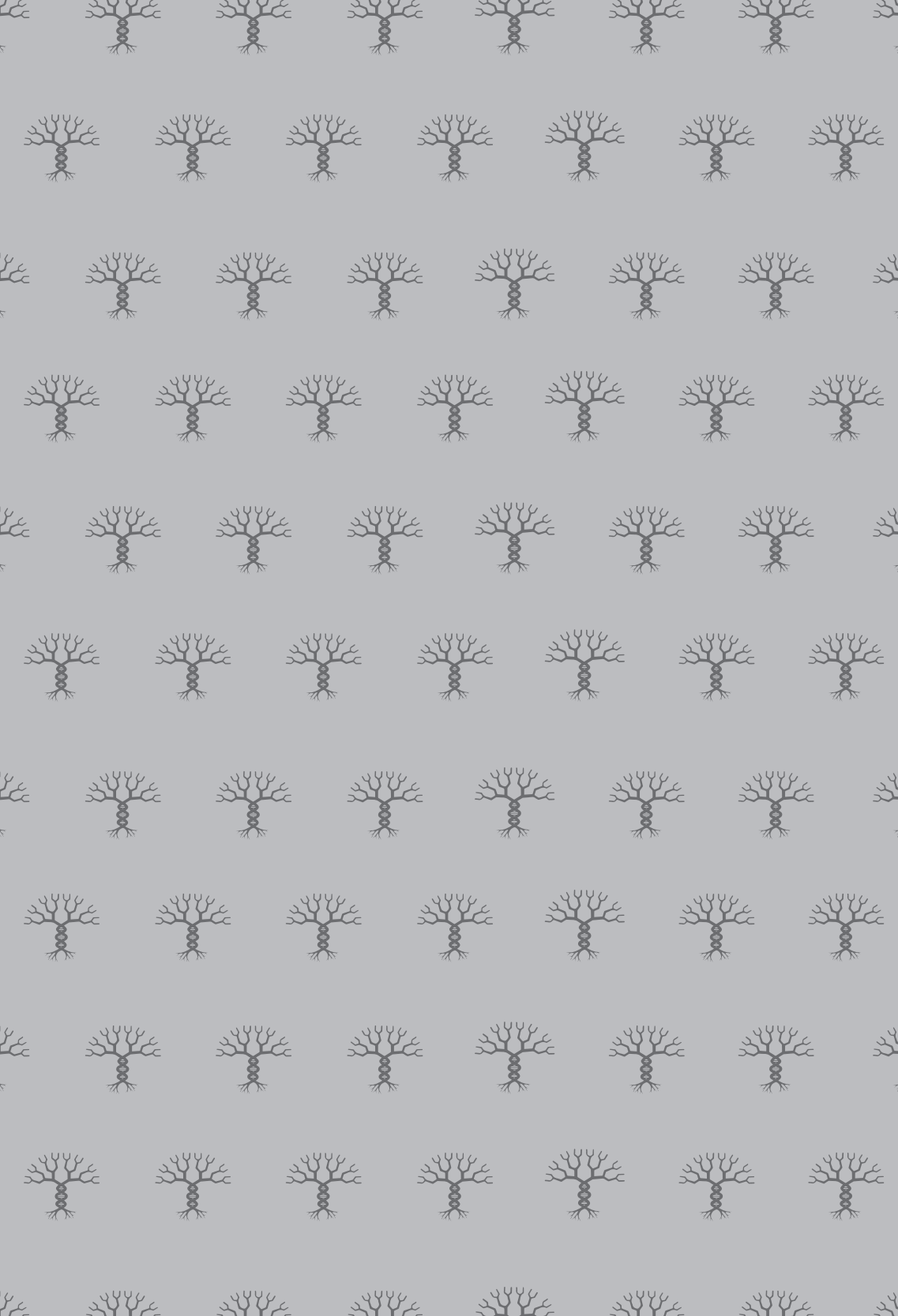


# BIO- TECNOLOGÍA

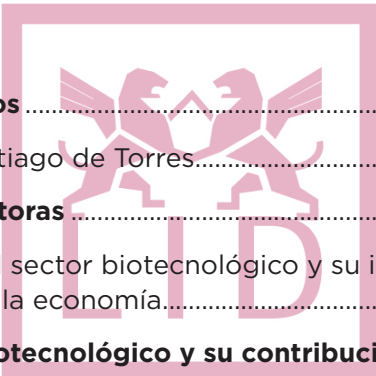
SOLUCIONES PARA  
LA SALUD DEL FUTURO  
Y EL BIENESTAR  
DEL PLANETA

DRA. ANA POLANCO  
DRA. ELISA DÍAZ-MARTÍNEZ





# Índice



<b>Agradecimientos</b> .....	9
<b>Prólogo</b> de Santiago de Torres.....	11
<b>Notas de las autoras</b> .....	13
<b>Introducción.</b> El sector biotecnológico y su impacto en la salud y en la economía.....	17
<b>1. El sector biotecnológico y su contribución a los objetivos de la Agenda 2030</b> .....	23
<b>2. La medicina de precisión o medicina individualizada molecular</b> .....	33
1. Influencia de la medicina de precisión.....	34
2. Aplicaciones de la medicina de precisión.....	38
3. El futuro de la medicina de precisión.....	39
4. El potencial de la medicina de precisión para España.....	41
<b>3. Otras innovaciones radicales en el sector biotecnológico</b> .....	43
1. Edición génica .....	44
2. Terapia génica.....	48

3. Test de resistencia a antibióticos .....	54
4. Bioimpresión o impresión orgánica.....	55
5. Control de la expresión génica .....	56
6. <i>Drug delivery</i> .....	57
7. Epigenética.....	58
8. Vacunas genómicas.....	60
9. Microbioma.....	63
10. Medicina regenerativa .....	68
11. Células genómicas reprogramadas .....	68
12. Dianas de muerte celular.....	69
<b>4. La biorrevolución.....</b>	<b>73</b>
1. ¿Qué es la biorrevolución?.....	74
2. La influencia de las tecnologías disruptivas en el sector salud .....	74
3. El uso de tecnologías disruptivas y biotecnología durante la pandemia .....	81
4. Las tecnologías disruptivas y la biotecnología ante otros grandes retos sociales.....	82
5. Relevancia en la agenda política.....	84
<b>5. Transición verde, agroalimentación sostenible y bioeconomía .....</b>	<b>85</b>
1. Probióticos, prebióticos y simbióticos.....	87
2. Agroalimentación sostenible .....	92
3. Los alimentos del futuro y la contribución de la biotecnología.....	94
4. Biotecnología y bioeconomía.....	100
<b>6. El sector biotecnológico en la agenda de recuperación.....</b>	<b>103</b>
1. El sector biotecnológico en el estado de alarma ....	104
2. El sector en la Comisión de Reconstrucción Económica y Social .....	105
3. El sector en los programas clave para la recuperación económica del país .....	106
4. El sector protagonista de la Agenda europea de recuperación .....	107

<b>7. El talento en el sector biotecnológico en España.....</b>	<b>111</b>
1. España, líder en conocimiento, producción científica y ensayos clínicos .....	111
2. El talento del sector biotecnológico es brillante ...	112
3. La mujer en el sector biotecnológico .....	114
4. El talento del futuro.....	115
<b>8. Oportunidades del sector biotecnológico en España.....</b>	<b>117</b>
1. La inversión en I+D+i.....	118
2. Atracción de capital al sector biotecnológico .....	121
3. Una Estrategia Española de Biotecnología y Ciencias de la Vida .....	123
4. Impulso al emprendimiento.....	124
5. Impulso a las patentes.....	126
6. Impulso al acceso a las innovaciones biotecnológicas del Sistema Nacional de Salud ...	126
7. La bioeconomía.....	128
8. Internacionalización del sector biotecnológico.....	129
9. Una nueva política industrial que impulse las inversiones inteligentes, verdes y sostenibles.....	130
<b>9. Buenas prácticas internacionales.....</b>	<b>133</b>
1. Estados Unidos .....	133
2. Reino Unido .....	134
3. Israel .....	136
4. Suecia.....	137
5. Alemania .....	138
6. Francia .....	138
7. Países Bajos .....	140
8. Estonia .....	140
9. Finlandia .....	141
10. Dinamarca .....	142
11. Bélgica.....	143
<b>Referencias .....</b>	<b>145</b>

# Prólogo

Estamos ante una obra que nos describe un futuro que es ya un presente de la mano de sus dos relevantes autoras: Ana Polanco y Elisa Díaz. Ana Polanco, presidenta de la Asociación Española de Bioempresas, cuya carrera profesional ha estado vinculada siempre al sector farmacéutico, actualmente ocupa una posición internacional en una de las farmacéuticas globales más importantes y ha sido reconocida con el X Premio Nacional de Biotecnología. Por otro lado, Elisa Díaz es una profesional que ha trabajado en diversos sectores siempre relacionados con la estrategia, y actualmente desempeña un papel crucial en la industria farmacéutica. Dos autoras que han sabido describir de manera clara y precisa lo que la biotecnología representa en el avance científico, social y económico de nuestro país.

En estas páginas, el lector encontrará multitud de conceptos que lee o escucha a diario en medios de comunicación generalistas y que, como sucede en tantas ocasiones, no se conocen lo suficientemente bien para entender la trascendencia de su significado.

La biotecnología está muy vinculada a la medicina de precisión, a la medicina personalizada, a la individualización molecular. Su relación con la genética, la genómica y la epigenética, la coloca en el centro de las disciplinas que más contribuyen, en la actualidad, a diagnósticos precisos y a terapias disruptivas. Guarda razón, asimismo, con la medicina regenerativa, verdadera fuente de mejora de la calidad de vida.

Pero el punto clave para entender la inclusión de esta obra en esta colección de libros sobre salud y nuevas tecnologías es todo lo concerniente a la futura biorrevolución, que consiste en la combinación del desarrollo acelerado de la computación, la enorme capacidad de procesamiento de datos mediante *big data* e inteligencia artificial.

Esta biorrevolución abre unas posibilidades enormes a la síntesis de nuevas moléculas, a la personalización de las terapias y a la planificación de acciones de salud pública, tal como ha puesto de relieve la pasada pandemia. En definitiva, el libro nos abre múltiples ventanas para poder entrever un futuro en el que la biotecnología ocupa y ocupará un lugar central para abordar los problemas de salud.

También despertará un interés especial lo referido al impacto económico que tiene este sector en el desarrollo industrial del país.

Finalmente, hay que destacar lo relativo a la transición verde, la bioeconomía, haciendo referencia a la agroalimentación sostenible.

Y, por supuesto, para el lector interesado en profundizar en cada uno de los temas que contempla la obra, el texto dispone de una extensa y bien documentada bibliografía, que enriquece de forma muy especial el contenido del libro.

Estoy convencido que de la lectura de esta obra, junto a un conocimiento más extenso de lo que la biotecnología nos deparará en un futuro, despertará el interés de muchos lectores por mantenerse informados de esta especialidad tan compleja que nos permitirá tratar patologías que hoy no tenemos capacidad de curar.

**Santiago de Torres**

Director de la colección Health Tech y  
presidente de Atrys Health

# Notas de las autoras

Vivimos un momento sin precedentes en la era moderna, una emergencia sanitaria, medioambiental y económica que hace necesario un debate sobre las herramientas que nos ayudarán a salir antes y mejor de la actual crisis, pero que sobre todo permitirán diseñar el futuro de nuestro país y del planeta.

Hoy, más que nunca, la ciencia y la innovación son un motor de prosperidad económica y social y el pilar sobre el que construir los cimientos de ese planeta que deseamos dejar a las futuras generaciones. Y ahí el sector biotecnológico está llamado a desempeñar un papel estratégico y preponderante; no en vano está presente en 13 de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2020 de la Organización de las Naciones Unidas (ONU).

Con la Agenda 2030, el *Green Deal* europeo y los Fondos de Reconstrucción Europeos, nuestro país tiene por delante una nueva hoja de ruta de crecimiento en la que ha de tomar las decisiones que nos posibiliten impulsar un nuevo modelo económico sostenible, con creación de empleo de alto valor añadido en sectores estratégicos e intensivos en conocimiento, como el biotecnológico. Es momento de dar un nuevo impulso a la biotecnología que permita al país liderar la transición hacia un futuro más sostenible y conectar nuestro sistema de ciencia e



innovación con retos como el envejecimiento, la protección frente a enfermedades emergentes, la alimentación sostenible, la transición verde o la emergencia climática.

Y para ello necesitamos llegar al ciudadano; que entienda el valor que aporta en nuestra vida cotidiana la biotecnología, y seguir trabajando con el conjunto de la sociedad para conseguir que el respaldo social sea capaz de movilizar un amplio apoyo de los legisladores y decisores públicos. A estos efectos, resulta fundamental tender puentes entre ciencia y sociedad para lograr que los ciudadanos perciban los beneficios de las inversiones en I+D+i y un mejor funcionamiento del sistema en general. Solo así podremos colocar la ciencia y la innovación en la visión de país que queremos construir.

Con esta visión nace este libro que tienes entre las manos: acercar la biotecnología y su impacto económico y social a la sociedad.

Me siento tremendamente orgullosa de haber podido contribuir a dinamizar el sector. Ojalá que este libro inspire futuras vocaciones entre nuestros jóvenes y cimente el valor social y económico del sector biotecnológico como pilar estratégico de un nuevo modelo económico basado en la ciencia y la innovación que nos permita hacer frente a los desafíos actuales y futuros.

Decía Eleanor Roosevelt que «el futuro pertenece a quienes creen en la belleza de sus sueños». El futuro de la biotecnología nos posibilita soñar en el presente, puesto que las capacidades biológicas tienen el potencial de generar cambios radicales que ahora nos parecen sueños. Por su gran capacidad de transformación, será clave para impulsar un crecimiento sostenible, intensivo en conocimiento y alineado con los ODS. Se lo debemos a las generaciones de la España del mañana. Se lo debemos a nuestro planeta.

**Ana Polanco**

*Head of Europe Market Access Operations and  
Government & Public Affairs de Merck  
y presidenta de AseBio*

Pensar en el futuro de nuestra sociedad es abrir la posibilidad a un mundo por construir en el que la capacidad de superación nos acerque a niveles de desarrollo humano cada vez más elevados que lleguen a todos. Según la ONU, España es uno de los países más desarrollados del mundo. Tenemos una esperanza de vida solo superada por Suiza y Japón y un índice de calidad de vida entre los más elevados del mundo.

La capacidad de desarrollo de las sociedades depende de las herramientas que nos permiten construir unas bases sólidas para que el ser humano pueda prosperar. Estoy hablando de educación y formación y de sanidad, dos palancas del estado de bienestar, pero también de la capacidad de innovación de una sociedad. El biotecnológico, siendo el primer sector industrial en intensidad de inversión en I+D+i, constituye un actor clave en esta capacidad de innovar y de acercar el futuro al presente.

Estas palancas facilitan el desarrollo vital de cada uno de nosotros y este, a su vez, se refleja en el nivel socioeconómico de un país. No en vano dos tercios del crecimiento económico de Europa en las últimas décadas están relacionados con los recursos dedicados a la I+D+i. Por tanto, el crecimiento económico de un país y su capacidad para hacer frente a los grandes desafíos es causa y consecuencia de esas palancas a las que debemos prestar toda nuestra atención para que, parafraseando a Unamuno, seamos padres de nuestro porvenir y no hijos de nuestro pasado.

La pandemia ha supuesto una transformación en nuestra manera de comprender la evolución y el desarrollo humanos. Hemos tenido que hacer frente a una amenaza global que nos ha hecho sentirnos vulnerables a la vez que nos ha impulsado a encontrar soluciones de manera coordinada. Este libro analiza la participación del sector biotecnológico en este momento de transformación tan profundo, marcado también por el reto global del cambio climático. En él se pueden ver ejemplos del dinamismo de un sector que, gracias a su capacidad de innovación y de generación de valor añadido, se ha convertido en estratégico para la recuperación económica de nuestro país y además está contribuyendo a la agenda de recuperación con una actividad

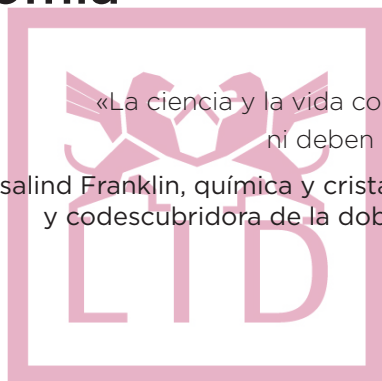
científica e industrial centrada en las prioridades que tenemos como sociedad, entre las que destacan la emergencia sanitaria y el envejecimiento. Asimismo, la biotecnología tiene mucho que aportar para lograr un desarrollo que sea sostenible y que facilite la transición verde.

En este nuevo impulso como respuesta a las consecuencias de la pandemia, el sector biotecnológico se esfuerza por contribuir a los objetivos de desarrollo a los que nos hemos comprometido como sociedad guiados por la Agenda 2030 y al propio compromiso que tenemos con las generaciones futuras. No debemos perder este foco porque, como decía Séneca, «ningún viento será bueno para quien no sabe a qué puerto se encamina».



# Introducción

## El sector biotecnológico y su impacto en la salud y en la economía



«La ciencia y la vida cotidiana ni pueden  
ni deben estar separadas».

Rosalind Franklin, química y cristalógrafa británica  
y codescubridora de la doble hélice de ADN

En Europa, a raíz de la pandemia de la COVID-19, hemos visto un incremento sin precedentes del gasto en salud, que ha alcanzado el 10.9 % del PIB con un gasto sanitario per cápita que ha superado el 5 %, la tasa más alta en casi dos décadas<sup>1</sup>.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el sector de la salud, incluyendo su vertiente social, constituye el 10 % del empleo total de los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y supone una actividad económica del 14 % del PIB de la UE<sup>2,3</sup>.

Por cada nuevo empleo creado en el sector de la salud surgen 1.7 nuevos puestos de trabajo en el resto de la economía. Si el gasto sanitario se incrementara 1 euro, la renta media de los ingresos

de los hogares aumentaría en 0.70 euros. El sector salud ocupa de media el décimo lugar (y en algunos países el segundo puesto) en cuanto a su influencia en los ingresos en los hogares respecto a otros sectores de la economía<sup>4</sup>.

Gran parte de dicha contribución proviene del sector biotecnológico por su efecto en la salud de la población y en el bienestar de nuestra sociedad. Se trata de un sector que no solo influye en la salud presente y futura de todos nosotros, sino que tiene un efecto significativo también sobre nuestra economía. El sector biotecnológico destaca por fomentar una de las palancas fundamentales del progreso de nuestra sociedad: la ciencia y la innovación. Así, el sector biotecnológico desempeña un papel fundamental en la innovación en el sector sanitario. Las empresas biofarmacéuticas emergentes representan más del 70 % del flujo de investigación, lo que contribuye a un sector vibrante<sup>5</sup>. Buena parte de los medicamentos disponibles en el mercado son fruto del avance de la biotecnología. Así, ocho de cada diez de los más vendidos en el mundo y siete de cada diez en desarrollo son biotecnológicos. Hoy se estima que 350 millones de personas en el mundo se benefician de las terapias biotecnológicas.

El importante progreso en salud que se ha producido en Europa en estos años, con una esperanza de vida al nacer que se ha incrementado en 3.3 años desde 2002, se ha debido en gran medida a los medicamentos biotecnológicos<sup>6</sup>.

Gracias a la biotecnología hemos sido capaces de erradicar enfermedades como la polio o la viruela y logrado cronificar una infección mortal, el sida. Desde 2014 está disponible una nueva generación de antivirales para el tratamiento de la hepatitis C crónica que ha logrado la curación en el 90 % de los pacientes. Y desde hace tiempo contamos con vacunas que ofrecen protección contra la hepatitis B, el virus del papiloma o el cólera, además de las autorizadas para el control de la pandemia de la COVID-19 o la primera vacuna del ébola, autorizada en 2020. Las terapias personalizadas o la inmunoterapia han mejorado drásticamente el pronóstico de pacientes en ciertos tipos de cáncer, como los de mama, pulmón, colorrectal y urotelial. Las terapias avanzadas

(génicas y celulares) están allanando el camino para nuevas terapias prometedoras. Y muchas de las compañías biotecnológicas trabajan ya en la búsqueda de marcadores y tratamientos para enfermedades para las que actualmente no existe cura, como el alzhéimer, la esclerosis lateral amiotrófica (ELA) o un gran número de enfermedades raras<sup>7</sup>.

En Europa hemos observado un incremento considerable y creciente del sector biotecnológico en las últimas décadas en cuanto a producción científica, creación de patentes y en el ámbito industrial, donde nuestro país ha seguido esa senda de crecimiento<sup>8</sup>. La UE cuenta con una industria farmacéutica sólida y competitiva. Junto con otros actores públicos y privados, sirve a la salud pública y actúa como motor de la creación de empleo, del comercio y de la ciencia. Los fabricantes de medicamentos hicieron en 2019 la mayor contribución a la inversión en investigación, con más de 37 000 millones de euros. El sector ofrece 800 000 empleos directos y un excedente comercial de 109 400 millones de euros<sup>9</sup>.

El sector biotecnológico lidera así el esfuerzo en innovación siendo en 2020 el sector industrial europeo líder en intensidad en I+D+i. En concreto, en 2020, el sector invirtió 188.7 billones de euros en I+D+i lo que significa el 20.8 % del total de la inversión empresarial en el mundo<sup>10</sup>. Además, en los últimos años la inversión en I+D+i de las empresas del sector se ha casi duplicado pasando de cerca de los 20 000 millones de euros en 2011 a cerca de 40 000 millones de euros en 2020 ocupando globalmente la segunda posición después de EE. UU.<sup>11</sup>

En la misma línea de crecimiento, en España la producción de conocimiento fomentado por el sector se ha incrementado un 31 % en la última década, lo que la ha situado como la octava potencia mundial en producción científica en biotecnología y la quinta en un área tan prometedora como la de las terapias avanzadas. Eso supone casi el 3 % de la producción científica mundial, que además es de excelencia y calidad, puesto que uno de cada cuatro artículos figura entre el 10 % de los más citados del mundo. Esta capacidad de producir ciencia también se aplica a las empresas biotecnológicas, dado que por tener la I+D en el

centro del modelo de negocio, las empresas del sector producen conocimiento científico excelente, lo que se refleja claramente en el aumento, durante 2021, de un 50 % en su producción científica. Nuestro sector contribuye claramente al avance de la ciencia, por lo que facilita el desarrollo de innovaciones que mejoran la salud y el bienestar<sup>12</sup>.

Según el *Informe AseBio 2021*<sup>13</sup>, se invirtieron en 2020 I+D+i en nuestro país 900 millones de euros, con un ligero descenso después de años de tendencia de crecimiento continuado, lo que se entiende en el contexto de la parálisis económica provocada por la pandemia y la emergencia sanitaria que supuso la COVID-19. De estos 900 millones de euros, el 67 % correspondieron a empresas de biotecnología (*biotech*), y el 70 % de esta inversión procede de fondos propios. Esto convierte el biotecnológico en el primer sector industrial en intensidad en inversión en I+D+i, incluso por encima del farmacéutico, con un 5.5 % de la producción.

Estos veinte años de inversión en I+D+i, ciencia excelente, talento, internacionalización, innovaciones y crecimiento del tejido industrial han hecho del sector biotecnológico español un motor tractor en nuestra economía. Según los datos del *Informe AseBio 2021*, en 2020 la biotecnología española generó más de 10 000 millones de euros y supuso un 0.9 % del PIB. Además, originó más de 122 000 empleos directos e indirectos, que supusieron un 0.7 % del empleo total. Adicionalmente, la biotecnología fue un generador de desarrollo social que contribuyó con 4239 millones de euros al estado del bienestar, un 0.4 % del PIB<sup>14</sup>.

Podemos afirmar, por tanto, que estamos ante el siglo de la biotecnología, lo que algunos expertos han denominado *biorrevolución*. Las nuevas capacidades biológicas tienen el potencial de provocar un cambio radical en las economías y las sociedades. En el ámbito de la salud humana, se estima que al menos el 45 % de la carga actual de enfermedades en el mundo podrían abordarse utilizando la ciencia que es concebible hoy. Estamos asistiendo a una nueva ola de innovación que incluye terapias celulares,


génicas, de ARN y del microbioma, entre otras, para tratar o prevenir enfermedades, innovaciones en medicina reproductiva y mejoras en el desarrollo y la administración de fármacos. Se están investigando nuevas opciones terapéuticas basadas en la biotecnología para el tratamiento de enfermedades monogénicas (causadas por mutaciones en un solo gen), como la anemia de células falciformes; enfermedades poligénicas (causadas por múltiples genes), como las enfermedades cardiovasculares; enfermedades neurodegenerativas, y enfermedades infecciosas, como la malaria. Con ello se podría reducir el 1-3 % de la carga total de enfermedades en los próximos 10-20 años, lo que equivale aproximadamente a la eliminación de la carga mundial de enfermedades como los cánceres de pulmón, mama y próstata juntos, con el consiguiente efecto global en términos económicos entre 500 000 millones y 1.3 billones de dólares<sup>15</sup>.





1

# El sector biotecnológico y su contribución a los objetivos de la Agenda 2030



«Es vital que usemos nuestros crecientes conocimientos y capacidades de manera responsable en interés de un desarrollo ambientalmente apropiado».

Angela Merkel, licenciada en física, doctora en química física y excanciller alemana

Como hemos comentado en las páginas iniciales, la biotecnología resulta esencial tanto para la salud como para el desarrollo económico. Tiene a su vez un efecto significativo en el desarrollo humano, muy ligado a su vez al progreso socioeconómico. Es una disciplina que, según define la OCDE, «aplica los principios de la ciencia y la tecnología a los organismos vivos y los productos derivados de ellos para alterar materiales vivos o no con el fin de producir conocimientos, bienes o servicios»<sup>2</sup>. Se trata, por

tanto, de la aplicación de la biología para el beneficio humano y del medioambiente. Y esta capacidad de respuesta, como veremos en este capítulo, la encontramos claramente en las soluciones que está aportando para los retos que nos plantea la Agenda 2030.

Como continuación a los Objetivos del Milenio y ante la necesidad de establecer nuevas metas globales en las que se involucraran los diferentes actores, la ONU lanzó en 2015 su programa de trabajo para los siguientes quince años: la Agenda 2030, que se compone de 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y 169 metas que buscan como fin último un futuro sostenible para todos. Los 17 ODS están interrelacionados e incorporan la búsqueda de soluciones frente a grandes desafíos globales: erradicar el hambre en el mundo, combatir enfermedades cuya cura aún se desconoce, reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> para frenar el cambio climático y garantizar la conservación del medioambiente, entre otros.

La ONU estima que la población mundial alcanzará casi los diez mil millones de personas en 2050, por lo que avanzar hacia el cumplimiento de los ODS requerirá mejorar las herramientas y políticas entre las que sin duda la biotecnología resultará fundamental. Además, la Agenda 2030 supone un nuevo patrón de crecimiento más sostenible y resiliente<sup>3</sup>.

El sector biotecnológico tiene una influencia directa en 13 de los 17 ODS, que abarcan desde la salud, el empleo de calidad, la alimentación y la sostenibilidad de nuestros océanos hasta el agua limpia y las nuevas fuentes de energía<sup>4</sup>:

- **ODS 2. Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible.** La biotecnología contribuye a poner fin al hambre al mejorar la eficacia de los cultivos y su calidad nutricional mediante técnicas como la ingeniería genética. También se reduce con ella el desperdicio de alimentos al extender su vida. Además, con la introducción de probióticos y prebióticos en alimentos de vitaminas y minerales esenciales, la biotecnología contribuye a mejorar sus propiedades saludables,

así como a la nutrición infantil. Por otra parte, con técnicas biotecnológicas se pueden detectar toxinas y contaminantes en los alimentos, lo que ayuda a mantener la seguridad de los alimentos.

- **ODS 3. Garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos a todas las edades.** Para lograr este ODS las compañías biotecnológicas desarrollan medicinas que permiten a la gente vivir más y de forma más saludable, producen vacunas y otras soluciones para prevenir y contener pandemias y desarrollan soluciones para poder detectar y diagnosticar enfermedades antes y con más precisión<sup>5</sup>. Como destacábamos en la Introducción, según la International Federation of Pharmaceutical Manufacturers & Associations (IFPMA) y EuropaBio, 350 millones de personas se benefician de terapias biotecnológicas y siete de cada diez fármacos en desarrollo en el mundo son biotecnológicos. El sector de la biotecnología ha desarrollado soluciones innovadoras durante más de dos décadas y casi la mitad de las empresas de biotecnología centran su actividad en la salud humana. En nuestro país, las áreas de aplicación final de los productos obtenidos de la utilización de los diferentes tipos de biotecnología que destacaron fueron Salud Humana (51.1 %) y Alimentación (33.2 %) <sup>6</sup>.

El sector de la biotecnología continúa su lucha contra enfermedades como el alzhéimer o el cáncer para producir biofármacos, detectar y diagnosticar enfermedades de manera más rápida y precisa, así como para producir vacunas y usar otras herramientas biotecnológicas para la prevención de enfermedades y contener enfermedades infecciosas. También hemos visto que gracias a los medicamentos biotecnológicos se ha conseguido erradicar la poliomielitis, cronificar el VIH/sida, curar al 90 % de los pacientes con hepatitis C o aumentar la supervivencia y mejorar la calidad de vida de los pacientes con cáncer. Muchas compañías están trabajando para lograr marcadores y tratamientos para enfermedades para las que no hay cura, como un gran número de las llamadas *enfermedades raras* o el alzhéimer<sup>7</sup>.

- **ODS 4. Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.** Garantizar una educación de calidad es crucial para mejorar la vida de las personas y el desarrollo sostenible. La biotecnología cada vez interesa más a los estudiantes. Desde 2015 en España el número de los matriculados en estudios universitarios de biotecnología de grado o máster ha ido aumentando cada año en torno al 4 %. En 2021 superó los 8700, el 60 % mujeres<sup>8</sup>.

En 2021 la biotecnología continúa situándose dentro de los estudios universitarios con mayores notas de corte. En 19 de las 24 universidades públicas que imparten biotecnología, estuvo entre las diez titulaciones con mayor nota de corte.

- **ODS 5. Lograr la igualdad de género y empoderar a todas las mujeres y las niñas.** El sector biotecnológico cuenta desde hace más de una década con un alto número de mujeres trabajando en actividades de I+D+i. La biotecnología tiene grandes investigadoras, directivas y emprendedoras. En las empresas del sector biotecnológico casi el 60 % del personal en I+D+i corresponde a mujeres (media española: 31 %)<sup>9</sup>.
- **ODS 6. Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.** La escasez de agua, los problemas de calidad del agua y el saneamiento inadecuado afectan a la seguridad alimentaria, la nutrición y las oportunidades educativas y económicas para la población más vulnerable. Asimismo, cómo aumentar la producción de alimentos usando menos agua es otro de los grandes desafíos actuales. La biotecnología contribuye a un empleo del agua más sostenible con procesos productivos y cultivos que reducen las necesidades hídricas de la agricultura. Además, garantiza su disponibilidad y saneamiento depurando aguas residuales e identificando contaminantes. Con técnicas biotecnológicas se utilizan microorganismos, microalgas o cianobacterias que purifican y eliminan los contaminantes químicos del agua. Además, también se pueden detectar contaminantes.

- **ODS 7. Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.** La biotecnología ofrece alternativas para la producción de energía limpia y para mejorar la eficiencia en su utilización a la vez que valoriza residuos urbanos, forestales o subproductos de determinadas industrias, reduciendo así su impacto ambiental. La biotecnología busca fuentes alternativas de biomasa, que se utilizan cada vez más para producir energía limpia y renovable.

Las soluciones biotecnológicas que están contribuyendo a lograr las metas de este ODS son fundamentalmente biocombustibles y biomasa a partir de residuos o subproductos y el uso de enzimas en los detergentes de lavado, que pueden suponer un ahorro del 30 % de la electricidad. Los biocombustibles contribuyen a la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero ya que los países van incrementando su compromiso en su uso y las empresas, por su parte, van incrementando su compromiso para aumentar su producción y empleo<sup>10</sup>.

Algunas empresas están utilizando aceites (oliva y girasol), ya empleados para cocinar para fabricar combustible reciclado.

España es el tercer país europeo por recursos de biomasa forestal y el primero europeo con mayor crecimiento anual de bosques<sup>11</sup>. Estos generan energía, y se están utilizando herramientas biotecnológicas para que los residuos agrícolas se empleen en la producción de biocombustibles.

La fracción orgánica de los residuos de las comunidades representa otra fuente de biomasa. Este residuo, con el que están trabajando las empresas del sector, representa una fuente de biomasa que puede convertirse en una fuente de energía sostenible.

- **ODS 8. Promover el crecimiento económico inclusivo y sostenible, el empleo y el trabajo decente para todos.** Las innovaciones biotecnológicas, como medicamentos y productos agrícolas, dan a las poblaciones mayores oportunidades de crecimiento económico puesto que proporcionan insumos para cultivar con mayores rendimientos y contribuyen a una fuerza laboral más saludable. La biotecnología

constituye una oportunidad para sustituir procesos químicos por otros nuevos más respetuosos con el medioambiente, más eficientes y sostenibles, basados en la utilización de materias primas renovables.

En España, según datos de AseBio<sup>12</sup>, las compañías biotecnológicas en 2020 generaron más de 10 300 millones de renta, lo que supuso el 0.9 % del PIB total nacional. Además, gracias a la facturación de estas empresas, aportaron el 1.1 % del PIB de ese mismo año.

También contribuyen con más de 120 000 empleos, el 0.7 % del total del empleo nacional, con un crecimiento del 3.5 %. Además, este empleo es de calidad, ya que el salario por trabajador resulta casi el doble del de la media nacional.

- **ODS 9. Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.** El sector biotecnológico es altamente innovador y las actividades desarrolladas por las compañías biotecnológicas implican un elevado grado de innovación.

En nuestro país el número de compañías del sector aumenta año a año con 862 con actividad estrictamente biotecnológica. La salud humana y la alimentación representan el 90 % de los campos de aplicación de estas empresas, el 53 % micro-pymes y el 43 % pymes. En cuanto a la distribución territorial, Cataluña es líder en número de compañías de biotecnología y en facturación media. Le siguen Madrid y Andalucía.

La biotecnología está en las primeras posiciones de los sectores que más invierten en I+D+i respecto a su producción: 900 millones de euros.

- **ODS 12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.** El consumo y la producción sostenibles son esenciales para el desarrollo de la economía mundial. El consumo y la producción sostenibles crean sinergias y apoyan la consecución de otros objetivos relacionados con la alimentación, el agua y la energía, al tiempo que contribuyen a la mitigación del cambio climático. La innovación en biotecnología industrial puede ayudar a la reducción de la sobreextracción de

recursos y acelerar los esfuerzos para el uso responsable de los recursos medioambientales.

La biotecnología industrial aplica herramientas de ciencias de la vida, como microbios y enzimas, a la fabricación tradicional y procesos químicos para producir productos y materiales más limpios y sostenibles. Para lograr el consumo y la producción responsables, las aplicaciones de la biotecnología permiten:

- Reutilizar materiales destinados a vertederos para crear nuevos productos.
- Usar enzimas y otros procesos biológicos para generar productos sostenibles.
- Crear procesos ambientalmente racionales para gestionar los productos químicos.

De esta manera, las aplicaciones de la biotecnología promueven el consumo y la producción responsables. Los productos de origen biológico se reutilizan, reciclan, convierten en energía o compostan, contribuyendo así a una economía circular y a una producción responsable.

Las soluciones biotecnológicas se basan en revalorizar los residuos para producir nuevos materiales, como bioplásticos, biomateriales, alimentos funcionales o cosméticos sostenibles.

- **ODS 13. Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.** El cambio climático está teniendo consecuencias sobre la biodiversidad de nuestro planeta y la vida de las personas. Los niveles del mar están aumentando y los océanos se están calentando. Las sequías más largas e intensas ponen en riesgo el suministro de agua dulce y los cultivos, lo que supone un desafío para la capacidad de alimentar a una población mundial creciente.

La biotecnología contribuye a mitigar los efectos del cambio climático al sustituir el uso de materiales de origen fósil por otros de base biológica, como bioplásticos o biopesticidas; como consecuencia, se reducen las emisiones de CO<sub>2</sub>, contribuyendo así a la acción por el clima. Asimismo, provee

soluciones para que las prácticas agrícolas también tengan en cuenta y mitiguen los efectos del cambio climático.

- **ODS 14. Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible.** Los océanos, los mares y las zonas costeras proporcionan al mundo numerosos recursos fundamentales para el bienestar humano y la seguridad alimentaria mundial. La pesca y la acuicultura ofrecen amplias oportunidades para reducir el hambre y mejorar la nutrición, aliviar la pobreza, generar crecimiento económico y garantizar un mejor uso de los recursos naturales. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO), la sobrepesca amenaza los medios de subsistencia, la expansión no controlada de la acuicultura puede causar contaminación y los crecientes niveles de CO<sub>2</sub> en la atmósfera contribuyen a la acidificación de los océanos.

La biotecnología contribuye a preservar los ecosistemas marinos y a hacer un uso sostenible de ellos. Para preservar los ecosistemas marinos, la biotecnología usa técnicas para monitorear los hábitats marinos y permite la limpieza de aguas de contaminantes a través de microorganismos, microalgas o cianobacterias. Asimismo, las nuevas formas de producir alimentos también ayudan a la preservación de los ecosistemas marinos.

- **ODS 15. Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad.** Los ecosistemas sanos protegen el planeta y mantienen los medios de subsistencia. Los bosques, los humedales, las montañas y las tierras secas proporcionan innumerables recursos y servicios ambientales: aire y agua limpios, conservación de la biodiversidad y mitigación del cambio climático. Según la FAO, los bosques y pastizales mantienen una variedad de industrias, generan empleo e ingresos y son fuente de alimentos, medicinas y combustible para más de mil millones de personas. Sin embargo, la conversión del uso de la tierra, incluida la deforestación, provoca la pérdida de hábitats valiosos, la disminución



del agua limpia, la degradación de la tierra, la erosión del suelo y la liberación de carbono a la atmósfera.

Los productos biotecnológicos están ayudando a conservar la vida en la tierra y a detener la pérdida de la biodiversidad. Para preservar la vida en la tierra, la biotecnología:

- Preserva el agua y la capa superior del suelo a través de la agricultura sostenible.
- Permite un control de plagas más preciso, protegiendo mejor la biodiversidad.
- Utiliza menos tierra para cultivar cultivos, lo que resulta en menos deforestación y preservación de la biodiversidad.
- Puede salvar árboles y cultivos vitales en riesgo de extinción.

De hecho, según datos del International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA)<sup>13</sup>, en poco más de veinte años, gracias a cultivos biotecnológicos, se han ahorrado 183 millones de Ha de tierra y se ha conseguido reducir el cociente de impacto ambiental en un 19 %.

- **ODS 17. Fortalecer los medios de implementación y revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible.**

Los ODS requieren una forma de trabajar en la que todos los actores involucrados en materia de desarrollo participen y compartan conocimientos. Estas colaboraciones facilitan soluciones complejas. La cooperación público-privada y la vocación internacional han facilitado que la biotecnología genere un alto impacto social, medioambiental y económico.

Las empresas de biotecnología están creando alianzas mundiales para transferir innovaciones biotecnológicas para un crecimiento sostenible y para construir sectores biotecnológicos innovadores con los conocimientos y herramientas para desarrollar soluciones a los desafíos sociales. Un ejemplo muy claro es la colaboración que se dio para la búsqueda de soluciones a la pandemia. Según Farmaindustria, las sustancias necesarias para la fabricación de las vacunas contra la COVID-19 se produjeron en al menos 83 plantas situadas en setenta países de todo el mundo. Las compañías buscaron y firmaron acuerdos de colaboración con empresas de cualquier país del mundo

con capacidad para participar en la producción de estas vacunas. Se contabilizaron al menos 381 acuerdos de colaboración para la producción de vacunas y otros 150 para el desarrollo de medicamentos frente a la enfermedad, que implicaron a casi un centenar de compañías, muchas competidoras.

En España las empresas biotecnológicas en 2021 establecieron 220 alianzas para cooperar en el desarrollo de la I+D+i y el desarrollo clínico, realizar ensayos de campo o distribuir sus productos. La mitad de estos acuerdos se repartieron entre colaborar con otra empresa de biotecnología y con entidades públicas, fundaciones o centros de investigación<sup>14</sup>.

La propia asociación del sector de la biotecnología en España, AseBio, es una organización que representa la alianza entre las empresas y el sector público para impulsar el sector de la biotecnología, poniendo en valor la excelente ciencia que producen las instituciones académicas y las empresas del país.

Todos estos ejemplos ponen de manifiesto el papel crítico que la biotecnología está teniendo para que la Agenda 2030 pueda cumplirse y lograr así un desarrollo económico y social que sea sostenible y respetuoso con el planeta.