

**JORGE AUGUSTO GONZÁLEZ**  
*Coordinador*

**11**

# **LA DIMENSIÓN SOCIAL DE LA JUSTICIA COMO REGULADORA DEL DESARROLLO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICO**

**Su impacto en Biotecnología, Energías  
Renovables e Inteligencia Artificial**



**tirant**  
lo blanch

**PERSPECTIVAS  
IBEROAMERICANAS  
SOBRE LA JUSTICIA**



# **LA DIMENSIÓN SOCIAL DE LA JUSTICIA COMO REGULADORA DEL DESARROLLO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICO**

**Su impacto en Biotecnología, Energías  
Renovables e Inteligencia Artificial**

## COMITÉ CIENTÍFICO DE LA EDITORIAL TIRANT LO BLANCH

**MARÍA JOSÉ AÑÓN ROIG**  
*Catedrática de Filosofía del Derecho de la  
Universidad de Valencia*

**ANA CAÑIZARES LASO**  
*Catedrática de Derecho Civil  
de la Universidad de Málaga*

**JORGE A. CERDIO HERRÁN**  
*Catedrático de Teoría y Filosofía de  
Derecho. Instituto Tecnológico  
Autónomo de México*

**JOSÉ RAMÓN COSSÍO DÍAZ**  
*Ministro en retiro de la Suprema Corte  
de Justicia de la Nación y miembro de  
El Colegio Nacional*

**EDUARDO FERRER MAC-GREGOR POISOT**  
*Presidente de la Corte Interamericana de  
Derechos Humanos. Investigador del Instituto de  
Investigaciones Jurídicas de la UNAM*

**OWEN FISS**  
*Catedrático emérito de Teoría del Derecho de la  
Universidad de Yale (EEUU)*

**JOSÉ ANTONIO GARCÍA-CRUCES GONZÁLEZ**  
*Catedrático de Derecho Mercantil  
de la UNED*

**LUIS LÓPEZ GUERRA**  
*Catedrático de Derecho Constitucional de la  
Universidad Carlos III de Madrid*

**ÁNGEL M. LÓPEZ Y LÓPEZ**  
*Catedrático de Derecho Civil de la  
Universidad de Sevilla*

**MARTA LORENTE SARIÑENA**  
*Catedrática de Historia del Derecho de la  
Universidad Autónoma de Madrid*

**JAVIER DE LUCAS MARTÍN**  
*Catedrático de Filosofía del Derecho y Filosofía  
Política de la Universidad de Valencia*

**VÍCTOR MORENO CATENA**  
*Catedrático de Derecho Procesal  
de la Universidad Carlos III de Madrid*

**FRANCISCO MUÑOZ CONDE**  
*Catedrático de Derecho Penal  
de la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla*

**ANGELIKA NUSSBERGER**  
*Jueza del Tribunal Europeo de Derechos Humanos.  
Catedrática de Derecho Internacional de la  
Universidad de Colonia (Alemania)*

**HÉCTOR OLASOLO ALONSO**  
*Catedrático de Derecho Internacional de la  
Universidad del Rosario (Colombia) y  
Presidente del Instituto Ibero-Americano de  
La Haya (Holanda)*

**LUCIANO PAREJO ALFONSO**  
*Catedrático de Derecho Administrativo de la  
Universidad Carlos III de Madrid*

**TOMÁS SALA FRANCO**  
*Catedrático de Derecho del Trabajo y de la  
Seguridad Social de la Universidad de Valencia*

**IGNACIO SANCHO GARGALLO**  
*Magistrado de la Sala Primera (Civil) del  
Tribunal Supremo de España*

**TOMÁS S. VIVES ANTÓN**  
*Catedrático de Derecho Penal de la  
Universidad de Valencia*

**RUTH ZIMMERLING**  
*Catedrática de Ciencia Política de la  
Universidad de Mainz (Alemania)*

Procedimiento de selección de originales, ver página web:

[www.tirant.net/index.php/editorial/procedimiento-de-seleccion-de-originales](http://www.tirant.net/index.php/editorial/procedimiento-de-seleccion-de-originales)

# LA DIMENSIÓN SOCIAL DE LA JUSTICIA COMO REGULADORA DEL DESARROLLO CIENTÍFICO- TECNOLÓGICO

Su impacto en Biotecnología, Energías  
Renovables e Inteligencia Artificial

*Coordinador*

JORGE AUGUSTO GONZÁLEZ



**tirant lo blanch**

Valencia, 2020

Copyright © 2020

Todos los derechos reservados. Ni la totalidad ni parte de este libro puede reproducirse o transmitirse por ningún procedimiento electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia, grabación magnética, o cualquier almacenamiento de información y sistema de recuperación sin permiso escrito de los autores y del editor.

En caso de erratas y actualizaciones, la Editorial Tirant lo Blanch publicará la pertinente corrección en la página web [www.tirant.com](http://www.tirant.com).

### **Colección Perspectivas Iberoamericanas sobre la Justicia**

Directores:

**HÉCTOR OLASOLO  
CAROL PRONER**

© Jorge Augusto González y otros

© TIRANT LO BLANCH  
EDITA: TIRANT LO BLANCH  
C/ Artes Gráficas, 14 - 46010 - Valencia  
TELF.: 96/361 00 48 - 50  
FAX: 96/369 41 51  
Email: [tlb@tirant.com](mailto:tlb@tirant.com)  
[www.tirant.com](http://www.tirant.com)  
Librería virtual: [www.tirant.es](http://www.tirant.es)  
ISBN: 978-84-1355-117-3  
MAQUETA: Tink Factoría de Color

Si tiene alguna queja o sugerencia, envíenos un mail a: [atencioncliente@tirant.com](mailto:atencioncliente@tirant.com). En caso de no ser atendida su sugerencia, por favor, lea en [www.tirant.net/index.php/empresa/politicas-de-empresa](http://www.tirant.net/index.php/empresa/politicas-de-empresa) nuestro procedimiento de quejas.

Responsabilidad Social Corporativa: <http://www.tirant.net/Docs/RSC Tirant.pdf>

Directores de la colección:

**HÉCTOR OLASOLO**

*Presidente del Instituto Ibero-Americano de la Haya para la Paz, los Derechos Humanos y la Justicia Internacional (IIH), Holanda; Catedrático de Derecho Internacional en la Universidad del Rosario, donde dirige su Clínica Jurídica Internacional y el Anuario Iberoamericano de Derecho Internacional Penal (ANIDIP); Senior Lecturer en la Universidad de La Haya para las Ciencias Aplicadas (Holanda).*

**CAROL PRONER**

*Directora para América Latina del Instituto Joaquín Herrera Flores (Brasil); Profesora de Derecho Internacional de la Universidad Federal de Río de Janeiro (Brasil); Co-directora de la Maestría en Derechos Humanos, Multiculturalidad y Desarrollo, Universidades Pablo Olavide e Internacional de Andalucía (España).*





*“Neste meio século, não parece que os governos tenham feito pelos direitos humanos tudo aquilo a que moralmente estavam obrigados. As injustiças multiplicam-se, as desigualdades agravam-se, a ignorância cresce, a miséria alastra. A mesma esquizofrénica humanidade, capaz de enviar instrumentos a um planeta para estudar a composição das suas rochas, assiste indiferente à morte de milhões de pessoas pela fome. Chega-se mais facilmente a Marte do que ao nosso próprio semelhante”.*

*“En este medio siglo, no parece que los gobiernos hayan hecho por los derechos humanos todo lo que estaban moralmente obligados a hacer. Las injusticias se multiplican, las desigualdades empeoran, la ignorancia crece, la miseria se extiende. La misma humanidad esquizofrénica, capaz de enviar instrumentos a un planeta para estudiar la composición de sus rocas, observa indiferente la muerte de millones de personas por inanición. Se llega más fácil a Marte que a nuestro propio semejante”.*

**José Saramago**

(extraído de su Discurso pronunciado el día 10 de diciembre de 1998, en el banquete del Premio Nobel celebrado en el Palacio Real de Estocolmo)



## *Agradecimientos*

*Al Instituto Ibero-Americano de La Haya para la Paz,  
los Derechos Humanos y la Justicia Internacional;  
a la Editorial Tirant lo Blanch; y a la Universidad  
Nacional de Tucumán, Argentina, por todo el apoyo brindado  
durante el desarrollo de este Proyecto.*



# Índice

<i>Coordinador</i> .....	19
<i>Autores</i> .....	21
<i>Miembros del Grupo de Ciencia y Tecnología y Justicia de la Red de Investigación</i> .....	25
<i>Abreviaturas</i> .....	27
<i>Prólogo</i> .....	31
HÉCTOR OLASOLO	
<i>Introducción</i> .....	33
JORGE AUGUSTO GONZÁLEZ	

## Capítulo 1

### Progresos Biotecnológicos en la Balanza de la Justicia: Dilema entre Riesgos y Beneficios

ESTEBAN VERA PINGITORE

ELIANA PEDRAZA

ROSANA CHEHÍN

JUAN CARLOS DÍAZ RICCI

1.	Introducción.....	39
2.	Biotechnología en la salud humana .....	41
2.1.	La biotecnología roja abre las puertas a la medicina del futuro y a novedosas posibilidades de inversión .....	41
2.2.	Biofármacos: una solución con brechas .....	42
2.3.	Las vacunas y el desafío cultural y económico para la erradica- ción de enfermedades .....	45
2.4.	Biotechnología y diagnóstico.....	49
2.5.	La terapia génica: realidades y perspectivas de una técnica revo- lucionaria .....	52
2.6.	Terapia celular y el concepto de “medicamento vivo”.....	53
3.	Biotechnología Verde. Organismos genéticamente modificados (OGM).....	57
3.1.	Generalidades.....	57
3.2.	¿Cuál es el objetivo de la obtención de OGM? .....	58
3.3.	Impacto de los OGMs en el medioambiente .....	59
3.4.	Derecho y libertad de uso de OGMs.....	61

3.5. Estrategias empleadas para su obtención.....	63
3.6. Situación y perspectivas en Sudamérica .....	66
4. Impacto de los avances biotecnológicos en la Subjetividad .....	69
4.1. Las empresas y su Responsabilidad Social .....	71
4.2. La Responsabilidad Social Corporativa, entre un discurso políticamente correcto y el compromiso verdadero con la sociedad .....	73
4.3. Avances y desafíos de los acuerdos internacionales.....	75
5. Reflexiones finales .....	78
6. Conclusiones .....	80

## *Capítulo 2*

### **Riesgo, Biotecnología y Precaución (Un abordaje desde las Ciencias Jurídicas)**

ADRIANA BESTANI

1. Introducción.....	83
2. Principio de Precaución .....	87
2.1. Definición.....	87
2.2. Instrumentos Internacionales.....	88
2.3. Elementos.....	89
2.4. Acciones.....	89
2.5. Ámbito de Aplicación.....	90
3. Posmodernidad y Tecnociencia. Crisis de la idea de progreso. PP y Progreso .....	90
3.1. Posmodernidad y Tecnociencia .....	90
3.2. Modernidad y Progreso: Su crisis .....	92
3.2.1. En lo político .....	93
3.2.2. En lo científico .....	94
3.2.3. En lo ambiental.....	96
3.3. Nuevas perspectivas desde la filosofía de la técnica: ¿Precaución por Progreso? .....	100
4. Riesgos Inciertos (consecuencias no intencionadas de la Ciencia y Técnica): Evaluación, gestión y toma de decisión .....	101
4.1. Evaluación .....	101
4.2. Gestión.....	104
4.2.1. Carga de la prueba.....	105
4.2.2. Transparencia y Participación Pública.....	107
4.3. Toma de decisiones y PP.....	115
5. Un Derecho nuevo frente a la “era tecnológica” .....	118
6. Conclusiones .....	135

### Capítulo 3

## Las Energías Renovables en la Lucha contra el Cambio Climático

JORGE AUGUSTO GONZÁLEZ

EFRAÍN CONTE MORENO

MARÍA CORNEJO CAÑAMARES

1.	Introducción.....	139
2.	Importancia y evolución de los recursos energéticos.....	145
3.	Cambio Climático .....	148
3.1.	Introducción.....	148
3.2.	Evolución y Distribución Geográfica de los Gases de Efecto Invernadero .....	149
3.3.	Emisión de Gases de Efecto Invernadero y cambio de temperatura .....	154
3.4.	Efectos del Cambio Climático .....	161
4.	Transición Energética y Objetivos de Desarrollo Sostenible.....	166
5.	Mitigación del Cambio Climático .....	172
6.	Energías Renovables en la Producción de Electricidad.....	178
6.1.	Situación Actual del Sector Eléctrico .....	178
6.2.	Energías Renovables y Sistemas Tecnológicos que las aprovechan .....	180
6.2.1.	Energía hidráulica y minihidráulica.....	181
6.2.2.	Energía solar fotovoltaica .....	186
6.2.3.	Energía termosolar de concentración .....	189
6.2.4.	Energía eólica.....	191
6.2.5.	Energía de biomasa .....	194
6.2.6.	Energía geotérmica.....	196
6.2.7.	Consideración final .....	198
7.	Conclusiones.....	198
	Anexo 1. Otras Voces.....	200
	Anexo 2. Acceso a la Energía .....	204
	Anexo 3. Pobreza Energética: Un Concepto en Construcción .....	207

### Capítulo 4

## Transferencia Tecnológica y Cambio Climático

FLORENCIA SAYAGO

SILVINA M. MENDILAHARZU

1.	Introducción.....	219
2.	El Cambio Climático en la región.....	220
3.	Perspectivas regionales .....	220
4.	Principales efectos del Cambio Climático para América Latina y el Caribe .....	221

5.	Marco legal vigente en materia de mitigación y adaptación al Cambio Climático vinculado con Latinoamérica y el Caribe. Tecnología y Ciencia .....	222
5.1.	Consideraciones generales .....	222
5.2.	Legislación nacional .....	227
5.2.1.	Legislación colombiana .....	228
5.2.2.	Legislación cubana .....	229
5.2.3.	Legislación mexicana .....	230
5.2.3.1.	Instrumentos de política pública en materia de CC por entidad federativa .....	231
5.2.3.2.	Avance de la Política de Cambio Climático - Evaluación estratégica .....	232
5.2.4.	Legislación Brasileña .....	235
5.2.4.1.	Acuerdos Internacionales y acciones relacionadas .....	237
5.2.4.2.	Marco institucional y mecanismos de coordinación .....	237
5.2.4.3.	Aspectos internacionales - Fondo de Adaptación .....	238
5.2.5.	Legislación Argentina .....	238
6.	El Movimiento por la Justicia Climática .....	240
6.1.	Dos “leading case” .....	243
6.1.1.	El caso Urgenda .....	243
6.1.2.	El Caso de la Amazonia Colombiana .....	244
6.2.	La Justicia Climática y los derechos de los trabajadores .....	245
6.2.1.	El movimiento sindical internacional en Copenhague ...	246
7.	La transferencia de tecnología en los tratados internacionales de cambio climático .....	248
7.1.	El Acuerdo de París .....	254
8.	La brecha tecnológica en materia de mitigación y adaptación al cambio climático. Oportunidades tecnológicas .....	255
9.	Agricultura y Energías Renovables .....	256
9.1.	Agricultura .....	256
9.2.	Energías Renovables .....	257
10.	Conclusiones .....	258

### *Capítulo 5*

## **Inteligencia Artificial y Tecnologías de la Información y la Comunicación**

GUSTAVO EDUARDO JUÁREZ  
KAREM ESTHER INFANTAS SOTO  
MARTA OFELIA YÉLAMOS CÁCERES

1.	Introducción .....	259
2.	La Inteligencia Artificial en la sociedad moderna .....	260



2.1. ¿Qué es la Inteligencia Artificial? Orígenes y estado del arte.....	260
3. Inteligencia Artificial Blanda o Inteligencia Artificial Dura .....	262
3.1. Definiciones teóricas. Antecedentes históricos.....	262
3.2. Los empleos del futuro. La ley de las 4 D de la Robotización (Dull, Dirty, Dangerous and Dear).....	263
3.3. ¿Cómo funcionará la sociedad laboral del futuro?.....	264
3.4. Los puestos laborales susceptibles de ser sustituidos por las nuevas tecnologías: Los empleos del Futuro .....	267
4. Toma de decisiones automatizadas .....	269
4.1. Principio de la Navaja de Ockham .....	272
4.2. La intervención de la Ética y la Moral en la Toma de Decisiones Inteligentes .....	273
4.3. Reconocimiento de Patrones mediante técnicas inteligentes.....	280
5. Tecnología de la Información y las Comunicaciones para la inclusión digital.....	282
5.1. Una Mirada a la Justicia desde la Ciencia y Tecnología: TIC ....	282
5.2. Conceptos de Brecha Digital.....	283
5.3. Definiciones de Inclusión Digital .....	284
5.4. Factores que inciden en la Inclusión Digital.....	286
6. Generación procesos de innovación para la disminución de la brecha cognitiva .....	289
6.1. Contribución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)	289
6.2. Identificar las implicaciones éticas de la Inteligencia Artificial ..	291
6.3. Establecer las implicaciones de la Inteligencia Artificial y las Tecnologías de la Información y la Comunicación en la Brecha Digital .....	293
7. Conclusiones .....	294
<i>Índice de doctrina</i> .....	295
<i>Índice de informes y otros documentos</i> .....	307

## *Capítulo 1*

# **Progresos Biotecnológicos en la Balanza de la Justicia: Dilema entre Riesgos y Beneficios**

Esteban Vera Pingitore

Eliana Pedraza

Rosana Chehín

Juan Carlos Díaz Ricci

## **1. Introducción**

La biotecnología, en su esencia, consiste en comprender la vida bajo una concepción científica y utilizar este conocimiento para mejorar la calidad de vida de la humanidad. Comprende toda actividad que utilice seres vivos, parte o productos de ellos para aplicaciones tan vastas como la imaginación humana lo permita y las necesidades del hombre y todos los seres vivos del planeta lo requieran.

Si bien los desarrollos biotecnológicos se remontan a culturas milenarias, en las que procesos como la fabricación de bebidas alcohólicas y alimentos (v. g. pan, lácteos y verduras fermentadas, etc.) implicaban la utilización de organismos vivos, en las últimas décadas, la biotecnología tuvo un avance exponencial. La asociación de esta milenaria disciplina con los avances de la tecnología informática y la ingeniería genética, solo por nombrar algunas, ampliaron el abanico de productos a obtener hasta límites insospechados años atrás. El impacto de las aplicaciones biotecnológicas en mejorar la calidad de vida es indiscutido si pensamos en los grandes logros obtenidos en el desarrollo de productos farmacéuticos (v. g. vacunas, vitaminas, antibióticos, etc.), diseño de órganos y tejidos artificiales, producción de alimentos transgénicos, etc., entusiasmando sobremanera no sólo a la comunidad científica sino a los capitales que encontraron una oportunidad única e infinita para nuevos negocios.

Sin embargo, a lo largo de la historia de la humanidad, el desarrollo de nuevas tecnologías siempre disparó cuestionamientos tanto sobre su recto uso, como sobre su impacto futuro. En este caso, el ver-

tiginoso desarrollo junto al fuerte marketing comercial de las aplicaciones, abrumaron el espacio de discusión sobre conceptos esenciales como ética y justicia con la enorme cantidad de bioproductos que hoy nos invaden. Además, es cardinal destacar que, a diferencia de otros desarrollos que revolucionaron la historia de la humanidad, muchas aplicaciones biotecnológicas traen aparejados cambios cualitativos que cuestionan de raíz el sistema de valores de nuestras culturas latinoamericanas.

Los beneficios del desarrollo biotecnológico son un hecho innegable ya que aportan importantes mejoras a la calidad de vida del ser humano, por lo que es esencial una evaluación del riesgo/beneficio de cada aplicación no solo en la dimensión personal, sino social, cultural, ética y ambiental. Tenemos que desarrollar conciencia que estos desarrollos no pueden ser solo regulados por las reglas del mercado, pues con el tiempo podrían generar daños ambientales irreversibles, transgredir los límites morales que implica la manipulación de la vida humana y acrecentar la brecha de desigualdades sociales y generacionales. Incluso las nuevas biotecnologías podrían causar efectos impredecibles, ya que por la velocidad arrolladora de su avance es difícil un análisis pormenorizado y confiable de sus consecuencias a mediano y largo plazo.

En este contexto, urge la definición de marcos regulatorios basados en el concepto de justicia, equidad y responsabilidad con las futuras generaciones. Para esto, es esencial que desde los ámbitos académicos se acerquen análisis con rigor científico a los actores sociales y políticos acerca de los riesgos/beneficios de la inclusión de aplicaciones biotecnológicas a los sistemas de salud, industria alimentaria, agricultura, ganadería, etc. Esto permitirá que los organismos e individuos con capacidad de decisión cuenten con elementos de valor para consensuar marcos legales basados en el principio de justicia.

La justicia ha sido siempre un punto de partida para visualizar horizontes divergentes acerca del logro del bienestar de la humanidad. La justicia no ha dejado de ser una tarea ardua y difícil de resolver para el hombre. A lo largo de la historia, la justicia ha sido articulada tanto con la idea de la libertad e igualdad, como con la del respeto y el deber.

El desarrollo de este capítulo pretende sentar las bases para generar la discusión necesaria sobre el posicionamiento del sujeto frente a los avances biotecnológicos que influyen intempestivamente en la sociedad. La información y el debate han sido una herramienta esencial para resolver los conflictos asociados a los derechos del hombre.

De esta manera, y considerando que la actividad del hombre se desarrolla y sustenta en la libertad, los derechos y las obligaciones, es que el equilibrio debe ser articulado de la mejor manera por la justicia.

En el marco de sistemas profundamente injustos respecto de la distribución de la riqueza y la exclusión social, los efectos de prácticas segregativas generan importantes secuelas que es necesario evaluar, y de cara a las cuales, la implementación de justicia adquiere un efecto reparador irrenunciable.

Estamos en una etapa en la que profundos cambios pueden tener lugar, generando precedentes que apunten a optimizar u obstaculizar los caminos de la justicia aplicada a los excesos de la tecnología y manipulación de lo “*vivo*” en nuestras sociedades.

## 2. Biotecnología en la salud humana

### 2.1. *La biotecnología roja abre las puertas a la medicina del futuro y a novedosas posibilidades de inversión*

La biotecnología roja es la aplicación capaz de generar productos que impacten directamente en las ciencias médicas y veterinarias. Incluye el uso de organismos (modificados o no), fragmentos de ellos o sus productos para la obtención de fármacos, vacunas, nuevos métodos de diagnóstico, tratamiento y cura de enfermedades. Los productos medicinales obtenidos por biotecnología se denominan medicamentos biotecnológicos o biofármacos y constituyen una clase terapéutica emergente en la clínica médica. Estos presentan características diferenciales, no solo por su origen, sino también por su estructura físico-químico-biológica y por sus propiedades farmacológicas.

El principal evento científico que posicionó a la biotecnología roja en el mundo como una fuente de soluciones en la clínica médica fue la incorporación de la tecnología del ADN recombinante (combinación de información genética de diferentes organismos). Este hecho marcó

la transición de la biotecnología tradicional a la moderna y llegó de la mano de los biofármacos en el año 1978 cuando los grupos de investigación liderados por Herbert Boyer (Universidad de California, Estados Unidos), Stanley Norman Cohen y Paul Berg (Universidad de Stanford, Estados Unidos), lograron producir la primera síntesis de insulina humana en células bacterianas mediante la técnica de ADN recombinante. Boyer junto a un visionario empresario fundaron en 1976 la primera compañía biotecnológica, Genentech Inc., abriendo un nuevo horizonte para explotar comercialmente este descubrimiento y continuar innovando en el ámbito de la producción de nuevos biofármacos. Este hecho marcó un hito ya que a partir de Genentech Inc., científicos y empresarios comenzaron a producir medicamentos mediante procesos biológicos dentro de células, uniendo de un modo casi inseparable a la investigación básica con nuevas oportunidades de negocio. Rápidamente florecieron numerosas empresas biotecnológicas que utilizaron microorganismos, ratones, cabras y hasta vacas para producir proteínas humanas a escala industrial. Luego del éxito en la producción y comercialización de insulina humana recombinante, siguieron los factores de la coagulación para tratar la hemofilia; enzimas para contrarrestar deficiencias en enfermedades genéticas raras y eritropoyetinas para estimular la formación de glóbulos rojos, entre otros. A estos desarrollos siguieron biofármacos más complejos como los anticuerpos monoclonales y el ambicioso proyecto de genoma humano, por lo que actualmente los horizontes a alcanzar con la biotecnología roja parecieran no tener límites definidos.

A continuación, discutimos aspectos de los principales desarrollos logrados en la biotecnología en salud y exponemos riesgos y beneficios que cada uno de ellos genera sobre el individuo, la sociedad y el medioambiente.

## ***2.2. Biofármacos: una solución con brechas***

Utilizando la biotecnología tradicional, la insulina era extraída de distintos órganos, fundamentalmente de páncreas porcino, con bajos rendimientos. Además, la secuencia de aminoácidos de la insulina de cerdo es ligeramente diferente a la humana generando una respuesta inmunológica de diferente magnitud según el individuo. Como se mencionó anteriormente, gracias a la tecnología del ADN recombi-

nante, la insulina humana puede ser obtenida con excelentes rendimientos mediante fermentaciones de microorganismos a cuyo genoma ha sido incorporado el gen de esta hormona.

La producción de insulina humana recombinante significó sin duda un desarrollo biotecnológico que augura mejorar la calidad de vida de 1,7 millones de personas en el mundo. Sin embargo, al estar el 95% del mercado de la producción de esta hormona en manos de un pequeño número de compañías multinacionales, no existe una fuerte presión de competencia para obtener precios adecuados que permitan asegurar la provisión a los sectores sociales más vulnerables (Schultz K, 2011). La actividad de diferentes Organizaciones No Gubernamentales (ONGs) a lo largo de los años, impulsó a que numerosos países incluyeran dentro de sus legislaciones la obligatoriedad de los sistemas de salud respecto a su provisión. Sin embargo, una sumatoria de dificultades impide el acceso a la insulina a pacientes diabéticos en países de ingresos bajos y de ingresos medianos (Beran *et al.*, 2014). Estudios indican que incluso en países de ingresos bajos, se pagan en general los precios más altos por la insulina, que en los de ingresos altos y medianos (MSH, 2016).

Además de la fuerte monopolización de la producción de insulina recombinante, las decisiones de los gobiernos para la adquisición de esta hormona, prácticas de licitación pública, selección del proveedor, elección de los productos y de los dispositivos de inyección, pueden tener repercusiones enormes en los presupuestos y los costos para los usuarios.

En una evaluación de la asequibilidad de la insulina, se comprobó que 1 mes de tratamiento con esta hormona costaría a un ciudadano con salario mínimo el equivalente de 2,8 días de trabajo en Brasil, 4,7 días en Pakistán, 6,1 días en Sri Lanka, 7,3 días en Nepal y 19,6 días en Malawi (Mendis *et al.*, 2007).

En Argentina, la provisión gratuita de insumos y fundamentalmente de insulina para los enfermos con diabetes está reglada por la ley (Ley nacional de diabetes 23753/89) y garantizada dentro de las prestaciones básicas del programa médico obligatorio. En 2017 y mediante un esfuerzo público-privado, el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina (CONICET) y la compañía farmacéutica Denver Farma S.A. anunciaron que estaban en condicio-

nes de producir la primera insulina recombinante de Sudamérica con el objeto de cubrir el mercado interno argentino (<https://www.conicet.gov.ar/produccion-nacional-de-insulina-humana-recombinante/>). La replicación de este tipo de iniciativas en países en desarrollo es esencial para ligar el concepto de justicia a los desarrollos biotecnológicos y asegurar que los productos que definitivamente sean considerados esenciales para una población, el Estado o los servicios sociales estén obligados por ley a suministrarlos.

Estos datos nos llevan a la reflexión que el camino científico-tecnológico para producir estos desarrollos estaría allanado. Nos queda la responsabilidad de lograr que la accesibilidad a los mismos esté asegurada para todo aquel que la necesite.

Una estrategia que está tomando mucha fuerza es la “copia y réplica” de los procesos de producción de los biofármacos. A estas copias se las denomina bio-similares y son motivo de un profundo debate en ámbitos científicos, médicos y de agencias de control de medicamentos (García y Araujo 2016; Rodríguez Cumplido y Asencio Ostos, 2018). A pesar que actualmente se lograron aprobar numerosos bio-similares que contribuyeron a reducir el precio de los biofármacos, los expertos en cada área coinciden en que a un medicamento biosimilar no son aplicables los principios de similitud y equivalencia de los clásicos medicamentos genéricos (Rodríguez Cumplido y Asencio Ostos, 2018). En efecto, los productos biológicos se producen siguiendo una “receta” experimental, pero al provenir de organismos vivos, su naturaleza es variable, y sus estructuras suelen ser más complejas y no tan fáciles de definir y caracterizar. A su vez, formular productos biológicos suele ser un proceso mucho más intrincado que el de la manufactura de medicamentos convencionales.

La Agencia Europea de Medicamentos establece que la “equivalencia funcional” de un biofármaco respecto a uno de referencia, debe disponer de estudios preclínicos y clínicos sobre la eficacia en comparación con el medicamento de referencia, así como datos sobre la seguridad y en particular sobre la inmunogenicidad. También exige, como si se tratara de un nuevo medicamento, un plan detallado de gestión de riesgos y un programa de farmacovigilancia que asegure un seguimiento después de su autorización. Los países latinoamericanos, basados en las normativas de la OMS, han avanzado en su regulación

e implementación, pero aún presentan desafíos para reducir marcos regulatorios todavía heterogéneos en las legislaciones (Azevedo *et al.*, 2019).

Los biosimilares son un excelente ejemplo de alternativas tecnológicas que ayudarían a materializar el concepto de justicia distributiva de los medicamentos biológicos y permitirían mantener la sustentabilidad de los sistemas públicos de salud.

Argentina tiene vías bien establecidas para otorgar licencias de productos biosimilares desde 2011 y es el mayor productor de biosimilares en la región de América Latina (Lizarraga y Mysler 2019). En este caso, se ha implementado además, un plan para promover la investigación y el desarrollo tecnológico para la generación de estos productos (Plan Argentina Innovadora 2020). Esta iniciativa implica el compromiso del Estado para compensar desigualdades tratando de ampliar el acceso a la mayor parte de la población a los nuevos desarrollos que surgen en el mercado.

### *2.3. Las vacunas y el desafío cultural y económico para la erradicación de enfermedades*

El caso de la producción de vacunas es otro ejemplo notable que muestra la transición entre la biotecnología clásica y la que utiliza tecnología del ADN recombinante. En efecto, la inmunización masiva mediante programas internacionales de vacunación ha sido la más exitosa y rentable intervención en salud de la historia de la humanidad. Si bien a estas alturas tenemos naturalizado el concepto de que la viruela ha sido erradicada, desde el punto de vista de la medicina sanitaria fue un hito. En la misma dirección, se han reducido de forma significativa las muertes e incapacidades causadas por seis enfermedades importantes: el sarampión (que todavía produce la muerte de dos millones de niños en el *Tercer Mundo* cada año), la difteria, la tos ferina, el tétanos, la poliomielitis y la tuberculosis. La cooperación de UNICEF (United Nations Children's Fund) a nivel global ha jugado un papel clave permitiendo elevar la cobertura de vacunación en países en desarrollo de un 20% a un 80%, salvando literalmente la vida a millones de infantes alrededor del mundo ([www.unicef.org](http://www.unicef.org)).



Sin embargo, recientemente surgió una denuncia movilizante de parte de la reconocida ONG, Médicos sin Fronteras, que alertó sobre el aumento del precio para inmunizar completamente a un niño, el cual se ha multiplicado por 68 en 14 años, esto es de 0,67 USD en 2001 a 45,59 USD en 2014 (MSF, 2015). Tenemos que preguntarnos en este punto si, con los avances biotecnológicos, ¿las tendencias de los costos de inmunización no deberían ir justamente en el sentido opuesto? Como sociedad tenemos que detenernos a analizar el papel de las compañías productoras de vacunas y de los organismos intermediarios en la formación de precios. Mantener los programas de inmunización en el planeta es una actitud solidaria y responsable. Los avances tecnológicos y organismos formadores de precios deben asegurar la provisión de estos productos a precios que puedan ser sostenidos por esfuerzos tanto individuales, nacionales y de organizaciones trasnacionales, para erradicar estas enfermedades. En este punto, el rol activo del Estado como regulador y controlador es fundamental. Debido a la falta de presencia del Estado han florecido las organizaciones no gubernamentales en un intento altruista de suplir esta carencia. Como ejemplo, la ONG GAVI ha comunicado que sus iniciativas de vacunación, desde su constitución en el año 2000, salvarán para el año 2020 veinte millones de vidas en 73 países y ahorrarán 350.000 millones de dólares a los sistemas de salud (Ozawa *et al.*, 2017).

Actualmente se necesitan vacunas nuevas o mejores para muchas otras enfermedades infecciosas que producen muertes e incapacidades, sobre todo en el llamado *Tercer Mundo*, donde viven cuatro de cada cinco niños del planeta. Las denominadas vacunas recombinantes presentan importantes ventajas respecto a las tradicionales, ya que no hay necesidad de manipular el producto infeccioso y por lo tanto son más seguras y estables. Se suma a estas ventajas, que su vía de administración puede ser también menos invasiva porque pueden utilizarse las diferentes mucosas, e incluso plantas transgénicas que puedan simplemente ser ingeridas por vía oral. Finalmente, el costo de producción debería ser menor y la calidad superior dado el enorme avance tecnológico ocurrido en las últimas décadas.

El desarrollo de vacunas recombinantes puede además suponer un avance en salud pública en todo el mundo y fundamentalmente en países donde las condiciones higiénico-sanitarias de muchos de sus

habitantes permiten la diseminación de patologías como la malaria, la lepra, la tuberculosis o la leishmaniasis. Es necesario mencionar que los países más afectados por estas enfermedades son países con escasos recursos.

La condición de cronicidad de estas enfermedades, junto a la falta de recursos sanitarios para paliarlas, es una combinación trágica en numerosos países y muy especialmente en Latinoamérica. El desarrollo de vacunas para este tipo de patologías debería ser tema estratégico en los programas de desarrollo de ciencia y tecnología en países en vías de desarrollo, pues es bastante complejo pensar que esta problemática pueda tener incidencia en los programas de los países industrializados o de origen de las compañías farmacéuticas.

En la actualidad, a pesar de contar con los elementos necesarios para la investigación y el desarrollo de nuevas vacunas, existen al menos dos grandes problemas. En primer lugar, la disminución significativa de los presupuestos para investigación y desarrollo (Young *et al.*, 2018) y en segundo lugar, una agrupación social internacional, el movimiento antivacunas (Hoffman 2019). Respecto a este último, estudios realizados por la Escuela de Higiene y Medicina Tropical de Londres, advierten el creciente recelo de Europa y las regiones con los estándares sanitarios más consolidados sobre las bondades de los programas de inmunización. El estudio realizado en más de 67 países con 66.000 encuestados permitió a los especialistas concluir que en estas regiones ricas se estarían olvidando los terribles efectos de enfermedades como la poliomielitis. Esta idea se refuerza con otro dato: los adultos mayores de 65 años son quienes tienen mejor opinión positiva de las vacunas, probablemente debido a su recuerdo de épocas donde las enfermedades infecciosas causaban grandes tragedias ([www.vaccineconfidence.org](http://www.vaccineconfidence.org)). A pesar de los grandes esfuerzos realizados por diversos organismos e instituciones para demostrar con fuerte evidencia científica la falsedad de los argumentos, el mensaje de los movimientos antivacunas ha calado profundamente, en cierta medida apoyado en la desconfianza que generan las negociaciones entre instituciones débiles de los Estados, con corporaciones farmacéuticas consolidadas.

El tema de la inmunización masiva, luego del importante desarrollo biotecnológico de las vacunas, es otro claro ejemplo de división entre países ricos y pobres. Según un informe de julio de 2019, la

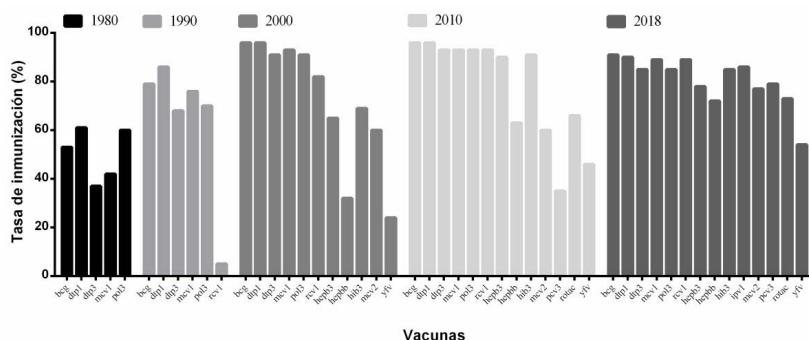
OMS calcula que la tasa mundial de cobertura de la vacunación se mantiene en el 86% (OMS, 2019). En los últimos años no se han registrado cambios significativos. Si mejorara la cobertura vacunal mundial se podrían evitar 1,5 millones de muertes. Como simple ilustración de esto tenemos que considerar que frente a las dudas sobre la seguridad y eficacia de las vacunas de países ricos donde ya se ha demostrado que son casi inexistentes, hay países en los que todavía se lucha por erradicar enfermedades casi olvidadas en el primer mundo. En Pakistán y Nigeria por ejemplo, fanáticos armados asesinan por docenas a los trabajadores de las campañas de vacunación contra la poliomielitis (Salas 2014).

En este sentido, según la Organización Panamericana de la Salud, el continente americano ha sido el líder mundial en la eliminación de enfermedades prevenibles por vacunación. En 1971, se convirtió en la primera región del mundo en eliminar la viruela. En 1994 consiguió terminar con la poliomielitis. En 2015, puso fin a la rubéola y el síndrome de rubéola congénita, y en 2016, eliminó el sarampión. Estos logros, sumados a las elevadas tasas de cobertura vacunal a nivel nacional que presentan los países de la región, los avances hacia la eliminación del tétanos neonatal, y el control de la difteria y la tos ferina, la posicionan como líder mundial en inmunización ([www.paho.org](http://www.paho.org)). La tasa de inmunización en Latinoamérica y el Caribe se incrementó y además creció el calendario de vacunación en las últimas décadas (Figura 1).

Si se considera que un programa de vacunación ofrece tanto un beneficio privado (la prevención de que la persona vacunada adquiera la enfermedad), como un beneficio social (la enfermedad no será transmitida a otros), evitando la materialización de un costo externo (la transmisión de condiciones infecciosas), debería ser considerada no sólo un derecho sino también una obligación social con fuerza de ley (Brent 2003). En Latinoamérica, y probablemente en otras regiones del mundo se observa una correlación positiva entre legislación e inversión en programas de vacunación (McQuestion *et al.*, 2017). Esto indica la responsabilidad del Estado, a través de sus organismos de investigación científica e instrumentos de protección social, para abordar como tema estratégico el tratamiento de las enfermedades que afectan especialmente a la región.

**Figura 1**  
**Evolución de la tasa de inmunización en Latinoamérica y el Caribe**

Enfermedad prevenida. bcg: Tuberculosis; dtp1 y dtp3: Difteria, Tétanos y Pertusis; hepb3 y hepb3b: Hepatitis B; hib3: *Haemophilus influenzae* tipo b; ipv1 y pol3: Polio; mcv1 y mcv2: Sarampión; pcv3: *Pneumococos*; rcv1: Rubeola; rotac: Rotavirus; yfv: Fiebre Amarilla



Fuente: Elaboración propia en base a los datos publicados por UNICEF en julio de 2019

En el caso de Argentina, en 2019 se aprobó la ley de vacunación que propone profundizar su obligatoriedad, comprometiendo al Estado a garantizar el calendario de vacunación y a sus ciudadanos al acatamiento, ya que prevé sanciones a su incumplimiento, actualizando de esta manera legislaciones obsoletas.

## 2.4. Biotecnología y diagnóstico

La biotecnología está también generando una fuerte innovación en la detección y seguimiento de diferentes patologías. Las diferentes áreas de avances en biodiagnóstico se amplían aceleradamente, pero el principal problema a enfrentar es el acceso al mismo debido a su alto costo.

El desarrollo de los anticuerpos monoclonales ha revolucionado los métodos de diagnóstico bioquímico alcanzando niveles de sensibilidad y especificidad nunca antes conocidos. Segregados por células híbridas llamadas hibridomas, dichos anticuerpos presentan una especificidad bioquímica estricta. De ahí que estos detectores biológicos,

de gran fiabilidad, permitan la identificación de células tumorales o el diagnóstico de una infección bacteriana o vírica (Parakh *et al.*, 2020).

Por otro lado, las tecnologías “ómicas”, en particular la genómica y la proteómica, son herramientas que contribuyen a la identificación de nuevos biomarcadores, es decir moléculas que pueden ser cuantificadas en pacientes como señales de un proceso biológico normal, de un estado patológico o de una respuesta a un tratamiento farmacológico.

Además, para la detección de material genético, se han desarrollado metodologías basadas en la hibridación y amplificación del ADN por PCR (Reacción de la Polimerasa en Cadena). Las sondas génicas por su parte, son moléculas de ADN marcadas con una molécula capaz de reconocer genes en los cromosomas y establecer si dichos genes son normales o portan algún tipo de mutación. En este método diagnóstico en particular, además de las restricciones que impone su costo, nos interpela un cuestionamiento ético ya que una de sus aplicaciones más difundida es el diagnóstico prenatal realizado sobre muestras de células fetales. En este contexto se puede determinar con relativa certeza si el niño por nacer portará algún tipo de patología genética. Esta aplicación abre la puerta a un dilema ético reñido, que incluye desde riesgos durante el procedimiento de extracción de la muestra, hasta polémicas con la indicación del aborto en países donde la legislación lo permite.

A pesar de la enérgica controversia que la aplicación de esta tecnología generó, hay patologías detectables por este método que son susceptibles a un tratamiento intrauterino. El debate queda abierto, y como se mencionó anteriormente, los cambios que implican las aplicaciones de estas nuevas tecnologías llegan a cuestionar severamente raíces culturales y religiosas.

En 1990 se lanzó un ambicioso proyecto internacional bautizado “Proyecto del Genoma Humano” (PGH) con el objetivo de determinar la secuencia de todos nuestros genes. En junio de 2001, se anunció un borrador aproximado de la secuencia del 90% del genoma (Lander *et al.*, 2001) y poco tiempo después se terminó de secuenciar la totalidad del genoma con una fidelidad del 99,99% (<https://www.genome.gov/human-genome-project>). En este magnífico trabajo se identificaron los genes cuyas mutaciones son la base de más de 1.000 enfermedades

hereditarias conocidas y además, en forma casi permanente, se utiliza esta información para reportar mutaciones predisponentes a patologías de alta incidencia poblacional como diabetes, diferentes tipos de cáncer, enfermedades cardiovasculares, enfermedades mentales, etc.

Los datos del PGH están disponibles y son de dominio público, así como la gran cantidad de herramientas informáticas desarrolladas para poder comparar las secuencias de los diferentes genes y analizarlos. Si bien esto supone un gran avance, es aún prematuro predecir el impacto del PGH en la mejora de la salud humana ya que el sólo conocimiento de un gen determinante o predisponente de una patología no alcanza aún para incidir en su prevención ni en su tratamiento. Además del gran aporte al conocimiento de la ciencia básica, la principal, y una de las únicas aplicaciones actualmente disponible de la información generada a partir PGH, es el asesoramiento genético a individuos y parejas en riesgo de padecer o transmitir una enfermedad genética a su descendencia. Desafortunadamente, la combinación de intereses comerciales por el alto valor de estas pruebas, sumada a la falta de conocimiento de los profesionales de la salud y la mistificación de la genética por parte de los medios de difusión, generó una sobreindicación de este tipo de análisis con los riesgos psicológicos que la predisposición a una enfermedad pueda representar para un individuo. Se han documentado instancias de estigmatización social, pérdida de pólizas de seguro o de empleo a causa de pruebas genéticas “positivas”. Los riesgos médicos, éticos y sociales de las pruebas genéticas han sido analizados por un Comité Asesor de Pruebas Genéticas de Estados Unidos, planteando la necesidad de una supervisión muy estricta de la introducción de estos análisis en el mercado (NIH, 2000).

La reciente denuncia de la discriminación laboral por causas genéticas (denominado *genoísmo*) por parte del gobierno de Estados Unidos ha revelado que esta práctica lamentablemente tiene una frecuencia considerable (Domínguez, 2017).

En el contexto social actual, si bien el PGH aporta información esencial para la investigación básica, su aplicación comercial sólo está generando tensiones éticas propias de la aplicación de una tecnología que por ahora solo ofrece diagnósticos y predicciones poco definidas en ausencia de beneficios médicos claros. Es fundamental desmitificar a la genética en la conciencia popular, estableciendo claramente la

diferencia entre posibilidades futuras y limitaciones actuales y, mediante la difusión del conocimiento, erradicar posibilidad de lucro inescrupuloso y desinformación.

### ***2.5. La terapia génica: realidades y perspectivas de una técnica revolucionaria***

Por su parte, la terapia génica es otra revolucionaria técnica biotecnológica que ha despertado cierta controversia desde el punto de vista ético. Es una técnica mediante la cual se transfiere material genético a las células de un paciente para tratar una enfermedad. Tiene como blanco dos tipos celulares definidos, a) la terapia génica germinal realizando la modificación genética en células embrionarias implicadas en la formación de óvulos y espermatozoides y b) la terapia génica somática, que es propia del individuo y no se transmite a la descendencia. La terapia génica germinal no ha sido aplicada en humanos, pero con la celeridad del desarrollo de estas técnicas, el horizonte no está muy lejano. Uno de los obstáculos que surge de la aplicación de esta terapia es en relación al consentimiento informado. Además, ya que la manipulación de gametos transmitiría la modificación a la descendencia, trae aparejado otros cuestionamientos. Una pregunta que nos interpela es, ¿tenemos derecho a decidir por las generaciones futuras? Se ha planteado que la terapia génica germinal lesionaría la dignidad humana al modificar el contenido genético de las siguientes generaciones, cuyo consentimiento no puede ser obtenido y cuyo interés es difícil de dilucidar. En la actualidad, los protocolos clínicos de terapia génica que se han llevado a cabo han sido de terapia somática. La terapia germinal no está autorizada en ningún país, por lo que la discusión y reglamentación debe crear un marco legislativo ante el inminente avance de esta biotecnología.

Por otra parte, Novartis recibió recientemente (en mayo 2019) la aprobación por la FDA (Food and Drug Administration) para lanzar lo que afirma que será el primer tratamiento de reemplazo genético “superventas” con lo que estiman que generará más de 900 millones de euros en ventas anuales. El tratamiento, llamado Zolgensma, es capaz de salvar a los bebés nacidos con atrofia muscular espinal tipo 1, una enfermedad degenerativa que suele ser mortal en los dos primeros años. El tratamiento costará 1,9 millones de euros, el más caro del

mundo, y ha disparado polémicas no solo económicas sino también éticas (BBC News Mundo, 2019).

Solo 6 terapias génicas fueron aprobadas en el mundo occidental hasta 2018, sin embargo, se estima que más de 2500 ensayos clínicos de terapia génica están siendo ejecutados (Anguela *et al.*, 2019). El poder y la versatilidad de las estrategias de transferencia de genes son tales que hay pocas enfermedades graves para las cuales no se están desarrollando estas terapias. Cabe una mención especial la tecnología CRISPR/Cas9, ya que por su enorme precisión y eficacia ha acelerado bruscamente la tecnología de edición de genomas (Li *et al.*, 2019). En poco tiempo la terapia génica indefectiblemente se instalará en la sociedad y es nuestra responsabilidad estar preparados para afrontar los desafíos regulatorios para que esta tecnología se instale con seguridad, teniendo en cuenta la equidad social y ética.

## 2.6. Terapia celular y el concepto de “medicamento vivo”

El descubrimiento del hombre de obtener y cultivar las llamadas “células madre” abrió un horizonte inesperado para la biotecnología en salud que trajo también aparejado un fuerte conflicto ético. Si bien a principios de 1900 se descubrieron las primeras células capaces de generar otras células, la tecnología para ser utilizadas en un proceso terapéutico apareció recién en el año 1958 con el primer trasplante de médula ósea. Este concepto, aunque con numerosas variantes, es el que actualmente se utiliza para patologías de la sangre como leucemias y linfomas y no tiene, a la fecha, cuestionamientos éticos resonantes salvo los referidos a la asequibilidad a este costoso tratamiento en los diferentes sistemas de salud del mundo.

Sin embargo, y a partir del éxito del trasplante de células madres hematopoyéticas (es decir, formadoras de células de la sangre), la comunidad científica comenzó una carrera desenfrenada para buscar estos “medicamentos vivos” capaces de sustituir tejidos. Así, en el año 1994 se aislaron y cultivaron por primera vez en el laboratorio células madre embrionarias humanas (CME) a partir de un blastocisto (embrión antes de implantarse en el útero materno). Los embriones utilizados para estos estudios se obtuvieron de pacientes tratados por procedimientos de fertilización *in vitro*, y donados para la investigación. Este descubrimiento marcó un punto de inflexión, donde los



avances científicos comenzaron a ser debatidos en los medios de comunicación por su profundo impacto social, cultural, ético y antropológico. En efecto, el potencial uso de estas células en medicina ofrecía alternativas para el tratamiento de diferentes patologías graves desde diabetes, infarto de miocardio, leucemias, Alzheimer, enfermedad de Parkinson, corea de Huntington, trasplantes, e incluso reconstrucción de órganos, y tejidos. Sin embargo, la manipulación de embriones humanos atenta contra raíces culturales y religiosas de una enorme comunidad de personas. Pero el camino ya estaba abierto y la ciencia tenía que encontrar nuevas estrategias.

En este punto es necesario definir con precisión el término “células madre”. Se refiere a células indiferenciadas, inmaduras, que pueden, bajo ciertas condiciones, dividirse indefinidamente y tienen la propiedad única de generar uno o más tipos de células diferenciadas (óseas, sanguíneas, epidérmicas, cutáneas, neuronas, etc.).

Como se aludió anteriormente, la procedencia de las células madre es lo que origina los principales conflictos éticos. Las CME tiene la ventajosa propiedad de producir cualquier clase de célula del cuerpo. Por este motivo son frecuentemente llamadas células pluripotenciales. Esta gran versatilidad las convertiría en el “medicamento ideal”. Pero, analizando las posibilidades de obtención de las mismas, este panorama se empaña y encuentra límites de prohibición legal en muchos países.

Estos colosales avances del conocimiento nos sitúan frente a fuertes dilemas éticos y jurídicos, ya que los blastocitos son considerados en muchas culturas y religiones seres humanos en potencia y por lo tanto con sus respectivos derechos.

En los países latinoamericanos, los códigos civiles de los diferentes países jerarquizan el embrión a la categoría de persona humana. En Argentina, por ejemplo, se establece que “la existencia de la persona comienza con la concepción en el seno materno”. Así es que estos individuos se consideran personas por nacer, y pueden adquirir derechos desde la concepción, como si ya hubiesen nacido. En el caso de Bolivia, su código civil señala que “la existencia de la persona empieza desde el nacimiento”. Este apartado es similar a lo manifestado en el código civil costarricense, que agrega el periodo de “300 días antes del nacimiento para considerarlo como nacido en todo lo que le

beneficie” (<http://www.derechoteca.com/codigo-civil-boliviano-1975.htm>). Por otro lado, en Colombia se realiza la categorización de persona en tanto natural y legal, siendo la primera cualquier individuo perteneciente a la especie humana y la segunda surge al nacer vivo. Sin embargo, en protección al no nacido, el código civil manifiesta que su protección será dictaminada por un juez cuando se considere necesario ([http://www.oas.org/dil/esp/Codigo\\_Civil\\_Colombia.pdf](http://www.oas.org/dil/esp/Codigo_Civil_Colombia.pdf)). Es en estos casos, en los que se considera al embrión humano como persona dentro del marco jurídico de algunos países latinoamericanos, que la experimentación con CME quedaría inhabilitada legalmente.

Es importante también mencionar que, además de los problemas éticos que conlleva la destrucción del blastocito, la aplicación biomédica de las CME requeriría una gran fuente de óvulos. Estos óvulos se obtienen en la actualidad de mujeres donantes que han sido sometidas a tratamientos hormonales no inocuos. Este hecho también genera controversia en términos de justicia social, ya que si bien persigue intereses de salud para el que reciba esta terapia, estaría atentando contra la salud de la persona donante de óvulos que se encuentra en la disyuntiva de balancear los riesgos/beneficios a los que debe someterse donde el dinero tiene un papel crucial. Este punto, aunque menos considerado, debe ser también lugar de fuerte injerencia de los Estados.

Respecto a la utilización de las células madre adultas (CMA), la situación es completamente diferente. Si bien estas células tienen menos versatilidad para convertirse en las diferentes células diferenciadas de nuestro organismo, pueden extraerse de tejidos adultos y cordón umbilical sorteando los dilemas sobre los derechos de los embriones. La FDA así como otros organismos contralores en Europa y Sudamérica advierten a la población que los estudios con ciertas células madres si bien son absolutamente prometedores, están en etapa de investigación. Estas advertencias son absolutamente necesarias pues proliferan clínicas que se aprovechan de la desinformación de la población y lucran con tratamientos ilícitos y potencialmente perjudiciales, cuyos resultados no han sido científicamente comprobados, ni presentan protocolos autorizados (FDA 2017; Grady y Abelson, 2019).

La segunda gran revolución en el área de las células madres vino de la mano del equipo de Shinya Yamanaka en el año 2006, quien des-

cubrió una técnica implementada para el desarrollo de células madre similares a las CME reprogramando células adultas y diferenciadas. Este desarrollo revolucionó de tal modo el conocimiento científico, que le valió ser galardonado con el premio Nobel de Fisiología o Medicina 2012 ([www.nobelprize.org](http://www.nobelprize.org)). A estas células se las llama iPS (induced pluripotent stem cell). El procedimiento implica la alteración genética de células adultas mediante la introducción de 4 genes específicos de células madre, responsables de controlar el proceso de diferenciación.

Aún no conocemos el alcance del impacto que tendrá este tipo de “edición y reprogramación” del genoma humano en futuras generaciones y al ser tan recientes y abrumadores estos descubrimientos, es esencial una estrecha y urgente vinculación de los científicos con los encargados de regular estas aplicaciones para que se pueda actuar en el sentido que corresponda en base a correcta información científica.

Llama la atención la velocidad con la que se llegó a experimentar en cerebros humanos este tipo de trasplantes. En la Enfermedad de Parkinson, por ejemplo, la muerte neuronal no puede ser detenida y mucho menos revertida con ningún fármaco hasta la fecha. Lo que convierte a ésta y otras patologías neurológicas en un blanco ideal de aplicación de las nuevas terapias celulares con iPS ya que ofrecen una alternativa única para que estos pacientes puedan renovar o generar células neuronales. En Japón se realizaron ya las primeras pruebas clínicas de trasplante autólogo (o autotrasplante) de neuronas proveniente de células iPS de pacientes con enfermedad de Parkinson (Stoddard-Bennett y Pera, 2020). Los resultados obtenidos a la fecha parecerían ser auspiciosos pero aún hay que esperar conclusiones más rigurosas que estarán disponibles los próximos años.

De este modo, se subsanaría el principal escollo para el uso de células madres multipotentes que es la manipulación de embriones humanos. A pesar del inmenso impacto que tuvo este descubrimiento que implica controlar el reloj biológico de una célula y poder contar con células similares a las embrionarias a partir de cualquier célula adulta de un individuo, su uso para trasplante autólogo está también en pleno desarrollo. Esto permite avizorar una ventaja única en el universo de los trasplantes ya que el sistema inmunológico no rechazará los trasplantes de células producidas a partir de células iPS del propio

paciente. En este sentido, actualmente hay numerosos proyectos de investigación para la construcción de órganos a partir de la siembra de células iPS con una bioimpresora 3D sobre biosoportos (Cui *et al.*, 2017). La complementación de tecnologías informáticas con la biotecnología roja traerá horizontes insospechados. Y en este punto, será nuevamente esencial la presencia de los Estados que tendrán que estar atentos y ágiles para evaluar adecuadamente los costos-beneficios de estas nuevas tecnologías.

### 3. Biotecnología Verde. Organismos genéticamente modificados (OGM)

Adopción de materiales genéticamente modificados e insumos requeridos para la optimización de su uso, empresas privadas e instituciones nacionales involucradas.

#### 3.1. Generalidades

La biotecnología verde es la aplicación de la ciencia y la tecnología a las plantas, sus partes y productos, con el fin de alterar materiales vivos o inertes para el desarrollo de conocimiento, bienes y servicios (Fuente: OCDE, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos).

Sin duda, uno de los productos del ingenio del hombre en su afán de dominar la naturaleza que causó más controversia desde la revolución verde, son los recursos agrícolas genéticamente modificados. La velocidad de su crecimiento e implementación generaron que la discusión, y la confusión, llegue a tal punto que se mezclen problemas que deberían tratarse por separado. En este sentido, y con el fin de ordenar la polémica que se genera en torno al uso de los OGMs, establecimos marcos referenciales de discusión de los aspectos conflictivos de este tema. Para esto proponemos abordar la discusión en los siguientes puntos: 1) objetivos de la obtención de OGMs, 2) impacto de los OGMs en el medioambiente, 3) derecho y libertad de uso de OGMs y 4) estrategias empleadas para su obtención. Asimismo, y debido a su fuerte injerencia en la región, se presenta una reseña de su situación actual y perspectivas futuras en Latinoamérica.

### 3.2. *¿Cuál es el objetivo de la obtención de OGM?*

Para iniciar el análisis creemos importante aclarar que los conceptos que aquí se discuten son válidos no sólo para los OGMs, sino también para aquellos productos obtenidos por metodologías clásicas, esto es, por cruce y selección. Así, definir el producto que se quiere obtener es en definitiva fijar los objetivos del desarrollo propuesto, independientemente de la tecnología que se decida utilizar. Pensemos que a ningún experto en mejoramiento de variedades, ni a las empresas que sostienen ese desarrollo, se le ocurriría seleccionar y comercializar una variedad que no aporte mejoras de alguna naturaleza. Es decir, se parte de la premisa de que todos los objetivos propuestos están sustentados en la solución de un problema o la mejora de alguna propiedad de un cultivo.

Sin embargo, aunque los objetivos y supuestos beneficios sean claros, las estrategias utilizadas de penetración del producto en el mercado y las voluntades involucradas en su aplicación, muchas veces desvirtúan el objetivo planteado inicialmente y encuentran en su camino situaciones complejas que pueden causar efectos no previstos, o multiplicar desmedidamente efectos considerados mínimos o marginales en etapas previas o posteriores a su utilización. Por ejemplo, pareciera no entenderse o terminar de aceptarse que para obtener una variedad que tenga alguna propiedad que le aporte algún beneficio al productor o al consumidor, se requieren más de 5 años de experimentación y selección, y varios millones de dólares para lograr llegar al mercado. Inversión que demanda naturalmente una satisfacción monetaria.

Por esta razón la incorporación de OGMs en las prácticas agrícolas de cualquier país, requiere una profunda y honesta evaluación de todas las consecuencias que puede tener su uso y que muchas veces no se realiza con la debida seriedad que el caso reviste, o al menos no en tiempo y forma. Y es en esos casos cuando pueden tener lugar situaciones conflictivas y posturas antagónicas que empañan o desvirtúan los objetivos planteados inicialmente.

Lamentablemente, en los países adoptantes de estos desarrollos en los que el nivel de educación y capacitación es baja, como es el caso de muchos países de Latinoamérica, estos efectos indeseables suelen no ser percibidos o no son debidamente evaluados, y las consecuencias negativas de su aplicación, uso o abuso, se detectan luego de varios

años durante los cuales los efectos pueden haber provocado consecuencias lamentables con muy difícil solución.

Es necesario que los países adoptantes de estas tecnologías dispongan de profesionales capacitados para evaluar la conveniencia o no de la adopción de estrategias particulares, y en caso de resultar beneficiosa, sean capaces de evaluar y controlar aquellas variables que pudieran tener algún efecto indeseable en el ecosistema en el que se la aplica. Esto es válido tanto para el producto biotecnológico específico final (v. g. arroz, soja, trigo, maíz, etc.) como para los productos auxiliares que pudieran necesitarse para garantizar el aprovechamiento de los beneficios esperados (v.g. herbicidas, bioproductos, otros agroquímicos, etc.).

En general el control de la manipulación de los OGMs está a cargo de instituciones estatales que fiscalizan la importación, distribución y uso (en términos cuantitativos) de estos productos biotecnológicos, pero no realizan un seguimiento estricto del modo de uso, ni estrategias de producción seguidas por los productores. Por este motivo, el mal uso de la tecnología o abusos de productos químicos asociados a la producción, suelen pasar inadvertidos, provocando situaciones inesperadas, que muchas veces tienen consecuencias graves.

Como ejemplo célebre puede citarse el uso del herbicida glifosato (conocido con el nombre comercial de Roundup<sup>R</sup>) en cultivos de soja RR (soja Resistente al Roundup<sup>R</sup>). El uso excesivo del herbicida no solo permitió la selección de malezas resistentes en forma prematura, sino que tuvo también consecuencias en el medioambiente y la salud humana, que no han sido aún debidamente evaluadas (Marcos 2019).

### *3.3. Impacto de los OGMs en el medioambiente*

Hablar del impacto del uso de OGMs en el medioambiente exige una mirada cuidadosa sobre el tema. En primer lugar, habría que definir qué se entiende por medioambiente y los procesos que allí tienen lugar. Esta definición requiere aceptar que en la naturaleza los procesos de transformación, cruzamientos e hibridaciones pueden ocurrir espontáneamente entre especies compatibles, sin la intervención de la mano del hombre. Justamente el desarrollo de la agricultura, la primera revolución verde, fue posible cuando el hombre aprendió

a seleccionar aquellas variedades que ofrecían algunas ventajas con respecto a otras. Lo que se hizo entonces, sin saberlo, fue seleccionar aquellas líneas genéticas que mostraban alguna ventaja perceptible, por intercambio o modificaciones genéticas espontáneas. Y aquí surge la palabra mágica “selección”. Desde el periodo paleolítico, el hombre aprendió a seleccionar aquellos fenotipos (conjunto de caracteres visibles que un individuo presenta como resultado de la interacción entre su genotipo y el medioambiente) que aportaban algún beneficio. Esto lleva también a aceptar que si se pueden seleccionar variantes de una especie, es porque hay en el medioambiente una rica biodiversidad genética que es reservorio de genes que pueden aportar propiedades benéficas o dañinas, para el hombre y su entorno natural. Lo interesante es que esta biodiversidad, así como los procesos de intercambio genético, existe con total independencia del hombre. Así, si la riqueza de un medioambiente depende de la biodiversidad, entonces tenemos que aceptar que la incorporación de genomas modificados contribuiría aún más a esa biodiversidad, incluso cuando el producto de esas modificaciones pueda no ser beneficioso para el hombre o para algunas otras especies. No debemos olvidar que plantas venenosas existen desde que hay vida en la Tierra y que siempre existen especies para las que son inocuas o incluso que las usan o se alimentan de ellas. Por esto, la demonización del uso y liberación de OMGs en ambientes agrícolas no tendría fundamentos teóricos categóricos. En el mismo sentido, la especulación sobre las consecuencias de la expresión de algunos genes en la salud animal o humana perdería sustento, ya que no considera que esos genes se encuentren en la naturaleza y en algunos casos en contacto directo, y desde hace mucho tiempo, con esas especies animales y el hombre. Sin embargo, allí no termina la discusión, ya que el impacto sobre el entorno natural no sería tanto por la mera presencia de los genes en cuestión, sino debido fundamentalmente a la explotación masiva de OMGs que contengan esos genes.

Mirando el problema desde un ángulo que no involucre a los OMGs, habría también que realizar una evaluación de las prácticas agrícolas llamadas “clásicas”. Hay una suerte de leyenda falsa sustentada en una deficiente información técnica, que lleva a hacer creer a la opinión pública, que las prácticas “agrícolas clásicas” son indiscutiblemente mejores y más respetuosas con el medioambiente que las nuevas propuestas que incluyen el uso de OMGs. Basta recordar

como ejemplo, que las variedades obtenidas por métodos clásicos requieren el uso intensivo de agroquímicos de todo tipo y los cultivos orgánicos presentan el riesgo de transmitir agentes patógenos.

Esta visión multidimensional lleva necesariamente a la evaluación global del impacto que una agricultura clásica, orgánica o que utiliza OGMs puede tener en el medioambiente, la sanidad vegetal, animal y humana.

### ***3.4. Derecho y libertad de uso de OGMs***

Otros de los aspectos que generan situaciones conflictivas es la discusión en torno a la accesibilidad de estos productos. En este punto es preciso también aclarar ciertos aspectos que deben ser tenidos en cuenta. Por un lado, se puede entrever el derecho de uso de estos productos a todos los productores que así lo deseen, pero por otro lado, este derecho colisiona con la dificultad de acceder a los mismos debido al costo que implica la obtención de OGMs.

Como mencionamos antes, la obtención de un producto competitivo de base biotecnológica, requiere una inversión de varios años y millones de dólares para su desarrollo y que las empresas, con justa razón, pretenderán resarcirse. Lo que pareciera difícil de aceptar es que el costo del producto está en relación directa con el grado de innovación tecnológica que el producto implica, los beneficios que aporta, los problemas que soluciona, el aumento de rindes prometidos, etc. Cabe reiterar que esta situación no difiere sustancialmente de productos obtenidos por metodologías clásicas, por lo que no debiera recriminarse esta problemática sólo a estas nuevas estrategias biotecnológicas. Es por esto importante dejar bien establecido, que el supuesto conflicto por el acceso a la tecnología, no se establece por la tecnología en sí misma, sino por la capacidad de los consumidores de apropiarse de la misma.

En el caso del uso de los OGMs, enmarcado en un sistema de mercado competitivo, si el desarrollo biotecnológico asegura mejores rindes, promete soluciones a problemas fitosanitarios, o reducción de costos de producción, no debería condenarse a aquellos que decidan utilizar esa tecnología, siempre y cuando no generen perjuicios a los que no puedan acceder a la misma. En este último caso, el tema pasa-



ría entonces, no por el uso en sí del producto, sino por los perjuicios que el uso de un producto o una tecnología podría acarrear a los que no la usan. Un caso típico vuelve a ser el uso del glifosato en cultivos de soja en relación a cultivos convencionales. El uso del herbicida en forma imprudente y extensiva afecta a productores que decidieron no usar o no pudieron acceder a la semilla transgénica. Esta situación genera un nuevo conflicto de serias y complejas consecuencias. La pregunta que surge es ¿Cuál sería el reclamo de los productores que no accedan a las nuevas tecnologías si aquellos que la usan lo hicieran bajo estrictas normas de buenas prácticas? ¿Tendrían derecho a algún reclamo?

Esta situación se ve reflejada claramente en otros tipos de desarrollos. Se trata de productos que a diferencia de la situación planteada con la soja RR, que requiere el uso del glifosato, no requieren el uso de agroquímicos extras, como es el caso del maíz Bt y todos aquellos que hayan incorporado la tecnología Bt. Frente a esta estrategia biotecnológica el reclamo quedaría reducido a la mera incapacidad de acceder a la misma.

Todo esto pone en evidencia que el argumento conflictivo se establecería entre el justo reclamo de las empresas involucradas en el desarrollo para resarcirse de la inversión realizada y el grado de accesibilidad al producto por parte de los agricultores. En principio no debería ser fuente de conflicto el solo hecho de que algunos productores puedan acceder a esa tecnología y otros no, pero la discusión supera esos límites.

Es allí donde adquiere gran importancia la participación del Estado, quien debe regular e implementar, a través de mecanismos jurídicos claros, normas o procedimientos que permitan a los potenciales consumidores de esas tecnologías acceder a las mismas. Esto es central para las economías regionales, puesto que si el producto utilizado brinda los beneficios prometidos, rendirá productos de mayor calidad, competitivos a nivel internacional, en detrimento de variedades menos productivas, o más susceptibles a plagas o enfermedades.

Esta situación pone en evidencia que, en realidad, todo desarrollo tecnológico que tenga impacto sobre la sociedad, tiene que ser regulada por el Estado y a la vez impulsarlo a estudiar e implementar nuevos sistemas de regulación para alcanzar un equilibrio entre las justas

ambiciones empresariales, las necesidades reales de la población y una previsión de sostenibilidad ambiental. En este sentido el control del cumplimiento de las condiciones y especificaciones de uso establecidas para cada caso debe ser responsabilidad del Estado.

Aunque algunos países de Latinoamérica disponen de instituciones estatales habilitadas y capacitadas para realizar este tipo de control, no hay evidencia de que sean efectivas, ni que cumplan con los objetivos propuestos. Son muy frecuentes por un lado, las denuncias de las empresas comercializadoras y distribuidoras de estos productos por infracciones a las reglas de protección de la propiedad intelectual, como así también de diferentes ONGs que advierten de los riesgos del mal uso de esta tecnología. Esto pone de manifiesto un Estado permisivo y poco atento al cumplimiento de las normas internacionales consensuadas de uso de estos productos.

Párrafo aparte merece el tema de la libertad y el derecho de los consumidores a elegir o no productos que utilizan OGM en su formulación o como materia prima para su obtención. Un cuerpo cada vez más voluminoso de reclamos se está acumulando en materia de obligar a aquellas industrias que comercializan productos que contienen OGMs de mencionarlos expresamente en la etiqueta. Este simple hecho, que otorga a los consumidores que no quieren consumir productos alimenticios que contengan en su composición productos transgénicos el derecho a elegir, colisiona con la obligatoriedad de incorporar en las etiquetas información sobre el origen y tipo de materia prima utilizada, además de toda la otra información nutricional a la que ya están obligadas, incrementando costos de mercado y haciendo más ilegible la etiqueta ya atiborrada de información. Esta situación expone otra vez un conflicto activo que enfrentan los actores sociales involucrados tal como revisa Borges *et al.* (2018).

### ***3.5. Estrategias empleadas para su obtención***

Si nos centramos en aquellos desarrollos que utilizan la expresión de genes foráneos o la “sobre-expresión” de genes propios, podríamos observar que también pueden establecerse algunas diferencias aparentemente sutiles, pero que con el uso del producto pueden originar comportamientos del mercado o de los usuarios que llegan a ser francamente perversos. Tales son los casos de aquellos OGMs que

requieren el uso de otros productos para manifestar los beneficios prometidos por ejemplo el caso de la soja RR. En la variedad de soja RR se insertó el gen que expresa una enzima (molécula que regula reacciones químicas) que proviene de una bacteria del suelo que es insensible al glifosato. Esta nueva enzima para la planta le confiere la capacidad de crecer en presencia del herbicida. En este caso, la variedad transgénica resistente a glifosato permite el uso de este herbicida para eliminar las malezas que afectan al cultivo pero sin afectar a la soja propiamente. Esta estrategia aportó un beneficio indudable a la producción de soja, no solo por la posibilidad de eliminar malezas, sino también por la implementación de la técnica agrícola de siembra directa. Sin embargo acarrea dos problemas muy serios que llegan a límites inaceptables. Uno de ellos es la dependencia que se generó para el uso de glifosato, herbicida que era producido por la misma empresa que desarrolló la soja transgénica (Monsanto®), aplicando una estrategia de mercado perfecta y “perversa” que amordazó a los productores y usuarios de esta variedad de soja al uso de glifosato. El otro fue que el uso extensivo de ese herbicida afectaba cultivos no RR y de cualquier otra especie que se encuentre en las cercanías de lugar donde se cultivan las variedades RR, afectando incluso la salud humana y animal con consecuencias en el medioambiente (Raman, 2017).

Por otro lado, están aquellos productos transgénicos cuya estrategia consiste en expresar genes que otorgan propiedades de resistencia a plagas o enfermedades y que no requieren el uso de ningún producto extra. Es más, este tipo de OGM suele evitar o disminuir el uso de agroquímicos que normalmente se usan para controlar esas enfermedades o plagas. Este es el caso del maíz Bt (proteína paraesporal Cry de la bacteria *Bacillus thuringiensis*) que otorga a las plantas resistencia a los barrenadores de tallo, una plaga producida por larvas de los lepidópteros *Diatraea saccharalis* y *Ostrinia nubillas* (Blanco *et al.*, 2016). En este último caso se puede considerar que el uso de estas variedades, en tanto eviten el uso de plaguicidas tóxicos no biodegradables, contribuyen positivamente a la protección del medioambiente y no afectaría a cultivos no transformados con la proteína Cry. Otro ejemplo son las variedades resistentes a enfermedades fúngicas que se logran por sobre-expresión de genes endógenos (ya existentes, homólogos) en las plantas, u otros genes de otras especies (heterólogos) que codifiquen genes de glucanasas, xilanasas, lipooxigenasas u otros, que

protegen a las plantas contra el ataque de diversos hongos patógenos causantes de serias enfermedades en los cultivos. En este caso también, como en el caso del maíz Bt, se trata de tecnologías que no solo no requieren el uso de ningún agroquímico, sino que evitan el uso de fungicidas muy utilizados en la mayoría de los cultivos. La crítica a esta estrategia es que estos cultivos pueden afectar especies de insectos que se alimentan de estas plantas alterando la biodiversidad.

Otro ejemplo duramente combatido, pero que desde el punto de vista medioambiental resulta inocuo, es el caso del “tomate larga vida”. La tecnología consiste en expresar un gen que codifica para la enzima poligalacturonasa, que el mismo tomate tiene, y participa en la maduración. Pero en lugar de expresarlo en la dirección correcta del código genético lo hace con una secuencia invertida (antisentido) del gen natural endógeno. El efecto que se logra es evitar la producción de esta enzima y por lo tanto evitar o retrasar el proceso de maduración del fruto. En este caso, el beneficio se logra por “supresión” de una función, y sin la necesidad de la incorporación de ningún gen exógeno o producto químico. Con esto se evita la crítica de algunos grupos ambientalistas que alertan sobre los cambios impredecibles que podrían inducirse en el genoma de las plantas en las que se expresan o sobre-expresan genes exógenos. Así como este ejemplo, pueden darse una larga lista de OGMs que cumplen aceptablemente con muchas condiciones de seguridad ambiental y nutricional pero que sin embargo siguen siendo discutidos, principalmente por desconocimiento de la tecnología que implica.

A todo lo dicho anteriormente no se puede dejar de mencionar que, independientemente de la tecnología empleada (clásica o por ingeniería genética), los criterios de selección son los que permitirán obtener variedades con mayores rindes, más grandes, más jugosas, más secas, fibrosas, dulces, resistentes a salinidad, a heladas, etc. Es en esta instancia en la que se definen las características deseadas del producto final, y esos criterios pueden estar fijados no solo por el valor intrínseco del producto que se intenta obtener, sino también por el mercado, que muchas veces demanda condiciones que otorgan al producto características especiales, y muchas veces no deseadas. Por ejemplo, en el caso del tomate “larga vida”, al que se le atribuye pérdida de sabor, aumento de fibras y sólidos solubles, es un producto

que buscó satisfacer requerimientos de mercado generando beneficios en los eslabones de la cadena de producción, dada su mayor duración.

### *3.6. Situación y perspectivas en Sudamérica*

Como el uso de OGMs involucra muchas variables y de diversa naturaleza que afectan las economías y costumbres de los países expuestos a la decisión de su adopción, a continuación, y a modo de una rápida evaluación, se menciona brevemente la situación en que se encuentran los países sudamericanos. Es importante aclarar que como se trata de un tema “caliente” con un fuerte impacto en las economías regionales, está en permanente discusión y ebullición, por lo que el estado actual del uso de OGMs en cada país puede haber cambiado desde que se escribió este artículo. Se recomienda la consulta de los siguientes sitios webs: <https://www.alainet.org>; <http://www.isaaa.org>; <https://www.cepal.org>; <https://www.sciencedirect.com> y <http://www.fao.org> para una mayor información.

A partir de los informes realizados por la CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) se puede concluir que hay aspectos del desarrollo de los países latinoamericanos que deben ser atendidos con especial cuidado para no profundizar conflictos ya expuestos en algunos países como Brasil, Argentina o México, o incipientes como en otros países latinoamericanos que aún no se visibilizaron por el atraso en la incorporación de nuevas biotecnologías aplicadas a la agricultura, ganadería o salud, como ser Venezuela y Ecuador, o que se adoptaron en forma irregular o con un deficiente control de instituciones gubernamentales como ser Paraguay.

Este análisis permite ver claramente que hay dos aspectos que pueden generar conflictos, y que de hecho ya entraron en colisión, en aquellos países que adoptaron las nuevas tecnologías. Se trata por un lado del principio de conservación de la biodiversidad y por otro la incorporación de biotecnologías para proveer alimento de calidad a la población local y mundial y esto en Latinoamérica es fundamental, ya que en esta región del mundo se concentra el 40% de la biodiversidad del planeta (Alonso, 2019). Por lo tanto, se vuelve imperativa la generación de espacios y foros de debate donde se discuta el modo de implementación de los OGMs pero sustentado en el respeto a la biodiversidad y adecuados a cada país o región fitogeográfica. Esto

permitiría incorporar en el debate todos los elementos que contribuyan a optimizar la implementación de las nuevas tecnologías y así evitar caer en una controversia irresoluble.

Se debería propender a un estilo de desarrollo sostenible, evitando cualquier sesgo recesivo para las economías locales y regionales, perniciosas asimetrías tecnológicas que conducen inevitablemente a profundizar desigualdades, y finalmente a una crisis socioambiental. Esto no puede ser posible sin la implementación de políticas educativas a todo nivel, que incorporen en el bagaje cultural de las poblaciones expuestas, principios, conceptos y herramientas válidas que permitan hacer frente a los problemas que plantea el imparable desarrollo tecnológico, que puede tener gran impacto, positivo o negativo en el desarrollo sustentable de los países adoptantes de biotecnologías.

Es un hecho que el desarrollo tecnológico en agricultura y en salud está fuertemente asociado al nivel de educación e inversión que realizan los Estados en ellos. Hoy nadie duda que el desarrollo tecnológico sea el motor del desarrollo de cualquier país, pero lamentablemente es en Latinoamérica donde la inversión en educación, salud y desarrollo tecnológico es muy desigual. Este defecto se traduce en la imposibilidad de implementar estructuras de desarrollo complejas que puedan incorporar en forma armónica y razonable desarrollo sustentable y biotecnologías. La inversión en investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) de la región financiada por los gobiernos o fuentes de financiamiento privada es ínfima. Se puede observar que, aunque en algunos países de Latinoamérica la investigación científica tiene algún grado de desarrollo, no hay duda que es en los países avanzados donde tiene lugar el desarrollo de las tecnologías que luego son adoptadas e implementadas en todo el mundo, sin tener en cuenta las economías regionales y el sustrato sociocultural donde se pretende utilizar estos desarrollos (ISAAA, 2016).

En esta discusión también es interesante tener en cuenta la capacidad y el nivel de patentamiento de las naciones de la región. Este aspecto, que pareciera que se concentra solamente en desarrollos tecnológicos basados en investigación científica, también debe ser considerado y explotado adecuadamente para poner en valor el conocimiento disponible y promover su utilización por las comunidades locales. Muchas veces los conocimientos desarrollados por los pueblos originarios

por centurias, sobre el uso del germoplasma local como alimento o medicina, control de plagas y otras técnicas agropecuarias, suelen ser adquiridos por compañías multinacionales que terminan patentando y comercializando este desarrollo tecnológico solo para su propio beneficio. Esta cuestión está, otra vez, vinculada a la educación y capacitación técnica que permitan a los habitantes de estos pueblos, a través de políticas estatales, implementar y mejorar el nivel de patentamiento para poner en valor recursos tecnológicos locales. En este sentido se puede mencionar que Brasil es el país latinoamericano que más patenta y el Uruguay tiene el mejor desempeño per cápita (CEPAL, 2016).

Los países de Latinoamérica deberían aplicar políticas de educación que fortalezcan la generación de recursos humanos altamente calificados para que puedan impulsar el desarrollo tecnológico de la región. Esto otorgaría a los pueblos herramientas para mejorar la relación entre el número de investigadores científicos y técnicos por habitante y con ello poder entender, evaluar, proponer y aplicar biotecnologías adecuadas a cada país. Esto último también favorecería el aporte y complementación que puede llegar de la inversión privada. De hecho, en cada región existen proyectos que despiertan gran interés de empresas privadas que pueden aprovecharse para generar vínculos para el desarrollo agrícola.

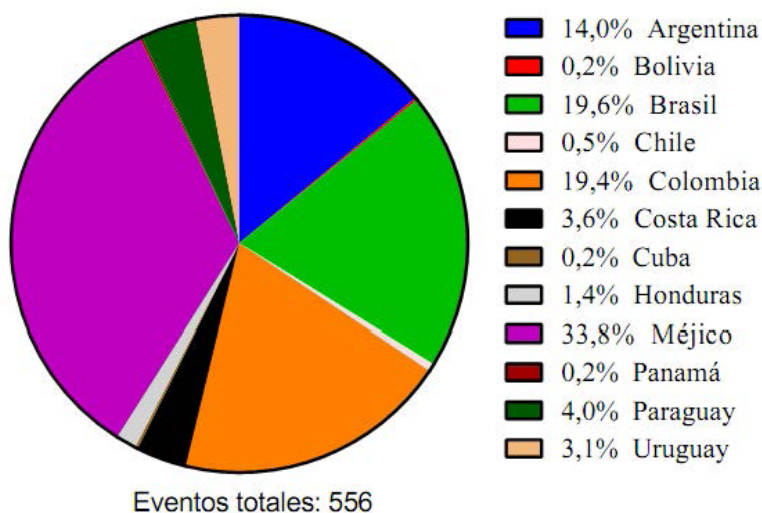
La inversión pública en investigación y desarrollo juega un rol fundamental en la difusión de las biotecnologías que pueden, en caso de ser implementadas adecuadamente, ser un motor considerable de progreso en los países en vía de desarrollo.

Los países de la región, sobre todo Brasil, y en menor medida Argentina, Uruguay y México, han registrado un fuerte aumento de su productividad agrícola debido a la incorporación del progreso técnico y la mejora de la eficiencia. Lo interesante es que ese aumento de la productividad agrícola promovido por la innovación es fundamental para el cambio estructural y el desarrollo económico de cada país. También es importante destacar que las organizaciones regionales pueden ser protagonistas del desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación en el sector agrícola.

La autorización para la comercialización de un cultivo transgénico está a cargo de las autoridades ministeriales. Pero es importante aclarar que no es solo el cultivo transgénico el que recibe la autorización sino

también el evento de transformación genética, o simplemente “evento”. Un evento es una recombinación o inserción particular de ADN ocurrida en una célula vegetal a partir de la cual se originó la planta transgénica. Los eventos que han sido aprobados para su comercialización, cultivo e importación, si bien bajo diferentes legislaciones y condiciones, en todos los casos se los consideró como seguros. En la figura 2 se indican los eventos (556 de eventos totales) discriminados por países en Latinoamérica y el Caribe hasta octubre de 2019. Por otra parte, a modo de referencia, en Estados Unidos se han aprobado 205 eventos y en la Unión Europea 109 eventos hasta la fecha (octubre 2019).

**Figura 2**  
**Eventos de cultivos modificados genéticamente aprobados**  
**en países de Latinoamérica y el Caribe**



*Fuente:* Elaboración propia a partir de la base de datos pública de la ISAAA  
(actualizado octubre de 2019)

#### 4. Impacto de los avances biotecnológicos en la Subjetividad

Los avances en innovación biotecnológica como se fue desarrollando anteriormente, es posible por otro lado, analizarlos a la luz del



sistema capitalista y el discurso que se despliega en función del mismo. Este discurso es productor de nuevas subjetividades, impulsando un desplazamiento de la posición de *sujeto-ciudadano* hacia una posición de *objeto de consumo* y privado de toda elección, quedando así en la frontera y en los bordes de los lazos con los otros; con un Estado debilitado en su función de regulador y amparo de lo humano. Aparecen así entrelazados economía, sujeto y tecnología, lo que conlleva a serios peligros que se ciernen sobre el sujeto, cuando es tomado por ese enorme dispositivo creado por la alianza entre el ideal científico, los avances de la técnica y las exigencias del mercado capitalista.

Así en este contexto, el discurso capitalista encarnado en las grandes corporaciones, encuentra su terreno fértil para desplegar su maquinaria tecnológica a favor del capital y el autoconsumo, pero restringiendo el acceso y dejando fuera a muchos habitantes, sobre todo en países subdesarrollados, sin posibilidades de gozar de derechos y oportunidades para cubrir sus necesidades básicas, principalmente en materia de Salud.

Si bien no es central en este capítulo analizar el impacto de la economía en el mundo de la subjetividad, no podemos dejar de subrayar el malestar producido por esta economía de mercado, cuya consecuencia es un consumo excesivo con la promesa de una mejor vida en la medida que el ser humano pueda tener acceso a éste de manera ilimitada. Esta economía se centra en la acumulación excesiva de objetos que ofrece el mercado, pero que al mismo tiempo aumenta la insatisfacción del sujeto. Esta insatisfacción se debe a la misma estructura subjetiva de los seres humanos, que siempre irán a la búsqueda de un objeto tras otro, intentando llenar y satisfacer los requerimientos de la vida sin conseguirlo plenamente. Aunque esto es estructural, inherente al discurso mismo, la vía propuesta por la economía de mercado, instala una lógica que rompe el vínculo social: el consumo. La consecuencia de esto se manifiesta en la agresión al otro por la disputa de los objetos, y la dificultad para establecer vínculos sociales debido al individualismo del consumo. Patológicamente observamos un aumento de los cuadros depresivos, y de trastornos asociados: bipolaridad o estados límite, con el consecuente uso de fármacos e industrias farmacéuticas que hacen de la salud y el bienestar, un negocio millonario.

Las causas de esta problemática conducen al análisis de los elementos que introduce el actual modelo económico, cuya lógica implica una economía de libre flujo de capital, que requiere de la desregulación del Estado, lo que se traduce en el debilitamiento de las instituciones. Asunto que se sostiene ideológicamente en la concepción del sujeto libre y autodeterminado, para el que los patrones de identificación se hacen inestables. Se torna necesario entonces, analizar este modelo económico a la luz de la estructura sobre la que se asienta.

Por otro lado, numerosos estudios muestran la inmoral apropiación del material genético humano; la extensión de los derechos de propiedad intelectual al material genético amenaza con instrumentalizar al ser humano, desintegrando los elementos que lo componen, conforme a las necesidades del mercado. Al permitir patentar secuencias de genes sin siquiera conocer su función o utilidad, se está infringiendo un golpe mortal a la investigación y a la ética.

Uno de los fundamentos más sólidos de los derechos de propiedad industrial (premiar el esfuerzo innovativo, lo que a la postre deriva en un beneficio general para la humanidad), estaba fuera de discusión hasta tiempos recientes, pero las imposiciones de los sectores económicos han llevado a cambiar las reglas de juego en la interacción Estado - Empresa privada - Sector científico - Sociedad. Esto se nota, como se vino desarrollando, en el campo de la moderna biotecnología, rama muy lucrativa para la actividad empresarial. El material genético humano se ha convertido en materia prima esencial para la nueva “industria genómica”. Otra vez volvemos a tener otro ejemplo de lo humano, transformado en objeto o mercancía.

#### ***4.1. Las empresas y su Responsabilidad Social***

El concepto de Responsabilidad Social Corporativa (RSC) es un tema ampliamente debatido en el mundo, de importancia creciente, y que provoca, según el actor o disciplina que lo analice, convergencias o disidencias en su enfoque y aplicabilidad. La dificultad principal puede residir, precisamente, en cómo acotar, cómo definir y cómo fijar sus límites máximos y mínimos. Muchas veces, cuestiones ideológicas extremas pretenden asignarle a la RSC alcances casi insospechados, mientras que, en el otro extremo, la reducen a la mera generación de utilidades.

La “responsabilidad” del empresario es un tema presente en la región desde principios del siglo XX, luego de la segunda guerra mundial y el vínculo tradicionalmente reconocido entre la empresa y la sociedad estaba marcado por acciones filantrópicas (caridad). Con el tiempo, esta concepción fue evolucionado y la RSC empezó a integrarse como parte de la gestión de negocios y dentro de un concepto más integral, con la denominación más reciente del concepto “Sustentabilidad” sostenido en sus tres pilares: económico, social y ambiental.

Las iniciativas claves en esta línea se iniciaron recién en la década de los noventa, aunque todavía se nota la fuerte presencia de la filantropía, hubo un avance considerable en los últimos años en la región sobre el rol de la empresa en la sociedad; donde normativas, como por ejemplo la norma ISO 26000 de Responsabilidad Social, impulsan un debate de las “buenas prácticas” y su aplicabilidad en el sector privado.

Entonces la RSC supone una visión de los negocios que incorpora el respeto por los valores éticos, las personas, las comunidades y el medioambiente, materializándose a través del desarrollo de acciones y programas relacionados con la geografía y la comunidad en la que se encuentra inserta la empresa.

Siendo así ¿Es posible pensar una empresa separando su proyecto económico de la inserción social y la participación en la comunidad? Si bien la respuesta sería un no, la realidad todavía muestra distancias considerables en el entrecruzamiento necesario de lo económico y lo socio-ambiental. Quizás sea necesario volver a replantear con los empresarios, el supuesto “gasto adicional” que la RSC conlleva para fortalecer el concepto de “inversión” y “Sustentabilidad-Sostenibilidad” en términos más integrales.

La interrelación permanente de las herramientas tecnológicas y la revolución de las comunicaciones, hicieron que el accionar, tanto del sector privado como del público, esté “bajo la mira o bajo la evaluación” de la sociedad en su conjunto. Algunas empresas enuncian acciones que denominan de Responsabilidad Social Empresaria, cuando sólo cumplen con su obligación (por ejemplo reparar el medioambiente cuando es dañado por la explotación). Simultáneamente, otras empresas tienen comportamientos saludables orientados hacia la comunidad, que podrían ubicarse bajo el título de “socialmente responsables”, pero

no lo comunican interna o externamente, ni lo gestionan como una actividad incorporada a la actividad empresarial. Mantener y conservar el medioambiente es un costo de explotación más, asimilable a los otros costos de fabricación de un producto o armado de un servicio. Lo que está vedado para el ciudadano común (persona física), no puede estar permitido para el ciudadano-ente jurídico-empresario. De allí, el concepto sistémico e integral de la Responsabilidad Social Empresarial: no son acciones aisladas, no es un puñado de buenas declaraciones o apariciones impactantes en la prensa por eventos determinados. Es una cultura, es una filosofía de hacer negocios, es elegir políticas sustentables con las cuales la empresa se insertará en la comunidad.

#### ***4.2. La Responsabilidad Social Corporativa, entre un discurso políticamente correcto y el compromiso verdadero con la sociedad***

Como se vino desarrollando en el presente capítulo, actualmente muchos aspectos distan de lograr un bienestar del ser humano en este planeta y donde el progreso tecnológico trajo avances importantes, pero también grandes riesgos para la humanidad y el ambiente.

Si bien la última década muestra esfuerzos de los organismos internacionales en preservar nuestra evolución como sociedad, como se analizará más adelante, no dejan de ser esfuerzos declamativos y de poco compromiso ético con el resguardo de la vida. Así nos encontramos con lo siguiente:

- La retórica aún precede a la práctica, tanto en las expresiones de las empresas como en varios códigos y estándares, que son simplemente amplios enunciados de intención y no procedimientos operativos que incluyan verificación. La intensidad en el marketing alrededor del tema RSC puede ser usado como una pantalla para justificar a las empresas: la nueva ola del “greenwashing” o ecoblanqueamiento, son simples enunciados cosméticos que no significan un cambio en el impacto de las operaciones de las empresas.
- Todas las iniciativas son voluntarias y por lo general no existe monitoreo independiente ni sanciones firmes por el incumplimiento de compromisos.

- La mayoría de tentativas de RSC a la fecha se han concentrado en empresas de consumo de alto perfil en los países del Norte, olvidando la gran mayoría de empresas del mundo. Asimismo, las iniciativas de RSC tienden a orientarse a la resolución de problemas específicos de reputación de una empresa y no en integrar el tema dentro de la gestión empresarial.
- Los consumidores, ONG y empresas de los países del Norte han liderado las iniciativas de RSC, lo que refleja un favoritismo hacia sus estándares e intereses. Algunos grupos temen un imperialismo que no refleje la complejidad social y económica de los países en desarrollo. Los gobiernos del Sur también temen que la RSC tenga un efecto de barrera arancelaria que se utilice para limitar la competencia.
- Muchas empresas y organizaciones biotecnológicas no realizan procesos de consulta con públicos interesados, y esta ausencia es paradójica dado el compromiso general de RSC hacia la participación de los actores de interés.
- Algunas empresas y organizaciones no tienen en cuenta los derechos fundamentales del trabajo de la Organización Internacional del Trabajo. Aunque los derechos de libre asociación y de negociación colectiva son fundamentales, varios códigos, especialmente los que desarrollan las empresas, no los mencionan.
- Los públicos interesados del sector laboral no participan en el desarrollo del tema. No se tienen en cuenta las prioridades de los trabajadores mismos, porque tanto los códigos como las empresas carecen de los mecanismos de consulta suficientes para que la administración comprenda las necesidades e intereses de los trabajadores.
- A pesar de la proliferación de códigos y estándares, la aplicación actual es mínima si se tiene en consideración el volumen total del sector empresarial.

En Argentina por ejemplo, se cuenta con unas 120 empresas dedicadas a la producción de biotecnología que se concentran en distintos campos productivos, entre los que sobresalen los medicamentos y otros insumos para el cuidado de la salud humana, la producción de semillas y micropropagación, la sanidad y manejo ganadero y la reproducción humana asistida. Tanto el número de firmas como su

desempeño relativo, son similares a las registradas en otras economías de desarrollo intermedio. Si bien constituyen una aceptable base productiva, no tienen la significación técnica ni la magnitud económica que alcanzan en las economías desarrolladas (Anlló *et al.*, 2011).

Por otro lado, pocas empresas conocen sobre los estándares de cumplimiento en cuanto a normas ISO 26000 de Responsabilidad Social, como también la información y estadística en materia de RSC que es fragmentada y no actualizada.

### *4.3. Avances y desafíos de los acuerdos internacionales*

En el año 2015, se produjeron diferentes eventos de gran relevancia e importancia, fundamentales para el desarrollo de nuestras sociedades actuales:

En primer lugar, hay que mencionar el Acuerdo del Clima de París, que es un acuerdo con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático que establece una serie de medidas como la mitigación y adaptación, para combatir los efectos del Calentamiento Global. Su aplicabilidad sería para el año 2020, cuando finaliza la vigencia del Protocolo de Kyoto. El acuerdo fue negociado durante la XXI Conferencia sobre Cambio Climático (COP 21) por los 195 países miembros, adoptado el 12 de diciembre de 2015 y abierto para firma el 22 de abril de 2016, para celebrar el Día de la Tierra.

En segundo lugar, tenemos la aprobación de los 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible aprobado por las Naciones Unidas con metas a cumplir hacia el 2030 en materia de derechos humanos, ambientales y sociales, a los que la Justicia deberá también ir tutelando, por la cual será crucial su Responsabilidad y el ejercicio de sus facultades para el cumplimiento. El objetivo N°16 es la Justicia, que por primera vez aparece claramente entre sus objetivos: “Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar el acceso a la justicia para todos y crear instituciones eficaces, responsables e inclusivas a todos los niveles”. Esto sin duda, es una gran oportunidad para el Poder Judicial pero también conlleva grandes desafíos.

En tercer lugar, la presentación de la Encíclica Papal *Laudato si'*, documento político que trasciende la esfera de lo religioso y se pro-

nuncia exponiendo las grandes deudas que todavía la humanidad tiene, para lograr un camino de desarrollo sostenible en el planeta.

Ahora bien, en este contexto de acontecimientos trascendentales, sin lugar a dudas será necesario re-situar el lugar de la Justicia y la Biotecnología a la luz de los avances tecnológicos actuales y los aportes a estos tres aspectos mencionados.

Por otro lado, es innegable que el desarrollo científico en este último siglo ha enriquecido las posibilidades de conocimiento, transmisión y resolución de problemáticas que enfrenta nuestra civilización, pero también en paralelo se fueron desplegando excesos en el uso de los recursos que tiene el planeta, poniendo en jaque el lugar de lo que es “justo o injusto”, a “favor o en detrimento” de lo que se supone debería aportar, para mejorar las condiciones de vida en nuestras sociedades.

Surgen así interrogantes como por ejemplo: ¿Cuánto de “Bio” encontramos en el desarrollo tecnológico actual? ¿Cómo se fue dando la intervención de la Justicia en tales avances o retrocesos? ¿Hemos avanzado efectivamente en la mejora del servicio de Justicia para la ciudadanía?

Sin duda, responder a estos interrogantes requiere de análisis profundos, involucrando miradas multidisciplinares para precisar con detenimiento la situación actual imperante en la temática. Sabemos que en Argentina, solo la ciudad de Buenos Aires avanzó en desarrollar Programas de Responsabilidad Social en el Poder Judicial, donde el Consejo de la Magistratura puso en marcha en 2013 y de forma sustentable un programa de Responsabilidad Social, a partir del cual inició el desafío de ser una institución judicial pionera en esta temática, no solo en Argentina, sino también en el mundo (Kliksberg, 2017).

En Latinoamérica también se pueden ver avances en algunos poderes judiciales como es el caso de México, Perú, Costa Rica, donde vienen implementándose políticas vinculadas a la visión de la responsabilidad social llevando adelante programas de protección a la biodiversidad de la tierra, uso de los recursos (agua y energía sobre todo) y vulneración de derechos (trata, explotación sexual, abuso de niños).

Sin duda ante tantos cambios económicos, sociales y políticos por los que transitamos, el papel de la Justicia es interpelado, sacudido y llamado a intervenir con las nuevas aplicaciones tecnológi-

cas y la revolución de nuevos paradigmas. En campos como, el de las ciencias médicas, la comunicación y la tecnología aplicada al mundo de la manipulación genética, y aquellas derivadas de la reconstrucción del mapa genético del ser humano, el rol de la Justicia es fundamental.

Las distintas cumbres mundiales y tratados internacionales hablan de planeta en riesgo, exhortando a la intervención urgente para restaurar el equilibrio de los tres componentes que evidencian una sociedad sustentable: equilibrio económico, social y ambiental, para no dañar los recursos de las próximas generaciones.

La tecnología avanza cada día a pasos agigantados, donde la Soberanía Alimentaria de los pueblos, sobre todo de los subdesarrollados como es Latinoamérica, se encuentra profundamente afectada, donde paradójicamente la más alta tecnología no ha frenado el hambre. Se pueden producir actualmente alimentos para 12 mil millones de personas, cuando la población mundial es de 7.5 mil millones; sin embargo, tenemos 800 millones de personas con hambre en el mundo, de los cuáles 186 millones están en Latinoamérica (FAO, 2017).

Es por esta razón que la evaluación de las consecuencias del uso de las biotecnologías en los países desarrollados y en los subdesarrollados adquiere una importancia extrema, ya que está fuertemente ligada a la calidad de vida, bienestar, salud, educación y nivel de bienestar de comunidades y países.

Estudios recientes realizados por la CEPAL sobre el estado actual del desarrollo científico y tecnológico en Latinoamérica y el Caribe, exponen con claridad la situación de los países de esa región en relación con países desarrollados que generaron y adoptaron esas nuevas tecnologías. Es interesante el análisis que se realiza vinculando la capacidad de los países en desarrollar y adoptar las nuevas tecnologías, con el nivel de educación y de inversión de los gobiernos a la investigación básica y aplicada, como así también al desarrollo de tecnologías apropiables y a la capacitación para su utilización. Las conclusiones indican, que si bien los resultados dependen del tipo de tecnología en particular que se tenga en cuenta, hay una correlación directa entre el estado actual del desarrollo científico y tecnológico y el nivel de educación e inversión de los Estados en la capacitación e investigación.



Las consecuencias que se observan son los bajos niveles de educación, y la falta de capacitación e inversión en el desarrollo científico que lleva inexorablemente, en los países adoptantes de esas tecnologías, a la dependencia de los países productores de tecnología; o bien, la privación de su uso en los países que no logran adoptar las nuevas tecnologías, lo que lleva a la incapacidad de penetrar mercados cada vez más competitivos.

Esta situación expone grandes asimetrías entre los países que disponen de los medios adecuados para desarrollar o adoptar las tecnologías, con respecto a aquellos que por diversas razones no pueden lograr esos objetivos, lo que da lugar al planteo de situaciones que podrían, en algunos casos, estar reñidos con la ética, la justicia y la libertad. Así, se puede ver claramente un primer posible conflicto entre el derecho de uso y el derecho a una justa compensación/retribución, por la inversión realizada por parte de los inventores o generadores de la tecnología.

## 5. Reflexiones finales

- Los avances biotecnológicos conducen directamente a la discusión de temas asociados con la bioseguridad, la conservación de la biodiversidad local, la bioética, la promoción de capacidades y tecnologías endógenas, legislación y regulación, entre otros asuntos.
- La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible presentada por la CEPAL propone avanzar en el crecimiento económico y en el desarrollo social y ambiental, promover la industrialización inclusiva y fomentar la innovación, considerando los efectos sobre el cambio climático y los impactos medioambientales (CEPAL, 2016).
- Las nuevas tecnologías son cruciales para responder a los desafíos de una población en crecimiento, tanto por sus requerimientos nutricionales, como para paliar el nivel de pobreza. Esto requiere políticas estatales claras, firmes y adecuadas para cada región, que le permita crecer y mejorar los niveles de vida de su población, satisfaciendo no solo las necesidades alimentarias sino también las de educación, salud y protección del medioambiente.

- El avance hacia nuevos modelos de desarrollo, supone cada vez más relevante el rol de la ciencia, la tecnología, la innovación y el desarrollo de la economía digital. Si bien hubo importantes progresos en la esfera social, en los países de Latinoamérica no se tradujo en ganancias de productividad. Se requiere fortalecer las políticas en materia de ciencia, tecnología e innovación a fin de facilitar la transferencia y construcción de capacidades tecnológicas e institucionales.
- La creación de capacidades requiere de nuevos instrumentos orientados a facilitar el acceso a la biotecnología no sólo a la población en general, sino también a las empresas regionales, especialmente a aquellas de menor tamaño que sustentan la actividad de poblaciones pequeñas. La reducción de los costos de adquisición de biotecnología puede tener un efecto positivo grande si opera en un mercado regional integrado.
- El cambio estructural progresivo, demanda que la economía avance por un sendero de crecimiento con índices bajos en la huella de carbono por el desacople entre la producción y las emisiones. Esto requiere el desarrollo de capacidades tecnológicas e innovaciones con foco en la sostenibilidad. El gran impulso ambiental es un esfuerzo concentrado de inversiones coordinadas para redefinir los patrones de producción y consumo, basado en el aprendizaje y la innovación.
- Las innovaciones ambientales pueden transformarse en activos competitivos, esto es con regulaciones que favorezcan la competitividad. Por ello, la CEPAL considera que la problemática ambiental abre una gran oportunidad para una transformación tecnológica y productiva que sea la base de la generación de empleos de calidad. La creación de centros nacionales de análisis, seguimiento y evaluación de las innovaciones implementadas o adoptadas, facilitaría la consecución de estos objetivos.
- La articulación de políticas de I+D+i en áreas estratégicas, es resultado de fortalecer las capacidades de los recursos humanos y promover un mayor compromiso del sector productivo con la innovación y el desarrollo tecnológico. Se sugiere el fortalecimiento de las PyMEs de base tecnológica mediante la creación de capacidades específicas, implementando un financiamiento

adecuado, la reducción de las barreras de entrada a mercados concentrados y la promoción de marcos regulatorios en ámbitos como la bioseguridad, biorriesgos, y la protección de la biodiversidad, entre otras medidas.

- La puesta en marcha de políticas públicas que brinden a los empresarios locales un marco regulatorio, es fundamental para proteger los intereses de las poblaciones residentes, de forma de potenciar la generación de conocimiento y la transferencia tecnológica local.
- El impulso a las acciones de cooperación bilateral o multilateral, es fundamental para la consolidación de capacidades científicas y tecnológicas y de procesos de innovación productiva para la generación de desarrollo. Para esto se requiere una efectiva articulación institucional para estrechar las brechas tecnológicas.

## 6. Conclusiones

De todo lo antes dicho, el impacto del uso de las nuevas biotecnologías y sus posibles consecuencias en la percepción de la justicia, podría resumirse en los siguientes puntos:

- Evaluar si los supuestos objetivos del desarrollo biotecnológico y sus aplicaciones no colisionan directa o indirectamente con algún orden ético o jurídico, ya sea relacionado con la salud, con el medioambiente y/o con la estrategia de mercado empleada por el proveedor.
- Evaluar si los derechos, costos y/o tecnologías requeridas para su uso, no excluyen a posibles usuarios por no cumplir con condiciones que podrían solucionarse con alguna reglamentación e infraestructura que pudiera proveer el Estado o control fiscal. Esto incluiría no solo los procesos de producción en sí mismos, sino la accesibilidad al producto, manipulación, almacenamiento, distribución, comercialización, etc., es decir, con toda la cadena de infraestructura necesaria que pudiera requerirse para facilitar el uso de estas nuevas tecnologías.
- Evaluar si los productos ofrecidos tienen consecuencias no deseables demostrables, tanto hacia el medioambiente (v. g. cursos

de agua, aire, suelos), sobre especies que pudieran ser afectadas directa o indirectamente por el uso o diseminación de OGMs y sobre la salud humana y animal.

- Verificar y constatar la participación de los organismos de control como agentes responsables de garantizar la adecuación y seguridad de los procedimientos utilizados.
- Combinar el marco regulatorio y la política ambiental, con las políticas de ciencia, tecnología e innovación para impulsar la innovación ecológica y la implementación de desarrollos biotecnológicos respetando la idiosincrasia de la población adoptante, la biodiversidad y la condición de sustentabilidad de la actividad propuesta.