

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

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.

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
www.tirant.com
Librería virtual: 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. En caso de no ser atendida su sugerencia, por favor, lea en www.tirant.net/index.php/empresa/politicas-de-empresa nuestro procedimiento de quejas.

Responsabilidad Social Corporativa: <http://www.tirant.net/Docs/RSCTirant.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. Biotecnología 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 erradicación de enfermedades	45
2.4. Biotecnología y diagnóstico	49
2.5. La terapia génica: realidades y perspectivas de una técnica revolucionaria	52
2.6. Terapia celular y el concepto de “medicamento vivo”	53
3. Biotecnología 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

Coordinador

Jorge Augusto González (Argentina)

Mestre em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Brasil. Máster Universitario en Energías Renovables, Pilas de Combustible e Hidrógeno, Universidad Internacional Menéndez Pelayo (UIMP), España. Ingeniero Electricista de la Universidad Nacional de Tucumán (UNT), Argentina. Profesor Titular del Área Generación de Energía Eléctrica (Energías Renovables, Centrales Eléctricas y Sistemas Eléctricos de Potencia) de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología (FACET) de la UNT. Docente de Posgrado en la Maestría en Gestión Ambiental y en la Maestría en Ingeniería Ambiental de la UNT. Docente de Cursos de Posgrado en Universidades nacionales y extranjeras. Investigador Categorizedado II del Consejo de Investigación de la UNT en el Área Energía y Medioambiente. Director de Proyectos de Tecnología Aplicada. Participación como autor del Libro “Experiencias de Energías Renovables en Argentina: Una mirada desde el territorio”. Miembro Compilador del Libro “El Ciclo Común de Articulación: Una Construcción Regional del NOA”. Autor de diversos trabajos científicos. Encargado y Coordinador del Laboratorio de Simulación de Potencia Eléctrica de la FACET. Responsable del Área Relaciones Internacionales de la FACET y Representante de la FACET ante el Consejo Asesor de Relaciones Internacionales de la UNT. Miembro Titular de la Comisión Académica de Profesores de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la FACET.

Autores

Rosana Chehín (Argentina)

Doctora en Bioquímica de la Universidad Nacional de Tucumán (UNT), Argentina. Realizó estudios posdoctorales en biofísica de proteínas (UPV-EHU España) y neurobiología (Institut du Cerveau et de la Moelle épinière, Paris-Francia). Docente de la Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia de la UNT e Investigadora Principal de CONICET. Actualmente lidera el grupo de neurobiofísica del Instituto de Medicina Molecular y Celular Aplicadas (IMMCA-Tucumán Argentina). Cuenta con subvenciones nacionales e internacionales y dirige programas de cooperación internacional con universidades de Francia, España y Brasil.

Juan Carlos Díaz Ricci (Argentina)

Doctor en Ciencia de la Universidad Nacional de Rosario, Argentina. Estancias postdoctorales en el California Institute of Technology (USA) y en el Institut für Technische Chemie (Alemania). Ingeniero Químico de la Universidad Nacional de Tucumán (UNT). Profesor Titular de la Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia de la UNT e Investigador de CONICET. Actualmente es Director del Instituto Superior de Investigaciones Biológicas (CONICET-UNT). Trabaja en temas de Biotecnología vegetal, orientado al estudio del estrés biótico y mecanismos de activación de defensa contra patógenos.

Eliana Pedraza (Argentina)

Psicóloga de la Universidad Nacional de Tucumán. Realizó estudios en Psicoanálisis y posgrados en Políticas Públicas. Participó en grupos de investigación en la que se destacan Proyecto “Prevención y Control del VIH/Sida en la Argentina” de la Universidad Nacional de Buenos Aires. Investigaciones en Género, Facultad de Trabajo Social de la Universidad Nacional de Córdoba. Maestrando de la carrera Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Universidad Nacional de Quilmes, Bs As. Trabaja en la Empresa Multinacional ARCOR, y es Referente de Proyectos de la Institución Ágora Responsabilidad Social.

Esteban Vera Pingitore (Argentina)

Doctor en Ciencias Biológicas y Licenciado en Biotecnología de la Universidad Nacional de Tucumán. Realizó estudios en el área de la microbiología, biología molecular y medicina preventiva. Realizó un posdoctorado en el país y estancias postdoctorales en universidades de Brasil, Italia, Finlandia y Francia. Trabajó en aplicaciones tecnológicas de nanofibras amiloides y actualmente trabaja en el diseño de un biosensor para la detección temprana de enfermedades neurodegenerativas. Es investigador adjunto de CONICET en el Instituto de Medicina Molecular y Celular Aplicada (CONICET-UNT-SIPROSA).

Adriana Bestani (Argentina)

Doctora en Derecho y Abogada de la Universidad Nacional de Tucumán. Relatora de la Corte Suprema de Justicia de Tucumán desde 1999. Especialista en Derecho Procesal. Investigadora y docente de postgrado en Derecho Ambiental y Derecho de Daños (U.N.T.-UBA). Docente de la Escuela Judicial del Consejo Asesor de la Magistratura (CAM-Tucumán). Autora (uno de sus libros premiado por la Acad. Nac. de Derecho y Cs. Soc. de Buenos Aires). Coautora. Comentarista de artículos del Código Civil y Comercial de la Nación. Publicaciones sobre Derecho Ambiental, de los Consumidores y Privado. Expositora y ponente en eventos a nivel provincial, nacional e internacional. Miembro de Consejos editoriales y académicos. Miembro de la Comisión de Ambiente del Poder Judicial de Tucumán.

Jorge Augusto González (Argentina)

Mestre em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Brasil. Máster Universitario en Energías Renovables, Pilas de Combustible e Hidrógeno, Universidad Internacional Menéndez Pelayo (UIMP), España. Ingeniero Electricista de la Universidad Nacional de Tucumán (UNT). Profesor Titular del Área Generación de Energía Eléctrica de la UNT. Docente de Posgrado en la UNT. Investigador Categorizado II del Consejo de Investigación de la UNT en el Área Energía y Medioambiente. Director de Proyectos de Tecnología Aplicada. Autor de Trabajos Científicos. Responsable de Relaciones Internacionales de la FACET-UNT.

Efraín Conte Moreno (Panamá)

Ingeniero Mecánico, graduado en la Universidad Tecnológica de Panamá, donde ejerce como docente desde hace 27 años. Posee estudios de postgrado en Ingeniería de Plantas, Energías Renovables y en Docencia Superior. Trabaja en proyectos de electrificación rural, y ha actuado como expositor en diversos eventos nacionales. Es miembro de la Red de Expertos Iberoamericanos en Energía, donde ha participado en diferentes eventos en temas relacionados con energía eólica, eficiencia energética y uso de las energías renovables en entornos rurales y urbanos.

María Cornejo Cañamares (España)

Doctora por la Universidad de Salamanca, España, y Máster en Estudios Sociales de la Ciencia y Tecnología por la misma universidad. Licenciada en Administración y Dirección de Empresas y Derecho por la Universidad Carlos III de Madrid. Investigadora contratada en la Unidad de investigación en Cultura Científica del CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas). Tras años de experiencia laboral en gestión de proyectos de I+D+i desde el 2009 pertenece a la Unidad de Investigación en Cultura Científica. Sus líneas de investigación actuales son: La Responsabilidad Social Corporativa; Análisis de la interacción de los procesos de sostenibilidad ambiental e innovación en las empresas; Economía y desigualdad; Cultura de innovación. Integrante de los proyectos “Transiciones Ecológicas en la Historia Contemporánea. Aproximación al

desarrollo económico y social en clave ambiental” ECOTRANSHIS (PGC2018-096640-B-I00) financiado por la Agencia Estatal de Investigación del 2018 y “Praxeología de la Cultura Científica: Evaluación y medición” (FFI2017-82217-C2-2-P) financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad.

Florencia Sayago (Argentina)

Abogada de la Universidad Nacional de Tucumán. Especialista en Administración Pública. Investigadora y docente universitaria de grado y postgrado en Derecho Ambiental. Es Directora de Medio Ambiente de la Provincia de Tucumán, Presidente alterna del Consejo Provincial de Economía y Ambiente y Coordinadora del Punto Focal Provincial de Cambio Climático. Integra el Equipo Provincial de Educación Ambiental dependiente de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente. Autora de publicaciones sobre derecho ambiental y gestión ambiental pública. Expositora en eventos a nivel provincial y nacional, desde el año 2000 a la fecha. Ha intervenido como autora o coautora de numerosos proyectos legislativos sobre materia ambiental.

Silvina María Mendilaharzu (Argentina)

Abogada y Procuradora de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Licenciada en Enseñanza de Ciencias Ambientales (Universidad Tecnológica Nacional San Francisco, Córdoba). Subdirectora de Minería - Provincia de Tucumán - Miembro del componente legal del Consejo Federal Minero. Integrante del Equipo Provincial de Educación Ambiental. Responsable en tareas de apoyo a las Áreas de Cambio climático y de GIRSU de la Secretaría de Medioambiente, Tucumán. Autora y expositora en eventos y publicaciones provinciales/nacionales. Autora del Proyecto de Compilación de normas mineras de Tucumán y autora/colaboradora en proyectos de leyes del ámbito minero provincial.

Gustavo Eduardo Juárez (Argentina)

Máster en Ingeniería. Ingeniero en Computación. Profesor universitario de grado y postgrado. Investigador acreditado en áreas de Inteligencia Artificial, Bases de Datos, Ética e Implicancias Sociales de la Tecnología. Miembro de IEEE, siendo Presidente de Sección Argentina durante el periodo 2017-2018. Director del Laboratorio de Inteligencia Artificial de la FACET, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina. Miembro de Proyectos de Investigación de Argentina, España y Países Bajos. Autor de trabajos de investigación. Disertante Magistral de congresos en América.

Karem Esther Infantas Soto (Bolivia)

Doctor en Ciencias de la Educación. Magister en Educación Universitaria. Licenciado en Ingeniería de Sistemas. Especialista en Políticas Públicas. Becaria de Telesalud (CETES- Brasil), Proyectos de Investigación Competitiva (Red Clara-Colombia) y WEB 2.0 (UTPL- Ecuador). Docente de grado y postgrado de la Universidad Privada de Santa Cruz de la Sierra (UPSA). Miembro de Proyectos

de Investigación en “Planificación del Ecosistema de Emprendimiento e Innovación”, “Santa Cruz Peace Innovation Lab. Organización del GDG Santa Cruz”, “Proyecto Integración de las TICs en la educación. New Century, Generaknow DIPRODES-NUR” y “Proyecto PDES MACA- BID. Desarrollo monitoreo y seguimiento. Línea de Base”.

Marta Ofelia Yélamos Cáceres (Argentina)

Abogada. Escribana. Profesor universitario de grado en la cátedra de Lógica, Facultad de Derecho y Ciencias Sociales, Universidad Nacional de Tucumán. Investigador acreditado en áreas de Filosofía desde la Ciencia (Cruces entre Ética y Ciencia) e Implicancias Sociales de la Tecnología. Autor de trabajos de investigación en el área de Ética e Inteligencia Artificial. Disertante en congresos nacionales.

Miembros del Grupo de Ciencia y Tecnología y Justicia de la Red de Investigación

Perspectivas Iberoamericanas sobre la Justicia

ROSANA CHEHÍN
JUAN CARLOS DÍAZ RICCI
ELIANA PEDRAZA
ESTEBAN VERA PINGITORE
ADRIANA BESTANI
JORGE AUGUSTO GONZÁLEZ
EFRAÍN CONTE MORENO
MARIA CORNEJO CAÑAMARES
FLORENCIA SAYAGO
SILVINA MARÍA MENDILAHARZU
GUSTAVO EDUARDO JUÁREZ
KAREM ESTHER INFANTAS SOTO
MARTA OFELIA YÉLAMOS CÁCERES

Abreviaturas

ADN	Ácido desoxiribonucleico
AL	América Latina
ALyC	América Latina y el Caribe
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BM	Banco Mundial
Bm	Biomasa
BmT	Biomasa Tradicional
CC	Cambio Climático
CDB	Convención sobre la Diversidad Biológica
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CET	Comité Ejecutivo de Tecnología
CF	Combustibles Fósiles
CMA	Células Madre Adultas
CME	Células Madre Embrionarias
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CNMC	Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia
CO ₂	Dióxido de Carbono
COM	Comunicación
COP	Conference of the Parties (Conferencia de las Partes)
CRTC	Centro y Red de Tecnología del Clima
CSI	Confederación Sindical Internacional
CTDS	Contribución de América Latina y el Caribe al Desarrollo de la Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Sostenible
CTS	Ciencia, Técnica y Sociedad
C&T	Ciencia y Técnica
DD.HH.	Derechos Humanos
EAE	Evaluación Ambiental Estratégica
ECV	Encuesta de Condiciones de Vida
EE	Eficiencia Energética
EERR	Energías Renovables

EEUU	Estados Unidos de Norteamérica
EIA	Evaluación/Estudio de Impacto Ambiental
FV	Fotovoltaico/a
GD	Generación Distribuida
GEF	Fondo Global para el Medio Ambiente (sigla en inglés)
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GF	Generaciones Futuras
GW	Gigawattios
HEP	Pobreza energética escondida
IA	Inteligencia Artificial
IAI	Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global
IAm	Impacto Ambiental
IBM	International Business Machines Corporation
IEA	International Energy Agency.
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Panel Intergubernamental de Cambio Climático)
IoT	Internet of Things
iPS	induced Pluripotential Stemcell
IRENA	International Renewable Energy Agency.
I+D	Investigación y Desarrollo
i+I+D	Innovación, Investigación y Desarrollo
LGCC	Ley General de Cambio Climático de México
LGPC	Ley General de Protección Civil de México
Maíz Bt	Maíz modificado genéticamente tóxico para barrenadores del tallo
MIT	Instituto Tecnológico de Massachusetts
NDC	Contribuciones Determinadas a nivel Nacional
ODM	Objetivos de Desarrollo del Milenio
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
OGM	Organismo Genéticamente Modificado
OIT	Organización Internacional del Trabajo
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía
ONG	Organización No Gubernamental
ONU	Organización de las Naciones Unidas

PBMC	Panel Brasileño sobre el Cambio Climático
PGH	Proyecto del Genoma Humano
PIB	Producto Interno Bruto
PNCC	Política Nacional de Cambio Climático de México
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PP	Principio de Precaución
ppm	partes por millón
RSC	Responsabilidad Social Corporativa
SAG	Servicio Agrícola Ganadero
SEIA	Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental
SICA	Sistema de Integración Centroamericana
Soja RR	Soja modificada genéticamente resistente al herbicida Roundup ^R
STCF	Sistemas Tecnológicos basados en Combustibles Fósiles
STER	Sistemas Tecnológicos basados en Energías Renovables
TE	Transición Energética
TFUE	Tratado del Funcionamiento de la Unión Europea
TIC	Tecnologías de Información y Comunicación
UE	Unión Europea
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura)
WMO	World Meteorological Organization (Organización Meteorológica Mundial)
2M	Dos veces la Mediana

Prólogo

El grupo de investigación sobre *Ciencia y Tecnología y Justicia* desarrolla sus trabajos en el marco de la Red de Investigación *Perspectivas Ibero-Americanas sobre la Justicia* (“la Red”), coordinada desde el *Instituto Ibero-Americano de la Haya para la Paz, los Derechos Humanos y la Justicia Internacional* (“IIH”), con sede en La Haya (Países Bajos).

La Red fue creada el 10 de junio de 2015 en el marco de la *V Semana Ibero-Americana de la Justicia Internacional* organizada por el IIH en la Haya (Países Bajos) y se encuentra conformada por grupos de trabajo en filosofía, psicología, ciencia y tecnología, economía, justicia nacional, justicia internacional, justicia comunitaria/antropología, justicia transcendente/teología y relaciones internacionales y ciencia política. La constitución de la Red responde a la necesidad de generar equipos interdisciplinarios de trabajo, tendientes a construir respuestas complejas para el análisis de las diversas dimensiones de la justicia.

Como parte de la Red, el grupo sobre *Ciencia y Tecnología y Justicia* tuvo como objetivo principal relacionar algunas áreas de la ciencia y la tecnología con la “dimensión social de la justicia” en sus diversas formas (equidad, ética, derechos humanos, justicia climática, etc.), tanto para regular sus desarrollos, dado el enorme poder transformador que presenta sobre el medioambiente y sobre las personas; como para visibilizar a quienes quedan fuera de sus logros y aplicaciones. Es esta dimensión de la justicia la que, de alguna manera, debe poner límites al desborde de este poder.

Dada la enorme diversidad de áreas de la ciencia y la tecnología, se conformó en esta primera etapa un grupo multidisciplinar de profesionales (ingenieros, biotecnólogos, abogados, educadores, sociólogos y sicólogos), para desarrollar el trabajo propuesto en temáticas vinculadas con la biotecnología, el principio precautorio, el cambio climático, la justicia climática, las tecnologías basadas en las energías renovables, la inteligencia artificial y las tecnologías de la comunicación y la información.

Durante los últimos tres años el grupo realizó su investigación, con participación de algunos de sus integrantes en varias de las ediciones del *Seminario Ibero-Americano de Pensamiento sobre la Justicia*

Internacional, que organiza anualmente el IIIH en La Haya (Países Bajos) durante la primera semana de junio, como parte de la *Semana Ibero-Americana de la Justicia Internacional*.

Una de las dificultades que el grupo tuvo inicialmente, dada su composición multidisciplinar, fue la de encontrar un eje conductor que permitiese a cada uno de sus integrantes, relacionar su propia área de estudio con el concepto de justicia. A esto se le sumó la escasa existencia de referencias científicas concretas, dado el alto grado de dispersión que presenta la materia. Para todos los miembros del grupo constituyó, sin duda, un desafío, que los llevó a salir de su zona de confort, y a plantear una mirada diferente de los temas objeto de análisis.

Fruto de la superación de este desafío, el grupo de *Ciencia y Tecnología y Justicia* de la Red nos presenta en el volumen 11 de la colección *Perspectivas Iberoamericanas sobre la Justicia*, los resultados de su trabajo. Entre los diversos elementos novedosos que recoge el texto, destaca sin duda, el hecho que a lo largo de sus páginas, el lector no sólo encontrará el análisis de ciertos desarrollos y avances en el campo de la ciencia y la tecnología; en el texto también están presentes las personas, las sociedades, las vulnerabilidades, las asimetrías, los intereses económicos, la ética, el riesgo, la lucha por la equidad, y la búsqueda de la Justicia como reguladora de estos desarrollos y sus posibles consecuencias.

Se trata, por tanto, de un texto que tiene como finalidad principal, promover la reflexión del lector sobre los diversos temas que fueron objeto de estudio.

Para finalizar, quiero felicitar a Salvador Vives y a la editorial Tirant lo Blanch, así como al Instituto Joaquín Herrera Flores, por haber tenido el acierto de publicar, junto con el IIIH, un trabajo de la calidad del aquí presentado.

Héctor Olasolo

Presidente, IIIH

En La Haya, a 4 de diciembre de 2019

Introducción

Es un placer y un honor ser parte integrante del Grupo de Ciencia y Tecnología y Justicia del Proyecto “Perspectivas Iberoamericanas sobre la Justicia Iberoamericana” y coronar esta participación, con el hecho concreto de un libro realizado.

Antes de presentar las áreas estudiadas, y en un intento por aclarar algunos conceptos, me gustaría tratar de responder de manera breve a preguntas tales como ¿Qué es eso que se llama Ciencia y Tecnología?, ¿Qué consecuencias traen sus aplicaciones?, ¿Es neutro su accionar?

La Ciencia, es un proceso intelectual crítico que va corriendo velos, refinando una determinada manera de conocer y comprender el funcionamiento del mundo por medio de la observación, recolección de datos, realización de experimentos, construcción de hipótesis, verificación de modelos (teorías) con sus incertidumbres, y a veces con la formulación de leyes, nunca estáticas y que describen un tipo de realidad (no la realidad). Por su parte, la Tecnología engloba un corpus de saberes que es usado con el fin de alcanzar objetivos precisos y utilitarios que satisfagan necesidades humanas, como curar enfermedades, construir dispositivos, encontrar nuevos materiales, fabricar instrumentos, diseñar procesos, etc., modificando la realidad.

La frontera entre Ciencia y Tecnología es muy difusa, por esta razón y a modo de simple ejemplo, se pretende mostrar una diferencia conceptual que existe entre ambas: a la Ciencia se le podría hacer la siguiente pregunta ¿A cuánto llegará la temperatura del planeta en el 2050 debido a las emisiones de CO₂, con y sin medidas de mitigación? Esta pregunta deberá ser contestada por la ciencia disponible, a través de las mejores observaciones, mediciones, experimentos, modelos y los consecuentes resultados. Después, con el conocimiento y el desarrollo tecnológico disponible se podrá diseñar, construir, con un determinado costo, sistemas capaces de mitigar o reducir esas emisiones.

Si bien el principal objetivo de la actividad científica es la producción del conocimiento, es importante asumir que la ciencia no queda al margen de los intereses sociales de un país. Esos intereses se podrían expresar en, cómo se financia, cuáles son los temas prioritarios, dónde serán volcados los desarrollos (economías regionales, productos de

exportación, bienes estratégicos), etc. Agazzi (1996) ya lo enunciaba así: “se ha de concluir que la ciencia no puede ser neutral como actividad, mientras lo es y debe serlo como saber” (p. 71).

La Ciencia y la Tecnología casi siempre se retroalimentan de manera continua, empujando y ensanchando la frontera de lo posible. Los innumerables beneficios específicos que produce y los inmensos logros y avances alcanzados, ha llevado a la especie humana a una suerte de optimismo científico-tecnológico tal, que también la hace pensar que siempre se podrá encontrar alguna solución tecnológica capaz de resolver cualquier tipo de problema que se presente. Pero en general, no toma plena conciencia que esos logros y avances necesitan, por un lado, de ingentes recursos naturales finitos que son sobreexplotados, y por el otro, de una capacidad de almacenamiento de residuos, que se va saturando por la enorme cantidad de desechos que se arrojan a cada momento a la tierra, al agua y a la atmósfera. Por lo tanto, este poder transformador de la Ciencia y la Tecnología está alterando dramáticamente la vida en la biosfera, así como modificando en los individuos y en las sociedades sus valores, normas, pautas culturales, relaciones interpersonales y formas de comunicación, construyendo nuevas subjetividades. Se observa entonces, que este “proceso de desarrollo” está dejando vulnerable y bajo riesgo a las generaciones presentes, y al mismo tiempo, comprometiendo la capacidad de las futuras para satisfacer sus propias necesidades. Por esta razón, es que se abren nuevos planteos éticos, surgen otros conceptos de justicia y se establecen luchas por nuevos derechos humanos.

En el texto que presentamos, queda de manifiesto la intención de los autores de mostrar, conceptualizar e invitar a reflexionar, sobre diferentes aspectos científicos y tecnológicos de temáticas pertenecientes al campo de la Biotecnología, el Cambio Climático, las Energías Renovables y la Inteligencia Artificial y Tecnologías de Comunicación e Información; en relación con su entorno social y ambiental. De ahí la inclusión de aportes provenientes de la dimensión social de la Justicia, como la equidad, la ética, los derechos humanos, que atraviesan de manera transversal todos los campos disciplinarios.

En un futuro cercano, este trabajo debería ser actualizado, así como también incorporar el análisis de temas tan importantes como la nanotecnología, robótica, nuevos materiales, telecomunicaciones, etc.

El libro está diseñado en 5 capítulos, elaborado por autores provenientes de diversos campos del saber, que le confiere un enfoque multidisciplinar. A continuación, se presenta un resumen de cada uno de estos capítulos:

El Capítulo 1, “*Progresos Biotecnológicos en la Balanza de la Justicia: Dilema entre Riesgos y Beneficios*”, trata sobre el continuo avance de la biotecnología, abriendo un nuevo espacio en el desarrollo social, que genera asimetrías no evaluadas debidamente en relación a los riesgos/beneficios, y el creciente interés del mundo empresarial regido por intereses económicos. En ese contexto, este trabajo propone evaluar el impacto social y ecológico que produce el uso de las diferentes biotecnologías en Latinoamérica y dilucidar cuales serían las posibles estrategias para que el Estado pueda regular la oferta, la demanda y la utilización de los desarrollos biotecnológicos, supeditados a las necesidades de la población y el entorno natural. En este trabajo se analizaron datos provistos por centros de información de dominio público (v. g. CEPAL, OMS, ONU, UNICEF, Mercosur, etc.). Se investigó el nivel de aceptación, adecuación y protección brindada por Estados de Latinoamérica donde se comercializan y utilizan productos biotecnológicos. Se evaluaron las tecnologías que son utilizadas actualmente y previsiones para el futuro próximo, así como los dilemas que surgen en su entorno teniendo en cuenta la matriz socio-productiva. Con este estudio se pretende, por lo tanto, visualizar el panorama del estado actual y exponer una proyección de la incorporación de estas biotecnologías. Este Capítulo se enfoca específicamente en: a) las aplicaciones biológicas en la salud humana, b) la adopción de materiales genéticamente modificados (v. g. soja RR, maíz Bt) y, por otro lado, c) los aspectos psicosociales que involucran la responsabilidad social corporativa. Se pretende de esta manera avizorar las dificultades encontradas en la región y posibles focos de conflicto entre usuarios, empresas y el papel del Estado para impartir justicia y legislar.

El Capítulo 2, “*Riesgo, Biotecnología y Precaución (Un aporte desde las Ciencias Jurídicas)*”, presenta, en su primera parte, un estudio exhaustivo del Principio de Precaución. Éste es una herramienta eficaz de gestión y regulación de riesgos inciertos —especialmente los derivados del ambiente y de las aplicaciones tecnológicas y biotecnológicas en general—; necesario en el contexto de una “sociedad de riesgo global” (Beck) que marca la crisis del paradigma de la moderni-

dad y explica la emergencia de nuevas filosofías, como la de seguridad y la de sustentabilidad. En un segundo momento, el análisis se extiende hacia otros tipos de adaptaciones e innovaciones que la Ciencia Jurídica se vio obligada a efectuar, a fin de robustecer la seguridad de las poblaciones (salud, vida, ambiente) y de adelantar sus tiempos de intervención, en aras de dar necesaria respuesta a estos problemas actuales derivados de las características de este nuevo período. Con estas herramientas, el Derecho pretende equilibrar la distribución de beneficios y costes que conllevan aquellos avances y descubrimientos para la sociedad toda, brindando mayor protección a las nuevas vulnerabilidades sociales e intentando hacer efectiva la justicia social y ambiental.

El Capítulo 3, *“Las Energías Renovables en la lucha contra el Cambio Climático”*, además de exponer la importancia de los recursos energéticos en el desarrollo del hombre, muestra que el sistema energético actual basado en la combustión de combustibles fósiles genera impactos negativos que se hacen sentir en cualquier sitio del mundo, sobre todo en las poblaciones e individuos más vulnerables. Esto hace que este sistema se encuentre bajo seria discusión, no solo por su relación con el cambio climático, sino también con los aspectos de sostenibilidad y equidad. Urge, por lo tanto, realizar una transición energética hacia un nuevo sistema basado en el aprovechamiento de las energías renovables y en una nueva forma de gestionar la energía, teniendo en cuenta durante este proceso los conceptos de pobreza energética, acceso a la energía y transición justa. Sin embargo, la transición no debe quedar restringida a un mero proceso de cambio tecnológico, sino que debe dirigirse a la construcción de un nuevo paradigma que atienda los principios reflejados en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (en concreto los objetivos 7 y 13) y al límite de 2 °C de elevación de temperatura media global para el año 2100. Por todo ello, se deberán intensificar las acciones de adaptación y mitigación, así como un progresivo cambio del modelo socioeconómico que ponga fin a la lógica del crecimiento económico sin límite, la cual brinda una falaz visión que los recursos son infinitos, exacerbando el consumo y promoviendo el individualismo. Recién entonces, esa sutil y frágil capa donde la vida construye vida a cada momento dejará de estar bajo amenaza y riesgo permanente.

El Capítulo 4, “*Transferencia Tecnológica y Cambio Climático*”, aborda la vinculación entre conocimiento científico, mitigación y adaptación al cambio climático desde la perspectiva de la justicia climática, entendida esta última tanto como posicionamiento ético y político, así como sinónimo de Litigio Climático, término que refiere a aquellos casos que han sido llevados ante instancias administrativas y judiciales. Para ello se analiza, en primer lugar, la perspectiva regional del cambio climático enumerando los principales efectos e impactos previstos en las próximas décadas. A continuación, se analiza someramente el marco legal vigente, tanto internacional como nacional. Se procura detallar la legislación de algunos países de Latinoamérica y el Caribe, adheridos a los diferentes acuerdos a los que ha llegado la comunidad internacional relacionados con el cuidado del medioambiente (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Protocolo de Kyoto, Acuerdo de París). De todo esto se derivan hechos importantes, como el movimiento por la justicia climática y el ámbito de los derechos de los trabajadores. Para ejemplificar el avance del Litigio Climático se incluyeron dos *leading cases*: el caso Urgenda, en los Países Bajos, y el caso de la Amazonía Colombiana. Asimismo, se enfocó en los mecanismos de cooperación y transferencia de tecnología climática, incluidos en el marco legal internacional. Por último, se hace referencia a los dos sectores en los cuales resulta estratégico acortar la brecha tecnológica en materia de mitigación y adaptación al cambio climático: la producción agrícola y las energías renovables.

El Capítulo 5, “*Inteligencia Artificial y Tecnologías de la Información y la Comunicación*”, trata sobre como la Inteligencia Artificial (IA) surge como una solución innovadora para la toma de decisiones automatizadas, usándose en procesos predictivos y brindando soluciones a necesidades humanas en las que el análisis de grandes volúmenes de datos desempeña un rol crítico (reconocimiento de patrones, identificación de contextos y escenarios, robótica, educación, agronomía de precisión, transporte inteligente, entre otras). El impacto social y económico de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), se evidencia en la fuerza e influencia que tienen en los diferentes ámbitos y las nuevas relaciones sociales que están surgiendo, produciéndose una interacción constante entre la tecnología y la sociedad, llegando inclusive a transformar sociedades, negocios y

a las personas. Las TICs permiten reducir la brecha digital y facilitar la inclusión social con las nuevas tecnologías. La IA actúa como generadora de procesos de innovación para la disminución de la brecha cognitiva, en aras de una efectiva contribución a los Objetivos del Desarrollo Sostenible, considerando al conocimiento como un bien público global. A partir de los criterios éticos-materiales involucrados en el área, podemos determinar que la aplicabilidad de estas técnicas implicaría lograr un bien basado en la moral (Yélamos Cáceres. M., Juárez, G.E., 2009). Si bien el valor de justicia está dado en que todas las personas tengan igual oportunidad en el acceso a estos dispositivos, es importante preguntarnos ¿la tecnología representa un deterioro social del campo laboral?, ¿O tal vez el desafío radique en crear herramientas inteligentes que sirvan de apoyo al trabajador?

La obra completada es fruto del esfuerzo y dedicación de todos sus autores, que pretenden mostrar la relación existente entre áreas de la ciencia y la tecnología con la dimensión social de la justicia, permitiendo a los lectores acercarse a los temas desarrollados desde una mirada diferente, con la esperanza de esclarecer, enriquecer conceptos y abrir nuevos caminos.

Agradezco enormemente la colaboración permanente y participación desinteresada de Rosana, Adriana, Florencia, Silvina, María, Eliana, Karem, Marta, Juan Carlos, Gustavo, Efraín y Esteban.

Jorge Augusto González

Coordinador

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).

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). 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

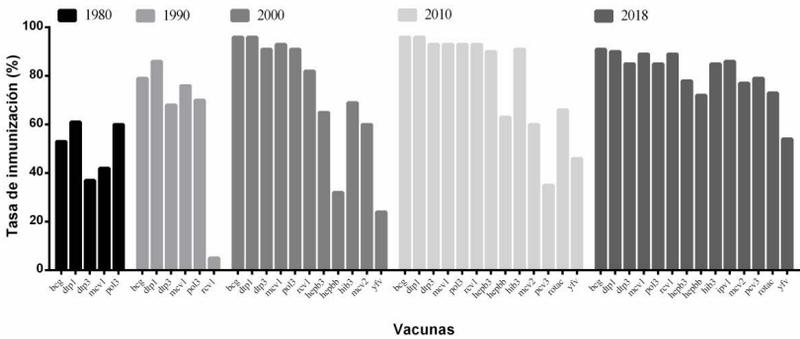
OMS calcula que la tasa mundial de cobertura de la vacunación se mantiene en el 86% (OMS, 2019). En los últimos años no se han registrado cambios significativos. Si mejorara la cobertura vacunal mundial se podrían evitar 1,5 millones de muertes. Como simple ilustración de esto tenemos que considerar 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). 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, comprometiéndolo 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 desenfadada 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). 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). A estas células se las llama iPS (induced pluripotential stemcell). 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 cruza 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^R) en cultivos de soja RR (soja Resistente al Roundup^R). 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.

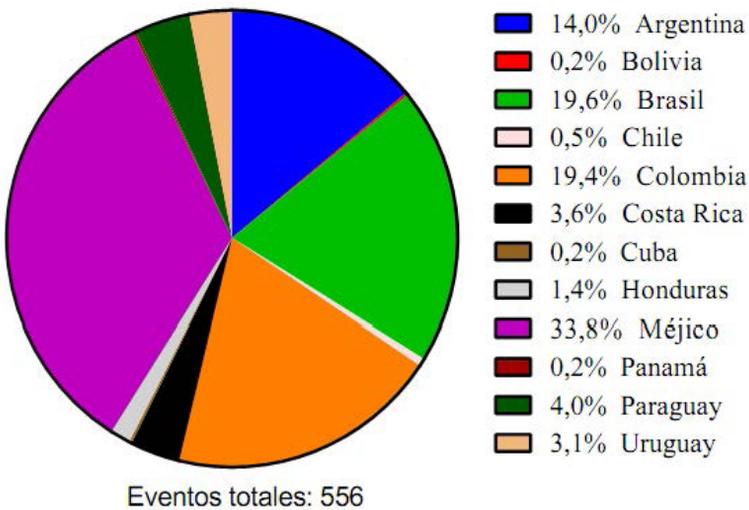
La inversión pública en investigación y desarrollo juega un rol fundamental en la difusión de las biotecnologías que pueden, en caso de ser implementadas adecuadamente, ser un motor considerable de progreso en los países en vía de desarrollo.

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 infiriendo 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 tecnológicas

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.

Capítulo 2

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

Adriana Bestani

1. Introducción

Es incontestable que desde hace ya unas décadas la Humanidad ha entrado en un período cualitativamente diferente a todos los anteriores. Se ha discutido cómo llamarlo: posmodernidad, modernidad líquida, tercera revolución industrial, era del antropoceno (Pearce, 2016; Carrington, 2016; Subcomisión on quaternary stratigraphy, 2016; Stromberg, 2013), etc., pero lo cierto es que no se discute la realidad de su existencia.

Esta “nueva era histórica se debe sobre todo a las posibilidades tecnológicas en el marco de la genética humana” (Ciuro Caldani, 2009:61) de la biotecnología. Así, una de las características típicas del nuevo período radica en que la praxis del hombre contemporáneo mudó de escala, logrando objetivos nunca vistos antes: ya no se limita a la “reforma” del mundo externo, sino que alcanza a las propias estructuras de la materia y de la vida (incluso humana), avanzándose sobremedida en diversas áreas: medicina, alimentación, agricultura, ganadería, biorremediación a tal punto que “el hombre se ha convertido realmente en un ingeniero que puede manejar la variabilidad y la riqueza biológica” (Bergel, 2008) y esto, más allá de los innegables avances técnicos en telecomunicaciones, transporte, cibernética, nanotecnología, etc. “El siglo “biotech” va a transformar y afectar muchas cosas, desde nuestro ambiente a nuestra manera de pensar y de ser en el mundo.

Ahora bien, frente a estos increíbles desarrollos tecno-científicos “cualquier análisis que no adolezca de ingenuidad conducirá a predecir un aumento de las causas de daños potenciales” (Alterini, 1987). A treinta años de esa frase, resulta ya evidente que el riesgo se ha convertido en un protagonista fundamental en la sociedad contemporánea.

La biotecnología, la experimentación genética, el impacto ambiental han acrecentado inmensamente la potencialidad de sufrir daños que se particularizan por ser graves, irreversibles, colectivos, con una proyección espacio temporal de una magnitud hasta ahora desconocida y, cuando involucra bienes fuera del comercio, no evaluables económicamente. Ellos advierten “*la cara oscura del progreso (que) quiebra más y más normas sociales*” al decir del sociólogo alemán Ulrick Beck (Federico Stella, 2002:15; Bergel, 2001(b):1011; Kottow,2001:55). Se ha hablado así, de la aparición de “megapeligros” tecnológicos y se caracteriza a la sociedad actual como “sociedades del riesgo global”: aquéllas que “al principio de manera encubierta y luego en forma cada vez más evidente, están enfrentadas a los desafíos de las posibilidades de destrucción real de todas las formas de vida en este planeta” (Bergel, 2001(a):71). Frase que no estará lejos de ser cierta si se piensa en actividades tales como la contaminación del aire y del agua, la erosión de los suelos, el aumento de las radiaciones, la pérdida de la diversidad biológica, los desastres de tipo alimenticios, etc.

Dentro de estas múltiples posibilidades de daños se encuentran riesgos que presentan nuevos ribetes. Son riesgos cuya característica diferencial es la de no ser mensurables, científicamente verificables, detectables sobre la base de cálculos de probabilidades o estadísticas; riesgos cuya misma existencia no puede aún probarse científicamente pero que se sospecha, con buenas razones, que pueden llegar a existir. Se habla entonces de “riesgos potenciales”, indetectables, “cuya concreción socava las bases de un universo armado sobre el pilar de una seguridad *predecible*”; “los *riesgos calculables* han sido sustituidos por *peligros incontrolables*” (Bergel, 2001(a):73). La incertidumbre del riesgo es propia de la sociedad actual.

El S. XXI es, en efecto, el siglo de la incertidumbre, de la duda, del riesgo desconocido, sospechado; y es también el siglo en el que constatamos la falta de control total sobre las consecuencias de nuestras intervenciones en la naturaleza física, incluida la humana. Las crisis ambientales de todo tipo: el efecto invernadero, el cambio climático, la lluvia ácida; las crisis alimentarias y sanitarias por las que pasaron Europa y EE.UU., las de “la sangre contaminada”, de “la hormona de crecimiento”, de la “vaca loca”, que se sucedieron a las más antiguas y conocidas de la “thalidomida” o del “talco morhagne”, hacen evidente —a la par que advierten sobre— la falta de dominio y de cono-

cimiento acabado en los efectos de las aplicaciones tecno-científicas actuales. Esas crisis han sacudido profundamente la confianza y la esperanza que los ciudadanos ponían en el triunfo de la ciencia y de la razón, al mismo tiempo que han menoscabado la credibilidad que sobre estas últimas se tenía en la acción de los poderes públicos y en los sistemas de seguridad y salud. Aquellas crisis han recordado la vulnerabilidad humana y trajeron un mordaz desmentido a la “mistificación del progreso”: La ciencia y el progreso técnico no son inofensivos, sus aplicaciones tienen a veces consecuencias desastrosas. A la inseguridad tradicional que proviene principalmente de una criminalidad ordinaria sancionada por el derecho penal, se une hoy la inseguridad moderna de la civilización industrial debido “a los derrapes accidentales de una tecnología tan peligrosa como competente” (Grosieux, 2003:22).

La era de la globalización no sólo globaliza los beneficios de la ciencia y la tecnología sino también sus amenazas y riesgos, entre ellos, y muy específicamente, los ambientales y los derivados de las aplicaciones biotecnológicas. Para Oliveira Silva, el contexto contemporáneo es de *injusticia ambiental* a causa de la globalización (Fauth-Villavicencio Calzadilla, 2013). En cuanto a la biotecnología y sus aplicaciones, ella “ha planteado caminos y soluciones que en cierto momento se han encontrado en la frontera de lo ético, lo jurídico y de lo antropológico” (Ponce del Castillo, 2006:195). A su turno, la crisis ambiental es, también, una *crisis social* de las instituciones en las que se fundamenta la sociedad moderna. La crisis plantea una reconsideración de las prácticas institucionalizadas que la han producido y, por lo tanto, una reconsideración del papel de la ciencia en la sociedad. El carácter reflexivo de la modernidad tardía (o posmodernidad) supone un cuestionamiento de las instituciones en las que se ha basado la modernidad (Beck).

En este contexto mundial, el Derecho, en aras de la recomposición de la justicia ambiental y de la prevención de daños graves, colectivos, irreparables, deberá tener algo que decir al respecto, aun cuando para ello tenga que sufrir sus propias transformaciones. Él se ve en la necesidad de adoptar nuevos instrumentos jurídicos que contribuyan a robustecer la seguridad de las poblaciones (salud, vida, ambiente) y de adelantar sus tiempos de intervención.

En el presente estudio, entonces, dadas las limitaciones en razón del espacio, trataremos de presentar pinceladas variopintas sobre las distintas y plurales innovaciones y mutaciones que la Ciencia Jurídica ha sufrido en aras de dar necesaria respuesta a estos problemas actuales derivados de las características de este nuevo período.

De entre todas las mutaciones que ha debido sufrir el Derecho, una de las que consideramos crucial es la emergencia —primero en el Derecho Internacional para pasar, desde ahí, al derecho interno de los diferentes Estados— del Principio de Precaución (en adelante PP). Él se constituye en el puente entre *las incertidumbres* de la Ciencia y la Técnica —característica del nuevo período— y el Derecho; se presenta como una guía de acción en el manejo de tal incertidumbre y en la evaluación y gestión de los riesgos potenciales derivados de los desarrollos biotecnológicos. Además de ello, su función en los últimos años ha trascendido de ser —en tanto “principio” que es— una guía o un orientador de la política ambiental en su conjunto (Cafferatta, 2006)¹ para pasar a constituir una “regla de derecho” destinada a solucionar las situaciones de incertidumbre (Bourg, 2000), un principio *sustantivizado* (Esteve Pardo, 2005:196) susceptible de operar automáticamente cuando se lo invoca para la adopción de medidas concretas de precaución o sostén de la decisión en el caso judicial.

De allí que centraremos este estudio en el tratamiento de este principio-eje del Derecho Ambiental, cual es el Precautorio, en su relación con las nuevas características que presenta la Ciencia y la Tecnología de esta última parte de la historia de la Humanidad y sus influencias en aras del fortalecimiento de la justicia ambiental y de la equidad político-social cuya instauración resulta aún tan necesarias en los países de Latinoamérica. Estos no pueden quedar al margen de esta “revolución” tecnocientífica, “aunque sea sólo para desarrollar instrumentos adecuados de regulación y monitoreo que busquen asegurar la protección de la población y de la naturaleza” (Vessuri, 2006).

¹ Toda la regulación sobre riesgos está inspirada de una manera u otra, en la idea de precaución. Es un principio de política pública y posee, como tal, las funciones inherentes al mismo (de orientación, pauta interpretativa, organizativa, creadora; inspiradora de regulaciones) en el ámbito del Derecho Ambiental.

2. Principio de Precaución²

2.1. Definición

Es en el contexto de nuestra sociedad mundial —expuesto someramente en la Introducción de este trabajo— en donde, precisamente, nace el PP.

Se ha dicho con acierto que hallar una definición precisa del principio se vuelve una tarea compleja ya que ella remite inmediatamente a la noción incierta *per se* de incertidumbre científica (Cans, Chantal 2000). Él expresa: “Cuando haya peligro de daño grave o irreversible la ausencia de información o certeza científica no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces, en función de los costos, para impedir la degradación del medio ambiente” (art. 4 Ley General del Ambiente, 25.675, Argentina)³. La noción de incertidumbre científica se torna, así, clave y es elemento esencial de este principio. Ella lo diferencia del principio de prevención⁴. En efecto, la prevención nos coloca ante el *riesgo cierto, verificable empíricamente, probable, actual*, mientras que en el supuesto de la precaución estamos ante un *riesgo incierto, inverificable, verosímil, potencial*⁵.

² Un análisis acabado del PP en todo lo que aquí diremos, así como la correspondiente bibliografía de apoyo puede leerse en libro de mi autoría: *Principio de Precaución* (2012) Buenos Aires, Ed. Astrea.

³ Dada la falta de consenso en la definición del PP, el informe de la UNESCO (2005), luego de relatar algunas definiciones emergentes de los tratados internacionales, se inclina por capturar los elementos claves en él y propone una “definición de trabajo” en los siguientes términos: “Cuando actividades humanas puedan llevar a un daño moralmente inaceptable que sea científicamente plausible pero incierto, deben tomarse acciones que eviten o disminuyan tal daño”.

⁴ Razones de espacio nos llevan a indicar la bibliografía donde se puede encontrar esta diferenciación y a la vez caracterización del PP amén del libro ya citado de mi autoría: Loperena Rota, Demetrio (1998); Mathus Escorihuela, Miguel (2003:631); Hutchinson, Tomás (1999); Goldenberg, Isidoro H.- Cafferatta, Néstor (2002:1442 y ss.); Bibiloni, Homero (2001:1086); Drnas de Clément, Zlata; Andorno (2002:1332/3); Esaín, José (2006:10); Walsh, Juan Rodrigo (2000:1-73); Bergel, S (2001 —a—); LEITE-Ayala de Araujo; Kourlisky, Philippe -Viney, Geneviève (2000:151); Cafferatta, Néstor “El principio precautorio” <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/444/cap1.html>; Geistfeld, Mark (2001:74); Cicale, y otro; Casabona (2004).

⁵ Pasamos por alto por exceder el contenido de este trabajo, las distintas posturas, definiciones de riesgos y distinciones con el concepto de peligro que emanan de

2.2. Instrumentos Internacionales

El PP aparece consagrado en tratados y documentos internacionales referidos a una serie muy amplia de materias: protección del mar, residuos peligrosos, cambio climático, capa de ozono, contaminantes orgánicos persistentes, organismos genéticamente modificados, contaminación atmosférica, protección de especies, etc.

Está contemplado como “principio de derecho” en la UE (TFUE, art. 191) y (no sin previo debate) como enfoque o “*approche*” en la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo de 1992, principio 15.

Se prevé en numerosas legislaciones de América Latina⁶: Está en las normas *ambientales* de muchos de sus países y en la constitución

distintas concepciones epistemológicas (realistas, cognitivas, constructivistas y sus distintas versiones —más fuertes o aligeradas— en cada una de ellas). Sin embargo, dejaremos sentado aquí que: “Históricamente la investigación sobre el riesgo es por sí misma un fenómeno relativamente nuevo. Ha estado ausente en la educación académica y técnica antes de la Segunda Guerra Mundial y es quizá especialmente durante las últimas tres o cuatro décadas que el concepto se ha insertado en la curricula científica y académica. En sentido profesional el concepto deriva, por un lado, del método estadístico y del cálculo de probabilidades; del otro, de la teoría de la decisión y de los juegos de las ciencias sociales (John von Neumann, Morgenstern y otros; Luce & Raiffa). El pasaje desde las ciencias duras (estadísticas, matemáticas) a otras disciplinas incluidas las ciencias sociales explica quizá que no exista, al menos todavía, una definición consensuada que cubra los diferentes campos. Por ello, ante todo, sería conveniente esclarecer un poco lo que implica esta palabra. No por convencional, deja de ser menos útil la distinción entre peligros y riesgos. Los primeros son generados por la naturaleza, en sus fuerzas o limitaciones. Los segundos suponen la intervención del hombre ya que derivan de la tecnología. Esta diferencia es esencial para el mundo del Derecho puesto que, de lo actuado en y por el ámbito natural no puede nacer responsabilidad alguna (lo que cae en los supuestos, entre otros, de caso fortuito o fuerza mayor); mientras que en los segundos, la responsabilidad del hombre juega un rol importante ya que todo uso de tecnología supone decisiones humanas y numerosas cuestiones en torno a ellas lo que puede ser materia jurídica: legitimación para adoptarlas; procedimiento seguido para ello, información y referencias que se consideran, y claro está, la responsabilidad por sus consecuencias” según expongo en libro de mi autoría (ver Bestani, Adriana, 2012).

⁶ El PP ha sido adoptado por la legislación ambiental interna de muchos países de Latinoamérica: ley 25675, Argentina; ley 26811, Perú; ley 99, Colombia; ley 27, Nicaragua; Ley de Biodiversidad, Venezuela; Ley de Biodiversidad, Costa Rica; ley 64-00, República Dominicana; ley 17283, Uruguay; Ley de Política Nacional Ambiental de Paraguay; Ley sobre Cambio Climático (2014), Honduras; Environmental protection Act (1996), Guyana. Hay que considerar que aunque

misma de Ecuador. También Bolivia lo contiene en su Declaración Universal de los Derechos de la Madre Tierra, con rango de ley superior. Aparece asimismo en las legislaciones sobre *seguridad y soberanía agroalimentarias* de Nicaragua, Venezuela, Guatemala⁷.

2.3. Elementos

A nuestro modo de ver, los elementos específicos del PP se reducen esencialmente a dos: a) incertidumbre científica y b) nivel de gravedad del daño, pues consideramos que la exigencia de *evaluación científica del riesgo* (tercer elemento según la mayoría de los doctrinarios) se encuentra inserta tanto en uno como en otro. Es que ella es necesaria para llegar a determinar tanto la incertidumbre científica como la magnitud o gravedad del daño.

2.4. Acciones

Dado que se trata de una regla flexible, no existe un catálogo rígido de medidas, sino que el curso de la acción a seguir dependerá de cada caso. La variedad de acciones precautorias posibles va desde una medida jurídicamente vinculante —susceptible de control jurisdiccional— hasta un proyecto de investigación o una recomendación; desde las que constriñen la posibilidad de daño, a las que limitan el alcance e incrementan el control del mismo. Contemplan un rango que comienza con las más débiles (estudio intensivo de un problema, imponer un etiquetado obligatorio de advertencia al consumidor; hacer un seguimiento más cuidadoso del producto y de sus efectos), las simples restricciones o exigencias sobre una determinada práctica (producción limpia; evaluación de las distintas alternativas; ajustarse a un listado de productos

algunos países no lo contemplan expresamente, han firmado instrumentos internacionales que sí lo contemplan, v.gr: Guatemala ha suscrito y ratificado diversos instrumentos en materia de ambiente, específicamente en el tema de cambio climático, tales como la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y el Protocolo de Kioto, el Convenio Centroamericano Sobre Cambios Climáticos, la Convención de Viena para la Protección de la Capa de Ozono, el Convenio Sobre la Diversidad Biológica, el Convenio de las Naciones Unidas para Combatir la Desertificación.

⁷ <https://plataformacelac.org>

químicos de comprobación obligatoria inversa; la agricultura orgánica, la administración de ecosistemas; imponer ciertos requerimientos de pre-mercado o de pre-actividad), hasta culminar con las más firmes: una eliminación gradual de la actividad o una total prohibición.

Si se tiene en cuenta este espectro de medidas posibles, puede afirmarse que el PP, lejos de constituir un freno a la actividad de innovación, es, por el contrario, un incentivo para que las innovaciones tecnológicas tengan más en cuenta la necesidad de proteger al máximo el medio ambiente.

2.5. Ámbito de Aplicación

La historia del principio, su incorporación en textos legales, su aplicación por parte de la jurisprudencia o en ciencias como la medicina, psicología, sociología, bioética, economía, filosofía o política —en tanto elemento que permite afrontar el problema de los riesgos ocasionados por los nuevos avances de la Ciencia en general— (Cerro Seira, 2003:14/15) muestra cómo su horizonte de expansión es amplísimo al abarcar múltiples disciplinas. “Este principio no sólo es considerado como la piedra angular sobre la cual se erige la estrategia de bioseguridad y la planificación ambiental europea, sino también como un elemento de gran influencia dentro de la capacidad volitiva y decisoria de los entes públicos desarrollada y puesta en práctica en los últimos años en el territorio de la Unión para la defensa del interés general en los más diversos campos” (Asprino Salas, 2012:196).

“El principio de precaución se aplica en todo aquello que supone resguardar derechos humanos y privilegia la hipótesis de que suceda lo peor, un daño irreversible, aun en un plazo muy largo” (Kemelmajer de Carlucci, 2016:378).

3. Posmodernidad y Tecnociencia. Crisis de la idea de progreso. PP y Progreso

3.1. Posmodernidad y Tecnociencia

El paradigma dominante desde la Modernidad es el tecnocrático. Reconoce su raíz en los grandes desarrollos que la ciencia —ligada

estrechamente a la técnica desde los tiempos de Bacon y Descartes— ha producido especialmente durante el siglo XX y lo que va del XXI. Esta relación entre ciencia y técnica es tan fuerte que existe un vocablo para expresar esta realidad: la tecnociencia (Latour, 1987)⁸. La tecnociencia es expresión del imperativo tecnológico ínsito en el ser humano como *homo technologicus*, que tiende a progresar en seguridad, bienestar y calidad de vida. Imperativo que es legítimo y válido como exigencia de la autonomía y de la dignidad humana.

La técnica está guiada por criterios pragmáticos: se rige por el principio de la maximización de la eficiencia, el criterio de utilidad y el imperativo de la innovación. Es tanto el poder de la tecnociencia que Jeremy Rifkin (Cely Galindo, 2009:106-115) llega a predecir que “la revolución biotecnológica” influirá en todos los ámbitos de nuestras vidas desde qué comemos; con quién salimos; cómo tenemos a nuestros hijos; cómo se los educa; en qué trabajamos; cómo participamos políticamente a cómo expresamos nuestra fe o percibimos el mundo que nos rodea. Es tanto su poder, y los cambios que produce en el mundo son tan profundos, que este período que estamos transitando comienza a recibir denominación propia, como se anticipó⁹. En este nuevo tiempo, caracterizado, entre otras cosas, por la pérdida de tradiciones, de sentidos y de relativización de conceptos, la tecnociencia se presenta ella misma como una moral, una ética de la eficacia como horizonte. Un horizonte en el que prevalece la razón instrumental que presenta la verdad como utilidad, el bien como bienestar y el ideal de lo posible como factible (Cornill, 2005:67-78)¹⁰.

La tecnología parece haberse convertido en la nueva esperanza para generar la cohesión social, tras el vacío religioso y moral. Los beneficios

⁸ El término tecnociencia lo consagró el filósofo Gilbert Hottois, de la Universidad Libre de Bruselas, a partir de su libro: El paradigma bioético. Una ética para la tecnociencia 1991. Barcelona. Anthropos.

⁹ Se trata de una época que “Anthony Giddens llama “modernidad tardía”; Ulrich Beck, “modernidad reflexiva”; Georges Balandier, “supermodernidad”, edad “tecnocrónica” —Z. Brzezinsky— “de la tercera ola” —A. Toffler— o “de la información” —J. Nassbitt— y que prefiero (al igual que muchos otros) llamar “posmoderna” (Bauman, Zygmunt).

¹⁰ Las razones de eficacia que abogan por la racionalidad tecnológica van alimentando la figura de un “homo technologicus”, que carece de otras normatividades, de modo que al final la tecnología determina los fines.

de la biotecnología son prácticamente innumerables y pueden generar un nivel de bienestar y calidad de vida jamás soñados. Sin embargo, ya lo dijimos, las amenazas que esta misma revolución presenta son capaces de eliminar al ser humano en pocas generaciones.

En este contexto de riesgo global se va elaborando una *nueva filosofía de la seguridad* a partir de reacciones mundiales, uno de cuyos hitos puede verse en la conferencia de Asilomar donde los científicos, por primera vez en la historia, se dieron una moratoria respecto a las condiciones para manipular material genético in vitro¹¹. Se trata de un período en que el hombre no *puede controlar de forma segura* su relación con su entorno (postulado de la modernidad), sea ambiental, social, económico, cultural, etcétera. Por tanto, la principal característica del hombre posmoderno en la sociedad del riesgo es su vulnerabilidad y aquella filosofía se presenta, por lo mismo, como *un modelo que marca la crisis del paradigma de la modernidad, del paradigma tecnocrático hacia uno nuevo: el de la sustentabilidad*.

3.2. Modernidad y Progreso: Su crisis

Una serie de sucesos y cambios de perspectivas atribuidos a la posmodernidad demuestran el debilitamiento o crisis de la idea de progreso indefinido, optimista, lineal y progresivo que postulaba la Modernidad, así como la de casi todos sus postulados:

¹¹ En 1973 y 1975 se movilizaron los científicos y se reunieron en las conocidas Conferencias de Asilomar, dedicada a estudiar los peligros de la investigación biológica y a la elaboración de recomendaciones sobre la dirección del trabajo experimental. De ellas emergió una moratoria internacional no sin previo intercambio de opiniones divididas entre los que, de un lado sustentaban el principio de libertad de investigación científica —ilimitada— y los que sostenían un principio de protección basado en la que obtenían los seres humanos sujetos a experimentación biomédica, extendido, ahora, a toda la biología. Asilomar fue un hito en la regulación de la biotecnología. También se adhirió al PP, en 2001, un notable grupo de científicos en la Declaración de Lowell: la toma de decisiones en forma precautoria es consistente con la buena ciencia debido a las grandes lagunas de incertidumbre e incluso ignorancia que persisten en nuestra comprensión de los sistemas biológicos complejos, de la interconexión entre los organismos y del potencial de impactos interactivos y acumulativos de peligros múltiples.

3.2.1. En lo político

Si recordamos el postulado de la idea moderna de progreso (lineal, positivo, optimista, progresivo) y lo confrontamos con la situación de esta “aldea global” (Marshall Macluhan) nos viene inmediatamente a cuento el aforismo: *Cuando griten: ¡Viva el progreso! Pregunta siempre: ¿el progreso de quién*¹²? Es que, en efecto, el progreso pareciera ser el “de unos cuantos” si atendemos a la exclusión social, la pobreza mundial, la injusta distribución de la riqueza; *la inequitativa distribución de los costos ambientales de la globalización entre países desarrollados y países en vías de desarrollo* lo que afecta la justicia ambiental.

Así, se ha dicho: “Para un observador razonable de la sociedad internacional, resulta impactante constatar que, a pesar de la sofisticación en su desarrollo tecnológico, el 53% de sus miembros viven en el año 2015 en situación de pobreza, con un ingreso diario de menos de 3 dólares, que obtienen al margen de toda contratación laboral (informalidad o mercado negro) (Banco Mundial, 2014). Ese mismo observador se queda asimismo perplejo al observar que dos terceras partes del 47% restante, pasan sus días luchando por no caer en el pozo de la pobreza (Banco Mundial, 2014). Esta situación es fruto de, entre otros, los siguientes factores: (i) la tendencia de la sociedad internacional a la guerra y al desarrollo de tecnología militar; (ii) la enorme disparidad en el desarrollo socio-económico; (iii) la degradación física del medio ambiente; y (iv) la degradación espiritual fruto de nuestros criterios ético-materiales de actuación” (Olasolo, 2016:257-268).

Igualmente si tenemos en cuenta el fracaso de las revoluciones proletaria, francesa, las guerras internacionales, el terrorismo mundial, etc. concluiremos que se ha demostrado la falibilidad de los antiguos postulados modernos respecto de que la verdad radica en las inteligencias; que el progreso económico llevaría ínsito el progreso moral de la humanidad o que se instauraría una comunidad humana perfecta.

¹² Stanislaw Jerzy Lec, uno de los aforistas más importantes del siglo XX.

3.2.2. En lo científico

Algunas teorías científicas como el principio de indeterminación de Heisenberg; “principio de relación borrosa”, la del caos, la sistémica de Gödel, la física cuántica, y científicos como Kuhn, Popper, Morin, Feyerabend, etc. —cada uno desde su lado—, han puesto en cuestión el paradigma Bacon-Descartes¹³ que sostenía que “toda ciencia es un conocimiento cierto y evidente” (Bourg, 2000).

En efecto, estas teorías muestran precisamente que pierden fuerza el postulado moderno acerca de que: 1) *el conocimiento científico es cierto*: Hoy en día, tal enunciado ha devenido obsoleto y la ciencia da cabida a la incertidumbre, no ya como una imperfección metodológica predominante, sino como parte esencial de la naturaleza misma de los descubrimientos científicos. Las premisas parten de que *no existe un conocimiento teóricamente exacto sino sólo uno basado en probabilidades* y que hay imposibilidad teórica de superar alguna vez un cierto nivel de error (Morin, 1999:243)¹⁴; 2) *el conocimiento es objetivo*: Hoy se plantea que *el conocimiento científico es subjetivo, y funciona como un simple dominio cognitivo más*: Existen intereses económicos y posturas valorativas o ideológicas en los científicos que se juegan en este campo a la hora de determinar desde qué investigar

¹³ El paradigma Bacon-Descartes es caracterizado por un ideal de dominio y de posesión de la naturaleza, por una creencia optimista en la posibilidad de producir efectos de modo infalible a partir del conocimiento de leyes naturales (Bourg, 2000). Modernamente se pensaba que “siempre se progresará; el futuro será siempre mejor que el presente” (NENT, 2004; Scala, 2004). Es que nunca ocurrió en la historia de la humanidad que el conocimiento científico y técnico haya tenido un rol de primaria importancia en el desarrollo de una civilización: mejoramiento en las condiciones sanitarias, en la producción alimentaria, en los distintos medios de transporte, en las telecomunicaciones, etc. Sin embargo, pronto este “progreso indefinido” hizo notar, al decir de Ulrick Beck, tal como lo anticipamos en la Introducción, su “cara oscura” (Bergel, 2001 —b—; Kottow, 2001:55 y 1995:82/83; Federico, 2002; Follari, 2000; Klimousky, 1997; Bunge, 1972; Ciuro Caldani, 1982); http://es.wikipedia.org/wiki/Principio_de_indeterminaci%C3%B3n_de_Heisenberg.

¹⁴ Mientras que la ignorancia de la incertidumbre conduce al error, el conocimiento de la incertidumbre no sólo conduce a la duda, sino también a la estrategia. La incertidumbre no es solamente el cáncer que roe al conocimiento, también es su fermento. En este contexto pocas certezas son ciertas, a no ser aquella que afirma que lo cierto es no tener certezas.

hasta dónde recortar el tema, qué información seleccionar, cuál metodología aplicar, qué informar, etc. Ello conduce, entre otras causas, a la aparición de un reclamo de *reapropiación social de la ciencia* que se genera tanto desde el activismo social, desde movimientos sociales, como desde la academia. Se ha dicho que: “Es ya un tópico afirmar que uno de los aspectos distintivos del siglo XX frente a cualquier otro momento histórico es la multiplicación de los conocimientos científicos y la radical transformación tecnológica de las condiciones de la vida humana” (Gordillo-López Cerezo). Este *in crescendo* ha puesto en crisis la tradicional visión de la ciencia y la tecnología como autónomas y aisladas de la sociedad. Existe ahora un legítimo reclamo por relacionarlas a las tres, por contextualizar aquellas dos disciplinas en un marco social determinado. Aparecen corrientes como la llamada CTS (Ciencia, Técnica y Sociedad) que postula que no pueden las dos primeras ser autónomas y cerradas sino que deben estar vinculadas a la sociedad y su conflictividad. Se pone en cuestión la anterior premisa relativa a que “cualquier avance tecnocientífico habrá de ser socialmente positivo y, por tanto, aceptable a priori por la opinión pública”. Este reclamo social estaría justificado en cierto modo si tenemos en cuenta no sólo aquella falta de neutralidad sino también la presencia de la incertidumbre científica como características de los riesgos a los que la sociedad está expuesta: Si nadie tiene la verdad en lo científico-tecnológico, entonces nadie puede decidir por otro sin que éste sea escuchado, sobre todo cuando los efectos de esas decisiones le tocarán en primera persona. Se ha dicho así que la sociedad es ahora un gran laboratorio a cielo abierto donde se testean los efectos de productos o tecnologías no del todo comprobadas (Beck). De este modo, se critica hoy la tradición internalista de la filosofía de la ciencia marcada por un positivismo acérrimo; hoy se propone que los artefactos y conocimientos tecnocientíficos no pueden ser adecuadamente comprendidos sin la referencia a su contexto social correspondiente (lo mismo va a pasar respecto de la evaluación del riesgo según veremos: se contempla el riesgo social, no sólo el científico). Ello conlleva varias consecuencias, entre ellas: la participación pública en los procesos de toma de decisiones sobre el desarrollo y control en lo que refiere a estas disciplinas lo que se percibe y se instaura ya como un derecho ciudadano. Asimismo, se cuestiona la autonomía de ciencia y técnica respecto del plano axiológico: No existe

la tan mentada neutralidad valorativa de aquéllas ni el predominio de los criterios públicos y objetivos como bases del conocimiento. La integración CTS supera la dicotomía entre dos tipos de actitudes sociales que se observan en el tópico: la tecnofobia y la tecnofilia o tecnoéxtasis e intenta buscar un punto de equilibrio en la respuesta a la pregunta: ¿Todo lo que técnicamente puede hacerse, debe hacerse? Los primeros tienen a negarlo y rechazar la “maligna tecnología”; los segundos tienden a afirmarlo y proclamar la instauración de un “paraíso tecnológico”. El PP responde negativamente a aquella pregunta pero, desde una concepción moderada que postulamos, no cae en aquellos extremos. Lo veremos *infra*.

3.2.3. En lo ambiental

Las crisis ambientales por todos conocidas muestran el fracaso del postulado moderno acerca del *absoluto conocimiento y dominio de las leyes naturales por la “iluminación de la razón”*; *conocimiento que evitaría o controlaría todos los peligros y daños*. Estamos ante la presencia de nuevos riesgos y peligros que se han dado en llamar “riesgos tecnológicos” porque no son los propios de la naturaleza, que la técnica contribuye a controlar o extinguir, sino los que la misma técnica produce¹⁵. Estos riesgos adquieren, si se quiere, un carácter revolucionario porque la tecnociencia claramente incide en el espacio

¹⁵ La mayor cantidad de males ambientales son consecuencias no intencionadas del ilimitado progreso impulsado por las necesidades crecientes de confort y calidad de vida nunca del todo satisfechas (Drucaroff Aguiar, A., 2005:116). Así, tres innegables aspectos de la realidad parecen contradecir el postulado del progreso optimista y por la cual el principio de precaución adquiere relevancia: a) la expansión del desarrollo tecnológico, su uso ilimitado y sus incontrolables derivaciones; b) la diversificación de los campos de intervención de la acción humana que, de las formas clásicas industrialización, pasa a la acción directa sobre el genoma, al tratamiento de la información, a las distintas actividades y productos derivados de la biotecnología y de la nanotecnología (Lin-Easton, P. 2001:1-107); c) el ámbito temporal propio del desarrollo tecnológico contemporáneo: de un lado, se está experimentando una retracción negativa de la naturaleza que pone en peligro el restablecimiento del equilibrio instituido. Del otro, no podemos tomar decisiones sobre el conocimiento de experiencias pasadas pues, debido a los acelerados cambios sociales y geofísicos, no hay un número suficiente de experiencias que pueda sustentar aquellas decisiones (Lechner, N. (1987:53); Tinland, F. (2000:211-222).

y en el tiempo: a) En lo primero, porque ella produce la globalización; el mundo es la “aldea global” de la que hablaba McLuhan y los riesgos son también globales. Ellos no saben de fronteras nacionales. Los problemas globales requieren respuestas globales y lleva a las autoridades nacionales a tentar soluciones globalizadoras a partir del fortalecimiento de organismos internacionales o regionales; b) en lo segundo, porque los nuevos riesgos pueden proyectarse lejos en el tiempo y afectar las generaciones futuras.

El PNUMA en su Manifiesto por la vida, destacó la crisis ambiental actual como una crisis moral, ética, social, producto de la forma de vida de la civilización tecnológica, que cuestiona seriamente el estilo de vida de las poblaciones más ricas. Se ha interpretado así a la crisis ambiental como: insustentabilidad, como injusticia social y como decadencia de la calidad de vida (Rondinara, 2009). No se trata entonces de un problema pasajero, que se pueda resolver con simples medidas técnico-científicas, económicas o políticas, sino más bien un problema de fondo, estructural, de las civilizaciones (Olasolo, 2016). Como lo expresa Olasolo:

“Como Thomas Piketty ha demostrado en detalle, la experiencia de los últimos doscientos años refleja indefectiblemente que los modelos económicos dirigidos a maximizar la tasa de ganancia mediante el mayor incremento posible de los flujos comerciales y financieros, y la externalización de los costes sociales y medioambientales, generan una amplia exclusión social”. “La explosión demográfica, el hecho de que el ciudadano medio del siglo XXI (aquel situado en el centro de la pirámide mundial de población) apenas supera un ingreso de tres dólares al día y vive en la informalidad al margen de las instituciones nacionales e internacionales, la concentración de riqueza en manos del 1% de la población mundial (que en 2016 tendrá mayor riqueza que el 99% restante), los daños irreversibles que han comenzado a generarse en el medio ambiente como consecuencia de la necesidad creciente de utilizar los recursos no renovables existentes en La Tierra. No se trata de una mera crisis económica por desestabilización monetaria o especulativa sino de algo estructural para la sociedad”.

Es que resulta incontrovertible el hecho de que las sociedades industriales no pueden mantener sus actuales exigencias de desarrollo, ni gran parte de los ciudadanos de este planeta su actual nivel de vida, sin un agravamiento irreversible de la crisis ambiental.

Lo dicho nos advierte cómo la crisis ambiental nos conduce a una crisis más profunda que implica a la persona humana en su integridad. No se podrá tener un verdadero cambio sin la corrección de los valores y categorías sostenidos hasta acá por la civilización mundial. Así sentenciaba Der Spiegel ya en 1993: “La moralidad es una inversión. Hay un agujero en nuestra capa protectora de ozono moral, y está creciendo más grande cada día. La crisis ética de nuestra sociedad es una consecuencia de nuestra educación”

Como reacción y a modo de respuesta aparece la Bioética, las Ecoéticas (que analizan no sólo la relación del hombre con el hombre sino del hombre con la naturaleza, lo que no había sido objeto de la Ética anterior)¹⁶. En el Derecho esto deriva, por ejemplo, en el tema del Derecho de los animales y de la Madre Tierra postulada como sujeto colectivo (veremos más desarrollos *ut infra*). Cambia la perspectiva antropológica con un viraje que va desde el hombre como señor de todas las cosas, único sujeto de derechos, al hombre como parte de la Tierra y, de otro lado del “homo mensura” y del “homo sapiens-sapiens” al “homo cyborg” (contracción de máquina, cibernética y organismo), o biónico (en el campo de la biónica (biología+física+electrónica)).

Aparecen también nuevas filosofías: de la *sustentabilidad* y de la *seguridad* (vid: Hans Jonas, 1995; Torres, 2003:23 y ss., Ayestaran). La filosofía de la seguridad es, en última instancia, una filosofía del límite y de la autolimitación de los humanos: No todo lo que se puede, se debe hacer. En efecto, la crisis ambiental (ética, de civilización) lleva a la sustitución del paradigma en el que se basó hasta ahora la civilización moderna (el utilitarismo económico) por el paradigma de la sustentabilidad¹⁷. Este último pone en cuestión el paradigma tec-

¹⁶ Ver al respecto Moles Nieto; Ladrière, Jean (1997:225/7); Aledo, Antonio; Galanes, José; Ríos, Antonio; Cortina, Adela (2004:8/9); Sosa, Nicolás; Escobar Triana, Jaime (2006:1222); Franca-Tarrago, Omar.

¹⁷ Entre los postulados del paradigma o filosofía de la sostenibilidad, quisiera destacar: a) la diferencia entre crecimiento y desarrollo, entendiendo que el desarrollo de una sociedad no equivale sin más al crecimiento económico simplistamente medido por unas cuantas variables cuantitativamente expresadas; b) la idea de que el desarrollo, para ser sostenible, no tiene que comprometer la capacidad de las generaciones futuras; c) esto último implica, en términos positivos, una filosofía de la responsabilidad (recordemos el Principio de Responsabilidad de

nocrático (el hecho de que se reduzca el conocimiento de la realidad al de las ciencias positivas —cientificismo— y de poner la organización del mundo natural y social en manos del poder de las innovadoras tecnologías) e inspira la propuesta de desarrollo sostenible. Se ha dicho que el paradigma de la sustentabilidad es un pensamiento conservador y revolucionario a la vez. Conservador, en la medida en que considera esencial atenerse al PP. Revolucionario, porque cuestiona los actuales modelos de producción y consumo que hoy impera en nuestras sociedades¹⁸. Proyectar y realizar este paradigma es uno de los desafíos culturales más grande y urgente que se presenta en nuestros días. En este sentido es necesario adquirir la conciencia de que se necesitan cambios estructurales en la economía mundial para permitir que nuestro modelo de desarrollo sea “sustentable”; adquirir una nueva sensibilidad al bien común y a la fraternidad universal y emprender un cambio radical en el comportamiento consumista de gran parte de la población mundial. En este último sentido pudo decirse que la sustentabilidad supone la precaución: reponer lo que consumimos y reparar lo que deterioramos.

Jonas) que obliga a repensar y valorar las virtudes del individuo y del ciudadano teniendo en cuenta la dimensión temporal, la proyección de nuestras acciones económico-ecológicas y tecnológicas hacia un futuro no inmediato. Asimismo, la sostenibilidad implica una nueva filosofía de la economía. En un doble sentido. Primero, porque introduce la compatibilidad medioambiental como variable sustantiva en la consideración del desarrollo económico, lo que equivale a propugnar una economía ecológicamente fundamentada. Y luego, porque problematiza varios de los supuestos (filosóficos, psicológicos, antropológicos) de la teoría económica estándar, que era, en lo esencial, una crematística basada en la maximización del beneficio individual, privado, a corto plazo.

¹⁸ La filosofía que inspira la propuesta de desarrollo sostenible rectamente entendida, en equilibrio dinámico y autocentrado, es, en última instancia, una filosofía del límite, de la limitación o, por mejor decir, de la autolimitación de los humanos. En sus formulaciones más razonables, la autolimitación que conlleva la sostenibilidad se entiende como una corrección drástica o radical del antropocentrismo que ha dominado la filosofía occidental durante siglos, o sea, como un reconocimiento del límite natural de una civilización expansiva o como aceptación de que no toda necesidad humana, culturalmente inducida, puede ser satisfecha, por el riesgo que esto supondría para la parte mayoritaria de la especie de que formamos parte y, tal vez, para toda la especie.

3.3. *Nuevas perspectivas desde la filosofía de la técnica: ¿Precaución por Progreso?*

Este subtítulo encuentra pie en el hecho de que se ha postulado al PP como “una suerte de candidato a la sucesión de la idea moderna de progreso” (Bourg, 2000). Los filósofos de la técnica ven un cambio en las significaciones del recurso de la precaución en la situación contemporánea con relación a los siglos pasados. En efecto, la precaución actual se distingue de la clásica en que: a) a contrario de aquélla, la naturaleza de los daños no se conoce debido a la falta de precedentes: no se sabe si los daños sospechados van o no a darse, ni en qué medida; b) los daños actuales resultan no ya de la *omisión* sino de la *acción* desmesurada del hombre sobre la naturaleza. Ahora se integra en el dominio de la precaución la acción técnica (Goffi, 2000:203-209) sustentado filosóficamente en una ruptura con el modelo de la acción técnica derivada del paradigma Bacon-Descartes, por el nuevo contexto de duda e incertidumbre científica. Así, el PP marca un momento nuevo en la filosofía de la técnica porque revela una percepción nueva de la incertidumbre en el obrar humano e indica que la duda se introduce allí donde, con anterioridad, reinaba la certidumbre. Él se separa entonces del optimismo en el Progreso porque reconoce que el instrumento de dominio, la técnica, necesita ser ella misma, dominada y que tal dominio está lejos de ser garantizado. El progreso postulaba la certidumbre y el dominio, estamos ahora en presencia de la incertidumbre y de la impotencia. Sin embargo el PP es una respuesta positiva y activa a aquella constatación. Él pone frenos al *optimismo* baconiano-cartesiano pero no a su *activismo*. Así, el PP supone el “ejercicio activo de la duda” (Facciano,2001:247). Pero la duda introducida por el principio no conduce a la abstención sino a un activismo más claro: Nos indica que es necesario comprender previamente los fenómenos si queremos, en definitiva, dominar las cosas. El concepto de duda no es escéptico: Se trata todavía de una cartesiana a la par que revela una ética de la decisión necesaria en un contexto de incertidumbre (Figueroa Yañez, 2004,301-318) sin que subyazca al principio una teoría particular de ética ambiental (antropo-bio o ecocéntrica) (Alder,1999). Él está relacionado con una nueva filosofía de la acción que emerge de frente al dilema: ¿debemos dar luz verde al desarrollo tecnointustrial o debemos frenarlo? ¿La falta de conoci-

mientos debe ser interpretada como una licencia para actuar o como base para dilatar actividades, para moratorias y para quizá la decisión consciente de no actuar? [Bergel, 2001(b)].

De otro costado, sobre la noción de “progreso” y su relación con la ciencia, hay que atender a la realidad latinoamericana y local, al examinar la enorme necesidad de investigación en nuestra región, que lleva “a recibir con los brazos abiertos a los protocolos multilocales evitando preguntarse a quién favorecen tales investigaciones, traduciendo así investigación científica por progreso”. Esta situación advierte con ser precavidos y amerita la aplicación del PP con el fin de exigir el cálculo de daños y el control hacia las empresas teniendo en claro que investigan para obtener beneficios económicos (según hacen algunos países, como los europeos). Pero ser precavido implica también, para Pfeiffer, “caer en la cuenta de que muchas veces se sacrifican los derechos de los seres humanos que habitan nuestros suelos, con el argumento de que la ciencia debe progresar y que ese progreso beneficiará sin duda a sus hijos, aunque los perjudique a ellos. La precaución —concluye— es además generar un pensamiento crítico que nos impida caer en esa trampa” (Pfeiffer, 2004).

4. Riesgos Inciertos (consecuencias inintencionadas de la Ciencia y Técnica): Evaluación, gestión y toma de decisión

4.1. Evaluación

Cuando se trata de riesgos conocidos, previsibles, existen abundantes instrumentos de gestión que han dado muestras de servir hasta ahora para ello. Llámense análisis costo-beneficio, epidemiología, institutos de la prevención —entre ellos el Estudio de Impacto Ambiental, EIA—, del seguro o de la responsabilidad objetiva por riesgo, etc., todos ellos han sabido —con distintos resultados— dar respuestas adecuadas. Sin embargo, la incertidumbre científica existente sobre los “posibles” daños derivados de ciertos productos o actividades (cambio climático, transgénicos, telefonía móvil, etc.) plantea una dificultad a la hora de tomar decisiones respecto del control, gestión y regulación de riesgos ambientales, la mayoría de los cuales presenta gran o cierta incertidumbre. ¿Cómo regular tales “riesgos potenciales”?

Ejemplos de estos riesgos inciertos y potenciales que invocan al PP son actividades tales como la nanotecnología, la biotecnología; radiaciones como las ondas electromagnéticas y la nuclear; situaciones tales como la del efecto invernadero, las crisis de la vaca loca, del pollo con dioxinas belga; ciertas drogas o sustancias químicas (amianto, talidomida, fluorocarburos, etc.). Todos ellos, a pesar de su disimilitud genérica, se encuentran vinculadas por esta incertidumbre inicial sobre sus efectos y porque, por ello, son ejemplos claros de aplicación del PP.

Justamente, un informe de la Agencia Ambiental Europea —2001— expresa que el no haber tomado en cuenta la incertidumbre científica en la gestión de riesgos llevó a que aparezcan las crisis o males que mencionamos anteriormente (efecto invernadero, el calentamiento global, “mal de las vacas locas”, asbestos, polifluorocarbonados). Todos ellos tenían un patrón familiar: el no haber evaluado como se debía la certidumbre acerca de la ausencia de daño, lo que jugó un rol clave en demorar las acciones preventivas. Estas cuestiones han mostrado el manejo inadecuado de la incertidumbre que se ha estado haciendo a niveles competenciales de decisión y la insuficiencia de los instrumentos clásicos del proceso de toma de decisiones frente al problema que plantea la duda e incertidumbre científica sobre las consecuencias de los adelantos tecnológicos. Es que hasta hace poco se daba vía libre a la aplicación de actividades y productos hasta tanto no se demostrase que podían causar daño. En la gestión de los riesgos, se proponía como cierto y aporoblemático aquello que en realidad no se sabía si lo era o no; se ignoraba y descartaba la duda y la incertidumbre en el proceso de toma de decisión (Tickner-Raffensperger-Myers, 1999).

Es así como el PP puso de manifiesto la necesidad pero también la insuficiencia de la evaluación de riesgos tal como se la entendía y aplicaba tradicionalmente. Las evaluaciones no solían contemplar la incertidumbre como elemento o variable a tomar en cuenta. A su turno, los analistas trataban (y tratan) de evitar a toda costa los errores de tipo I —falso positivo: ver riesgo donde no lo hay—, pero entonces caían (y caen) en los errores de tipo II —falso negativo: no ver riesgo donde lo hay—. El pensamiento precautorio se inclina hacia los errores del segundo tipo por lo que los que sufrirían el daño tendrían el beneficio de la duda.

La gestión o manejo de los riesgos basados en el establecimiento — evaluación— cuantitativa de los riesgos y en el de normas y estándares cuantitativos para lo que sea un riesgo aceptable para diferentes actividades ha sido el paradigma dominante en las políticas sobre riesgos de muchas naciones. Este enfoque es visto frecuentemente como científico porque se basa en evidencia empírica. Sin embargo el proceso no es puramente objetivo¹⁹ amén de que aparece como insuficiente a la hora de gestionar riesgos inciertos: * El PP toma en cuenta que los sistemas ecológicos no son sistemas mecánicos, basados únicamente en relaciones de causa-efecto, sino que son mucho más complejos y hay dificultades reales en evaluar todos los impactos posibles y sus efectos. Este hecho es conocido desde hace muchos años en la gestión ambiental y por esa razón se han generado nuevos procedimientos de evaluación ambiental basados en la incertidumbre y el riesgo. Esas evaluaciones incorporan las incertezas y analizan los riesgos involucrados, especialmente las probabilidades de enfrentar un impacto ambiental, y cuáles podrían ser sus consecuencias. * El PP requiere el reconocimiento de un rango de perjuicios más amplio (incluyendo perjuicios sociales y económicos) que los previstos por los métodos tradicionales de análisis de riesgo (Vanegas Machega, 2004)²⁰ * Señala la necesidad de examinar no solamente los riesgos simples, directos sino también las interacciones complejas entre múltiples factores, y un

¹⁹ No es puramente objetivo porque, haciendo opciones valorativas innegables, emplea asunciones acerca del tipo de daños que deberían ser establecidos, el nivel de riesgo que es aceptable, la elección de un set limitado de dimensiones del riesgo a ser consideradas en el juicio de aceptabilidad, la elección (implícita) para considerar lo incuantificable, así como la distribución de beneficios y daños que les serán irrelevantes. También está limitado este enfoque por la falta de acuerdo sobre la utilidades o indicadores que son usados en el establecimiento de riesgos para comparar resultados para diferentes opciones de decisiones (por ej: peso perdido/ganado; especies perdidas/ganadas, años de vida perdidos/ganados, etc.) y cómo medirlos si son usados diferentes indicadores simultáneamente.

²⁰ “Para un tratamiento adecuado del riesgo hay que partir de una noción dinámica que involucre un dimensionamiento de lo físico y lo social, como una transacción en donde se integren como elementos interdependientes los patrones culturales de percepción social y los diagnósticos hechos con las herramientas de las disciplinas científicas y técnicas (...) En este sentido, la evaluación del riesgo conlleva necesariamente una dimensión subjetiva de aquello que se considera, desde el ámbito de los patrones culturales predominantes, resulta afectado por una determinada amenaza, así como por la dimensión de esa afectación”.

rango más extenso de los posibles efectos negativos.* La evaluación de riesgos convencional trabaja para manejar el riesgo pero no para eliminarlo o prevenirlo; analiza los problemas en lugar de resolverlos; trata los problemas de modo cuantitativo (cuánto riesgo; cuánta contaminación; cuánta exposición a factores nocivos es aceptable, etc.) y no cualitativo (buscar prevenir o encontrar alternativas más seguras); se usan, en general, presunciones arbitrarias y preestablecidas, y se hacen extrapolaciones de condiciones similares o parecidas (por ej.: el PP estaría en contra de la “equivalencia sustancial” aplicada en los OGM, que sostiene que dichos alimentos son equivalentes a los alimentos naturales —basándose en comparar similitudes superficiales— en tanto no haya pruebas para demostrarlo).

“Las evaluaciones de riesgo no toman en cuenta todas las variables, especialmente cuando se trata de problemas complejos. No toma en cuenta efectos sinérgicos (como exposiciones múltiples, sensibilidad de las poblaciones u otros posibles peligros). Sólo evalúan los riesgos convencionales. A esto hay que añadir el hecho que en el caso de las nuevas tecnologías, como la ingeniería genética, o cuando estamos tratando con ecosistemas poco estudiados y complejos, como es el bosque húmedo tropical, no se sabe cuáles son los riesgos convencionales” (Cozar Escalante, 2005: 133-144).

4.2. *Gestión*

Se han propuesto cinco pasos a seguir en el proceso de gestión y toma de decisiones del riesgo incierto vinculado al PP: 1) caracterizar y entender el problema o amenaza potencial; 2) determinar lo que se sabe y lo que no se sabe; 3) identificar alternativas para la actividad o el producto; 4) establecer una línea de acción y 5) realizar un monitoreo. Es decir que se trata de analizar el factor de riesgo —su identificación, su evaluación y gestión— así como penetrar en el significado de la incertidumbre científica y estudiar las medidas que pueden adoptarse en la aplicación del PP.

Como vimos, la evaluación científica que supone el PP trasciende la convencional y clásica exigiendo que ella deba iluminar la existencia de evidencia objetiva sobre el riesgo pero también los huecos en el conocimiento y las faltas de certeza de la ciencia. Ya en la etapa de gestión, la decisión política tendrá que compensar esos huecos y esas

faltas de certeza mediante hipótesis y tendrá también que considerar los efectos de “no hacer nada” (medida posible), aunque no deberá tomar como excusa para esto la ausencia de una prueba científica acerca de la existencia de una relación causa-efecto o una evaluación cuantitativa de la probabilidad de la emergencia de efectos adversos que sigan a la exposición del tema.

A su turno, de la forma en la que el principio ha sido elaborado últimamente, contiene casi siempre tres ideas adicionales que van más allá de “daño” y “falta de certeza científica”, éstas son: a) La noción de buscar alternativas para las tecnologías peligrosas; b) La idea de transferir a los proponentes de una tecnología, la responsabilidad de demostrar su seguridad; y c) la transparencia y democracia, como objetivos en la toma de decisiones sobre tecnologías. Veamos estas dos últimas.

4.2.1. Carga de la prueba

Consideramos que la determinación de la carga de la prueba es un *efecto* del PP. Éste consiste en revertir el criterio dominante tradicional en la protección del medio ambiente y de la salud pública según el cual, mientras las autoridades no pudieran probar con certeza científica la existencia de un riesgo, las actividades o productos en cuestión no podían sufrir ninguna traba. Ahora las medidas de precaución son capaces de designar a quién incumbe aportar las pruebas científicas necesarias para una evaluación del riesgo más completa.

Así, el PP faculta a las autoridades públicas a exigir a quien introduce productos o desarrolla actividades potencialmente riesgosas que aporte sus propias conclusiones científicas en base a las cuales estima que tales productos o actividades no traen aparejados riesgos desproporcionados al público o al medio ambiente. Luego, corresponderá a las autoridades decidir las medidas a adoptar en base a esa información y a la que se procure a través de sus propias estructuras. Se escucha al productor o industrial; si este no prueba la inocuidad del producto o que sus riesgos son menores al tolerable por la sociedad, las autoridades considerarán la aplicación del PP.

El Informe de la UNESCO (2005) indica que la principal carga de proveer a la evidencia de seguridad debería recaer en los que propo-

nen la nueva tecnología o actividad. Asimismo, la Comunicación Europea (COM 2000) se muestra partidaria de la inversión de la carga de la prueba sobre el productor, fabricante o el importador como en el supuesto previsto por algunas normas comunitarias a las que se aplica el principio de “autorización previa” antes de la comercialización de ciertos productos aunque, fuera de este caso, recomienda que tal obligación no se prevea con carácter general. Se ha dicho que cuando no hay un procedimiento de autorización previo, tanto el usuario como las autoridades públicas deben ser advertidos de la posibilidad de peligro o del nivel de riesgo de un producto o un proceso. En tales casos, que serán excepcionales, se debe exigir como medida precautoria que el productor, manufacturador o importador prueben la inocuidad del producto, comprueben que su conducta o actividad con seguridad, no provoca o no provocará la alegada o temida lesión al medio ambiente.

En el contexto del Derecho Ambiental, el adagio “in dubio pro reo” es transmutado, en el rastro del PP, en “in dubio pro natura”, cargando consigo una fuerte presunción a favor de la protección de la salud humana...lo que simboliza claramente un nuevo paradigma: antes el contaminador se beneficiaba de la duda científica: en adelante la duda funcionará en beneficio del ambiente. Se parte ahora de una premisa distinta: que los productos o actividades son en principio dañinos o peligrosos. Al decir de Benjamin (2000) —jurista y juez del Supremo Tribunal de Brasil—, ello encontraría sustento en la tesis —reconocida en algunas Constituciones Nacionales— de que hay un deber genérico y abstracto de no degradar el medio ambiente; esto invertiría el régimen jurídico de ilicitud en el campo de estas actividades, ya que en las nuevas bases ésta se presume hasta que se pruebe lo contrario. La incertidumbre base del principio analizado cambia el test de razonabilidad de la limitación de derechos —y de legalidad del acto administrativo— frente a pruebas no fehacientes²¹.

²¹ Las razones de la inversión probatoria son de índoles varias: *Jurídica: Lo ya expuesto respecto a que se cambia la premisa existente por la de que en principio los productos son dañinos o peligrosos en los supuestos de la precaución, basada en el deber constitucional de no degradar el ambiente. Asimismo, principios tales como el de solidaridad, cooperación, igualdad, adaptabilidad del procedimiento al caso concreto subyacen a ellas. * Práctica: Es mucho más factible que quien mejores herramientas tenga para investigar sea quien está trabajando con el material o la actividad peligrosa, que el resto de las personas. También, y por

Sin embargo, no se exige ni pruebas concluyentes de seguridad y comprensión total de los posibles efectos adversos de la actividad o producto —lo que implicaría en los hechos la paralización en la incorporación de cualquier nueva tecnología—, ni tampoco se contenta el PP con su edulcorada aplicación (equiparlo a un análisis convencional de riesgos fundamentado empíricamente: haber identificado los posibles impactos dañinos sobre la salud y el medio ambiente sobre un conocimiento científico que se cree fiable y completo sobre riesgos inevitables y deben ser aceptados por la sociedad) desvirtuando así el principio y su función.

4.2.2. Transparencia y Participación Pública

La transparencia se impone sobre todo a los poderes públicos y los obliga primero a informarse ellos mismos y luego a informar a las personas acerca de las elecciones técnicas tomadas en materia de ambiente, los estudios que se hayan efectuado acerca de la magnitud de los riesgos potenciales y de los esfuerzos que han hecho con vistas a reducir al mínimo o a eliminar tales riesgos (por ej.: etiquetado de alimentos transgénicos) a fin de que todos los ciudadanos puedan hacerse una idea del estado del ambiente en el cual viven sin tener que obtenerla al precio de iniciar y seguir un procedimiento administrativo que puede ser no sólo largo sino costoso. Se pasaría así de un

idénticas razones, es mucho más barato para ellos producir esa prueba pues su producción en no pocos casos puede presentar dificultades y costos insostenibles para los simples ciudadanos. De este modo, en algunos casos la inversión de la carga de la prueba reequilibra las desigualdades entre las partes involucradas;

* Procesal: Las actividades o productos potencialmente dañinos involucran conocimientos complejos que son exclusivos del fabricante o de los proveedores de servicios, resultando más fácil para los mismos y más difícil para los demandantes demostrar la existencia o ausencia de riesgo. Esta detentación exclusiva de conocimientos justifica la inversión. Son ellos quienes “están en mejores condiciones de probar”, de acuerdo a la teoría de la carga probatoria dinámica y por tanto coadyuvar a uno de los objetivos del proceso: la búsqueda y determinación de la verdad material. Pero además, esto no es propio del PP: la inversión probatoria con apoyo en esta teoría se da en distintas ramas del derecho. En definitiva, en algunas situaciones, por dificultades de demostración por parte de los afectados o por la exclusividad de información de los productores, se puede invertir la carga de la prueba con los debidos cuidados para que la revelación de conocimientos no perjudique la empresa.

deber de información pasiva a uno de información activa por parte del Estado. Desde el lado del empresario o industrial, el PP supondrá que éste deba profundizar sus investigaciones, los EIA —que ahora deberán tener en cuenta los riesgos potenciales y las opiniones científicas disidentes— e informar de ellos a los poderes públicos, a la Administración. De hecho, la información pública influida por el PP mandará a dar peso a las opiniones científicas disidentes, comunicar el riesgo aunque sea incierto y solo sospechado y no solo comunicar sino producir información en este sentido.

El Estado debe tener en cuenta las sugerencias de la sociedad acerca de las medidas a adoptar. Y esto se conoce a través de mecanismos de participación pública que deben ser pergeñados al efecto sobre todo al momento de tomar decisiones que conciernen a todos o a una gran parte de la población. De este modo los decisores tendrán que tomar el pulso de lo que sea un riesgo aceptable por la sociedad, de lo que sean sus miedos —irracionales o atendibles— previo a tomar una decisión.

La doctrina en el tema no desconoce las dificultades para participar en las decisiones complejas y técnicas de una sociedad democrática moderna: la falta de educación; el cambio de la mentalidad consumista para pasar a desarrollar nuestras capacidades y sentimiento de comunidad; la conversión de la ciudadanía en un sujeto directo de control de la administración (lo que es solución válida sólo si no atenta contra la eficiencia del desempeño gubernamental y si se asegura el equilibrio de poder de modo que los mecanismos de participación no estén copados por intereses organizados que reproducen las pautas de exclusión social).

La participación ciudadana está contemplada en el Principio 10 de la Declaración de Río; en la Agenda 21, párrafo 23.2; en diversos tratados internacionales e incorporados a la Constitución y leyes de numerosos países latinoamericanos (Argentina, Ecuador, Bolivia, Venezuela, Brasil, etc.) (Castro Rivera, 2018)²².

²² “En diecinueve constituciones latinoamericanas encontramos mecanismos de democracia directa que van, desde los tradicionales plebiscitos y referéndum, hasta novedosas e innovadoras formas participativas, tales como, revocación de mandato de los elegidos popularmente, iniciativa legislativa popular, control social del Estado, Planificación y Elaboración de Políticas Públicas con

El Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe, conocido como “Acuerdo de Escazú” (4/03/2018) afianza los denominados derechos de triple acceso —a la información ambiental, la participación en la toma de decisiones y la justicia en materia ambiental—, en la los países de Latinoamérica y el Caribe.

Hay una gran variedad de herramientas de participación para la toma de decisiones en políticas públicas, vg.: consultas, audiencias públicas encuestas, Defensor del Pueblo, asociaciones de defensa de los consumidores, plebiscito, presupuesto participativo, referéndum, iniciativa popular legislativa, conferencias consensuadas (Noruega), veedurías ciudadanas (Colombia), comité de vigilancia (Bolivia); conferencias en mesa redonda (Canadá) entre otros canales. La clase de herramientas y de procedimientos que uno adopte dependen obviamente de la clase de problema que uno enfrente (v. gr: conferencias consensuadas para temas que preocupan a la sociedad toda como los transgénicos, o bien talleres con las partes interesadas para temas más conflictivos y con grupos de intereses definidos). De todos modos, no es posible *a priori* especificar la mejor herramienta de participación. Las decisiones que implican el PP deberían ser tomadas caso por caso. Todas las herramientas de participación en la

participación vinculante” (Castro Rivera, 2018: 127 y ss.). De otra parte, la Carta Iberoamericana de Participación Ciudadana en la Gestión Pública del año 2009 garantizó a toda la población la posibilidad de influir en la producción de las políticas públicas, fijando que para alcanzar este objetivo el camino correcto se encontraba en la creación de formas institucionalizadas de participación ciudadana. Junto a ella y al acceso a la información, la actuación pública transparente se convierte en “una herramienta para mejorar la calidad de vida de las personas”. La Corte Interamericana de Derechos Humanos en la causa “Claude Reyes y otros vs. Chile” del 19 de setiembre de 2006, expuso el actuar del Estado que debe regirse por los principios de publicidad y transparencia en la gestión pública, lo que permite que las personas que se encuentran bajo su jurisdicción “ejercen el control democrático de las gestiones estatales, de forma tal que puedan cuestionar, indagar y considerar si se está dando un adecuado cumplimiento de las funciones públicas. El acceso a la información bajo el control del Estado, que sea de interés público, puede permitir la participación en la gestión pública, a través del control social que se puede ejercer con dicho acceso”.

decisión forman parte de un nuevo gobierno de C&T. El hecho de que no sea posible especificar la mejor herramienta desde el comienzo, no debería hacer olvidar la observación de que el principio por su inherente dependencia a los valores y a las dimensiones éticas llame a una consulta con un gran sector del público en general. Reconocer la dignidad humana (Kant) y no instrumentalizarlo exige la participación de los afectados por decisiones biotecnológicas en esas mismas dimensiones. Caso contrario las decisiones no podrían considerarse justas como recuerda hoy la ética del discurso (Habermas). En caso de interlocutores virtuales es necesario contar con representantes de sus intereses. Los sujetos éticos de las decisiones en materia biotecnológicas no podrían ser sólo los políticos, empresarios y científicos porque se reforzaría la desigualdad entre ellos y porque se considera al ser humano autónomo, no heterónimo. En este marco de una ética cívica de la responsabilidad es aquél en el que cobra sentido el *ethos* de la cautela, como se va explicitando históricamente a través de este principio.

A su turno, si la participación ciudadana es útil como fuente de información a los poderes públicos, la información pública es necesaria para asegurar la eficiente participación ciudadana. Una población informada y políticamente madura será seguramente la clave para una democracia participativa efectiva que es aquélla a la que llama al PP. Por lo demás, la información es no sólo un requisito básico para la participación ciudadana sino también un corolario a la necesidad de fortalecer su educación.

La exigencia de participación ciudadana viene dada por varios motivos. En primer lugar, quienes están en una posición legitimada o autorizada para tomar estas decisiones pertinentes al PP son claramente los representantes elegidos democráticamente por el pueblo. Sin embargo, muchas de estas decisiones involucrarán estrategias de largo plazo cuyos efectos, por tanto, se extienden más allá del término de la duración de los representantes elegidos. En segundo lugar, muchas de estas decisiones son bastante complejas y necesitan expertos científicos para sortearlas por lo que las autoridades y los políticos esperan que los científicos jueguen un rol activo en esta toma de decisiones. Frecuentemente, sin embargo, esto implica que los expertos científicos proveen toda la información para el proceso de decisión,

lo que no es deseable²³. En tercer lugar, las sociedades democráticas son pluralistas, con una multitud de valores y de preferencias individuales. Y no hay hoy por hoy, caminos alternativos, atajos, para esta multiplicidad de valores. En cuarto lugar, es claro que aquellos que están directa o indirectamente afectados por ciertos riesgos deberían tener algo que decir en el manejo de tales. Por lo demás, si el público es escuchado, se le da voz en la decisión final, entonces está también deseoso de ser co-responsable en relación a su resultado y se aseguran así la eficacia en los planes de largo plazo. La participación pública proporciona oportunidades para la cooperación y coordinación entre el gobierno y la sociedad civil, y entre los diversos sectores de esta última, construyendo confianza entre las partes y llevando a la creación de relaciones de colaboración a largo plazo.

El nivel de precaución a adoptar no puede estar desligado del concepto de riesgo socialmente aceptable, lo cual depende, a su vez, del contexto cultural en que se aplica la medida. De allí que esta exigencia del principio se ha visto como una aplicación extensiva de la exigen-

²³ Otro de los motivos de la participación es la no neutralidad de la ciencia. Se ha hablado de complicidad con la industria, de criterios de rentabilidad para decidir qué o cómo se va a investigar; de criterios subjetivos en la elección del campo de investigación o de selección del método. La participación de la industria posee un lado positivo para los investigadores: el incremento de los recursos. La investigación biotecnológica en los países industrializados está encabezada por el sector privado, lo que no sucede en América Latina, donde la investigación se realiza con fondos públicos. Ello debiera permitir la existencia de un gran espacio para decidir socialmente qué se investiga en los centros de investigación del continente, y profundizar en el diálogo ciencia y sociedad. A esto debemos adicionar una circunstancia que no puede pasar inadvertida. La cada vez creciente privatización de la investigación en esta área hace que la opinión pública tenga mayores cuestionamientos éticos y una sensación generalizada de desconfianza hacia los investigadores, lo que acentúa la necesidad no sólo de afinar el análisis del riesgo, sino de someter todas estas actividades a un debate público que ubique a la sociedad en el centro del interés a tutelar (Bergel, 2008). Actualmente, la encuesta transmitida a las asociaciones de consumidores del continente latinoamericano asociadas a CONSUMER INTERNATIONAL refleja una nula participación de las ONG y las agrupaciones sociales en las discusiones sobre líneas de investigación. El análisis de la encuesta identifica como único espacio de diálogo Ciencia-Sociedad a la Universidad, clasificándola desde muy positiva, como en el caso de la Universidad Nacional de Colombia, a casi inexistente, como en el caso argentino, a pesar de ser éste un país donde se realiza mucha investigación.

cia de consentimiento informado, ya aceptado y usado en las intervenciones médicas. Justamente una de las diferencias entre el principio de responsabilidad de Jonas y el precautorio se halla en que éste se dirige a los ciudadanos y consulta a ellos, no es sólo una política de expertos. Y consulta a los ciudadanos por dos razones no excluyentes. Una política defensiva, análoga a la medicina defensiva y/o por convicción de que los afectados son seres autónomos, interlocutores válidos y por tanto deben participar dialógicamente en las decisiones que les afectan. Si bien es fuerte la tentación de entender la participación ciudadana sólo como un reparto de responsabilidades por parte del poder público para eludir problemas jurídicos políticos. Informar y pedirles participación es una exigencia ética.

No es coherente con la democracia el ocultamiento de información sobre los riesgos potenciales de productos o actividades que se lanzan al mercado, se ejecutan y autorizan a ejecutar, de los procedimientos y criterios empleados para la eventual adopción de medidas precautorias (Bahona Nieto, 2004:257). Este recaudo es tan central que el recurso a la precaución será ilegítimo allí donde no pueda constatarse un proceso de valuación científica transparente (Cercó Seira, 2003). Las circunstancias de la incertidumbre y de la provisionalidad de las medidas precautorias hacen especialmente importante esta exigencia (Rodríguez, 2007).

Por otro lado, la conflictividad que generan los riesgos derivados de los avances de la tecnociencia y, más concretamente, de la biotecnología no asume sólo el carácter tecnocientífico, sino que posee ribetes sociales, culturales, éticos, religiosos y morales. De allí “la necesidad de encontrar espacios de elucidación y de creación verdadera de democracia participativa en L.A”. (Bota Arqué, 2003:21). En efecto, Elizabeth Fischer señala características en estos tipos de riesgos: a) son inciertos científicamente; b) son inciertos conductualmente; c) su aceptabilidad o rechazo dependen de un contexto cultural determinado (Rebolledo Aguirre, 2012). Esto es precisamente lo que hace que la intervención del Estado sea esencial pues sólo en él se asegura la participación de todos los actores en la mecánica del riesgo así como por ende, una visión integral amplia a los efectos de un eficiente análisis de los mismos y toma de decisiones frente a ellos (Bota Arqué, 2003).

Ahora bien, este último autor ha dicho que: “Latinoamérica y el Caribe se encuentran frente al reto de redefinir la democracia para que dé respuesta a los problemas que el desarrollo está generando. Apropiándose de los adelantos tecnológicos de conocimientos, pero respondiendo también a las presiones políticas y económicas de los grandes conglomerados industriales o multinacionales. Los países del sur no participan en la mayoría de las decisiones, y los afectados virtuales menos aún, lo cual lleva a dudar de esta supuesta era democrática en el continente. Es que América Latina no tiene plataformas de información ambiental de alcance continental, para saber, por ejemplo, de la transferencia de contaminantes entre países, derivada de actividades extractivas o productivas como la minería, la generación termoeléctrica, los transgénicos, o la situación del suelo, el aire y el agua. Tampoco existe estándar básico de participación ciudadana en las decisiones políticas y productivas, y menos todavía una base sobre acceso a Justicia para exigir derechos ambientales. Con ese vacío en mente, numerosos países de América Latina²⁴ buscan crear una institucionalidad continental, a fin de operacionalizar el Principio 10 de la Convención de Río²⁵.

²⁴ Países: 2016: – Antigua y Barbuda– Argentina (la)– Bahamas (las)—Barbados– Belice– Bolivia (Estado plurinacional de) (el)– Brasil (el)– Chile– Colombia– Costa Rica– Cuba– Dominica– Ecuador (el)– El Salvador – Granada – Guatemala – Guyana – Haití – Honduras – Jamaica – México – Nicaragua– Panamá – Paraguay (el) – Perú (el) – República Dominicana (la) – Saint Kitts y Nevis – San Vicente y las Granadinas – Santa Lucía – Surinam – Trinidad y Tobago – Uruguay (el) – Venezuela (República Bolivariana de) (la)

²⁵ En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible (Río+20), realizada en Río de Janeiro en junio de 2012, se firmó la Declaración sobre la aplicación del principio 10 de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo en América Latina y el Caribe. En la Declaración, los países signatarios se comprometieron a avanzar en la consecución de un acuerdo regional que facilite la implementación cabal de los derechos de acceso a la información, participación y justicia en asuntos ambientales con el apoyo de la CEPAL como secretaría técnica. Entre 2012 y 2014, se celebraron cuatro reuniones de los puntos focales de los países signatarios y catorce reuniones de grupos de trabajo. En noviembre de 2014 los países dieron inicio a la fase de negociación del acuerdo regional, creando un Comité de Negociación con la expectativa de finalizarlo en diciembre de 2017. <http://www.cepal.org/es/temas/principio-10> En Brasilia en marzo 2017 se reúnen la sexta vez para el acuerdo para el acceso a la información participación pública y justicia ambiental Si bien la UE desde 1999

“En definitiva, la participación ciudadana en la toma de decisiones es hoy un hecho positivo, una garantía de aplicación del principio de precaución, que se apoya en una creciente sensibilidad social frente a las implicaciones del desarrollo techno-científico que puedan comportar riesgos para las personas o el medio ambiente. Dicha participación, hemos de insistir, reclama un mínimo de formación científica que haga posible la comprensión de los problemas y de las opciones —que se pueden y se deben expresar con un lenguaje accesible— y no ha de verse rechazada con el argumento de que problemas como el cambio climático o la manipulación genética sean de una gran com-

cuenta con la Convención de Aarhus sobre derecho a información, participación ciudadana y acceso a justicia, considerado el instrumento más avanzado sobre “democracia ambiental”, y firmado ya por 46 países lo cierto es que desde AL se generó un movimiento para contar con su propio acuerdo regional, crear una institucionalidad nueva, “porque en América Latina los recursos naturales son más necesarios para la economía en comparación con Europa:... enfrentamos desafíos que son particulares a nuestra región. El uso de los recursos naturales en nuestra región es una base de la economía, lo que no es tan fuerte en Europa”. “No hay nada a nivel latinoamericano, por eso es importante tener una convención como esta, que permita tener ciertas lógicas comunes, que a la larga lleven a algún nivel de gestión común, pues los recursos naturales, el medioambiente y los ecosistemas son recursos comunes que traspasan las fronteras, de tal manera que esas políticas consideren la existencia de estos derechos reconocidos internacionalmente y el acuerdo y la voluntad de los Estados de América Latina de hacerlos cumplir, y de respetar sus obligaciones internacionales”. Según los expertos, el nuevo instrumento podría contribuir, entre otras cosas —en el caso de Chile— a enfrentar problemas tan heterogéneos como el secretismo del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) sobre los cultivos transgénicos; permitir mayor investigación participativa para corregir el vicio de la “información errónea, incompleta o derechamente falsa” que el Gobierno detectó en 2007 en los Estudios de Impacto Ambiental que presentan las empresas; potenciar nuevas y más completas herramientas como la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) o el Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), para así democratizar las decisiones ambientales y superar la definición de los usos de recursos naturales mediante la evaluación “proyecto por proyecto” (como sucede ahora) y no según vocación de territorios; y a promover el “principio precautorio” por sobre el actual “principio preventivo” que inspira al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), mediante el cual los proyectos empresariales tienden siempre a aprobarse, considerando sólo medidas de mitigación y compensación. <http://radio.uchile.cl/2013/08/25/quince-paises-de-america-latina-preparan-convencion-internacional-por-derechos-ambientales/07/02/2017>. Por último contamos con el ya mentado supra, “Acuerdo de Escazú”.

plejidad. Así pues, la alfabetización científica no sólo no constituye un ‘mito irrealizable’ (Shamos, 1995), sino que se impone como una dimensión esencial de la cultura ciudadana. Cabe señalar, por otra parte, que la reivindicación de esta dimensión no es el fruto de ‘una idea preconcebida’ aceptada acríticamente, como afirma Fensham (2002, y 2002b). Muy al contrario, el prejuicio ha sido y sigue siendo que ‘la mayoría de la población es incapaz de acceder a los conocimientos científicos, que exigen un alto nivel cognitivo’, lo que implica, obviamente, reservarlos a una pequeña élite. Se debe para de la noción de sociedad de la información —se basa en los progresos tecnológicos— al concepto de sociedades del conocimiento —comprende dimensiones sociales, éticas y políticas mucho más vastas— (UNESCO: 2005)” (Márquez Moreno, 2011).

4.3. Toma de decisiones y PP

La toma de decisiones en un clima de incertidumbre científica respecto a la aceptación de un proceso o un producto implica la asunción de responsabilidades que no plantean de común las tecnologías clásicas. Un dato importante a tomar en consideración es el factor tiempo: la incertidumbre en este campo —conforme lo enseña Ewald— reside en gran parte en el peligro de demora entre la causa y la manifestación del daño; ya que el retraso entre uno y otro puede ser considerable. Las hipótesis de la precaución apuntan precisamente a la toma de conciencia sobre las consecuencias derivadas de la dilación en el tiempo de las medidas orientadas a gestionar el riesgo (Ewald, 1997).

Por otra parte, el PP exige que en los procesos de elaboración de las normas que evalúen los riesgos, los califiquen en función de su intensidad y, ponderando simultáneamente la utilidad general de los productos en cuestión y su seguridad, asuman la responsabilidad final de decidir cuál es el nivel de riesgo que la sociedad haya de asumir. Al legislador o a la Administración les es exigible, en nombre de aquel principio, la labor de identificación y evaluación de los riesgos acudiendo a fuentes objetivas en el seno de un proceso de elaboración normativa caracterizado por su transparencia y su apertura a todas las opiniones seriamente fundadas. Concluso éste, la libertad de configuración normativa y el grado de discrecionalidad inherente a la potestad reglamentaria no pueden ser ignorados. La aplicación

del PP implicará además que cuando, aun amparados en la opinión científicamente predominante y más solvente, los poderes públicos no puedan desconocer la existencia de otras opiniones fundadas acerca de la falta de certeza sobre los efectos potencialmente nocivos de determinados productos o fenómenos, según las cuales precisamente esta incertidumbre sólo puede ser superada después de un período de evaluación dilatado (en algunos casos decenas de años), la decisión final deje abierta la posibilidad de su revisión y asegure mecanismos de supervisión y actualización periódicos. Dicha decisión puede, pues, legítimamente ser adoptada sobre la cuádruple base de: a) un previo proceso de estudio y análisis rigurosos en el plano científico, b) el acogimiento de las tesis científicamente prevalentes, c) la existencia de razones serias de interés general que aconsejen no impedir la difusión del producto correspondiente y d) las previsiones revisoras y actualizadoras de los límites de seguridad mínimos que se estimen pertinentes cuando la labor de verificación absoluta de los riesgos no probados, o muy insuficientemente detectados, requiera ulteriores años de investigación y comprobación científica tanto en sus componentes clínicos y de laboratorio como en su dimensión epidemiológica” (De Angel Yaguez, 2011:3)

En cuanto a las medidas concretas a adoptar, siendo el PP un concepto jurídico indeterminado ofrece una amplia gama de soluciones y flexibilidad lo que debe determinarse caso por caso. “Si son posibles varias soluciones, todas ellas lícitas y razonables, únicamente la Administración, actuando su potestad discrecional, podrá decidir al respecto”...Esta decisión es eminentemente política —no científica— que debe ser tomada en función de lo que sea “aceptable para la sociedad”, de lo que sea el nivel de protección que emana de normas y de la política ambiental en general y en concreto del país o provincia en un momento dado, en función de lo que la autoridad considere como “punto crítico a partir del cual el riesgo se torna inaceptable” (Noiville, 2007:56).

Tomar decisiones y hacer elecciones responsables sobre los cursos de acción posibles cuando la incertidumbre es grande, es quizá éticamente el aspecto más central del PP. La autoridad debe hacer un esfuerzo de prudencia para lograr el equilibrio entre dos extremos: el temor irracional ante lo novedoso por el sólo hecho de serlo y una pasividad irresponsable ante prácticas o productos que podrían ser no-

civos para la salud pública o el medio ambiente (Andorno, 2003:962). El PP exige a los Gobiernos que no puedan actuar, sin analizar los conceptos de seguridad, su aplicación práctica, sus limitaciones, las estrategias alternativas para evaluar los riesgos en pro de aceptación de instrumentos internacionalmente consensuados. Indica que el objeto de protección del mercado (libre intercambio y la defensa del derecho de la competencia), no tienen primacía sobre otros tales como: la seguridad alimentaria (rama de los Derechos Humanos), la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de sus componentes y la bioseguridad. Ello, teniendo en cuenta que los sujetos de la protección son las poblaciones no sólo para asegurarle su calidad de vida sino y sobre todo asegurar su supervivencia (Bahona Nieto, 2004). El principio se presenta en esta instancia como uno de los elementos de las políticas del “desarrollo sostenible”, doctrina oficial de los Estados de la ONU, en lo que se refiere a la gestión de recursos y a la protección del planeta (Cortina, 2004). Finalmente, sea cual sea la estrategia que se escoja dentro del rango amplio que el principio ofrece, se han impuesto ciertas limitaciones o condiciones en orden a hacerla más acorde con otros principios que también juegan en el marco de las actividades político-sociales.

Como se anticipara, el análisis del PP y las decisiones a que da lugar pueden sufrir algún cambio por influencia de la cultura. El Informe de la UNESCO recomienda que las tradiciones y diferencias culturales deban ser tenidas en cuenta en las decisiones: La utilización del PP en cualquier situación práctica deberá en todo momento ser el reflejo de tradiciones y contextos culturales más amplios. Por tanto: aunque los Estados adhieran al PP como principio común para enfrentar la incertidumbre y los riesgos, es posible que éste se aplique de manera diferente dentro de los límites de cada cultura. Las decisiones han de respetar la tradición y la cultura orientándose por principios comunes para evitar incoherencias insalvables.

En fin, desde la perspectiva de la ética pública ambiental y siempre de cara a los instrumentos de gestión ambiental, subyacen en el PP diversas pautas para los gobiernos. Este supone: a) una actitud nueva en la gestión de riesgo, ya que se trata de tomar en cuenta los “potenciales”, es decir se trata de decidir en situación de incertidumbre, y de allí la necesidad de que se ejerza en niveles de gobierno, la virtud de la prudencia de la que el principio sólo constituye su puesta en práctica;

de allí también la necesidad de contar con científicos independientes y lo más objetivos posibles y de efectuar una EAE y EIA antes de la toma de decisión; b) esta nueva actitud, el decidir frente a la incertidumbre, requiere la máxima transparencia en las decisiones políticas relativas a la salud pública y al medio ambiente y una participación directa del público en la elección entre las diversas opciones tecnológicas que se presentan. Se deberá atender a la mejor herramienta participativa según el caso; c) un nuevo modo de decisión política, radicalmente democrático, que respete los aspectos formales de la ética de la información: cuando haya disputas sobre normas y proyectos relevantes, se deberá buscar consenso en un diálogo serio con todas las partes interesadas, y al mismo tiempo una visión más global de nuestra responsabilidad; d) un actuar responsable que se logra a partir de la obtención de información confiable, y toda la posible y que requiere prever las consecuencias de nuestras acciones aún en un futuro en el que nosotros ya no estaremos (ética del futuro). Se deberá atender a las eventuales consecuencias sobre las generaciones futuras. El principio en el fondo no es más que el instrumento para asegurar una mejor calidad de vida de la generación presente y de las generaciones futuras (Andorno, 2004). “El hecho de no poder prever los daños futuros de nuestras acciones no excluye nuestra responsabilidad (obrar con desconocimiento de las consecuencias es un obrar culposo y, por lo tanto, moralmente incorrecto) (Pedace, 2001); e) el principio analizado advierte también sobre la no economización del debate económico y la reasunción del pensamiento político de valores; f) dada la mutabilidad y reversibilidad de las medidas de precaución debe efectuarse una investigación continua y elaborarse sistemas adecuados de monitoreo.

5. Un Derecho nuevo frente a la “era tecnológica”

El Derecho es, según la acepción aquiniana, el objeto de la Justicia. Lo justo en sí mismo; “la misma cosa justa”, y ello refiere a una cierta relación de igualdad, adecuación, ajuste. El Derecho es “aquello que se ajusta a otro, según una cierta forma de igualdad”.

Teniendo en cuenta esto: ¿Qué supone la Justicia en términos de los avances tecnocientíficos actuales? En primer lugar, una “adecua-

da” distribución de los beneficios y de los costes que conllevan aquellos avances y descubrimientos para la sociedad toda. Nosotros nos centraremos, según el objeto de este trabajo, en el segundo de los extremos: los costes²⁶ considerando que ellos son los nuevos peligros

²⁶ Los grandes riesgos de la posmodernidad pueden concentrarse en los ambientales y en los biotecnológicos. Ahora bien, respecto a estos últimos: “La biotecnología y el impacto económico y en las relaciones de producción que genera provocó el agravamiento de la brecha entre países desarrollados y en desarrollo. Aunque ella ha aumentado la calidad de vida y la disminución de enfermedades de la población no resulta cierto al parecer que haya disminuido el hambre en el mundo a la par que la generación de conocimiento se sigue haciendo en los países desarrollados, industrializados y es protegido por el régimen de patentes y derechos ...no existiendo una transferencia suficiente o equitativa del know how científico tecnológico. Y esto se agrava si se considera que el material con que se generan tales conocimientos debidamente patentados es extraído principalmente de países en vías de desarrollo. Pensamos en el material genético para la elaboración de OGM. “La diversidad genética, que antes era propiedad de nadie o de todo el mundo, se ha privatizado” (Bota Arqué, 2003). En cuanto a los riesgos ambientales, se ha dicho que: “...uno de los objetivos de la justicia ambiental es promover el acceso equitativo a los recursos naturales que satisfagan las necesidades ambientales de la población; así como permitir la participación ciudadana en la toma de decisiones ambientales; impedir que la degradación ambiental afecte desproporcionadamente a determinadas poblaciones o sectores de la sociedad”; que “Los estudios en materia de justicia ambiental internacional han enfatizado de igual manera la inequitativa distribución de los costos ambientales de la globalización entre países desarrollados y países en vías de desarrollo, así como la desproporcionada concentración de los riesgos ambientales en comunidades pobres y marginadas del mundo en vías de desarrollo”. En el comercio de residuos peligrosos, el cambio climático y la deforestación —tres contextos de los más importantes en materia ambiental— se conoce que “las políticas de desarrollo y los patrones de consumo de los países desarrollados están ejerciendo presiones insostenibles sobre el medio ambiente global, y los países en vías de desarrollo y las poblaciones pobres en todo el mundo soportan un porcentaje desproporcionado de los costos ambientales”. Esta desigualdad en la distribución se reproduce en temas como la exportación de industrias contaminantes y de residuos peligrosos de países ricos y desarrollados hacia países pobres y en vías de desarrollo en Asia, África y América Latina debido a su más laxa legislación ambiental y/o más dificultosa implementación y control de normas más estrictas. Amén de que la pobreza y la deuda se constituyen en fuertes incentivos para aceptar tales desechos o industrias. A ello se suma que las clases medias y altas de esos países en vías de desarrollo no son las principales afectadas por este ingreso, recayendo sus efectos nocivos en las poblaciones de mayor carencia. Se pierde también de vista que a nivel internacional la mayoría de los pobres del mundo están ubicados en áreas rurales y dependen de los recursos naturales para

y riesgos a los que está sometida la sociedad “global” (y globalizada por esos mismos avances) a los que venimos refiriéndonos desde la Introducción.

El Derecho, como objeto de la Justicia deberá articular su normativa e instituciones al servicio de brindar la mayor protección a las nuevas vulnerabilidades sociales. Principios ejes de esta regulación que tiene en miras la seguridad son el preventivo y el precautorio. Si el Derecho quiere ser hoy útil a las mutaciones sociales debe poder estructurar su accionar hacia la prevención de los sucesos tanto ciertos como sospechados de grave y colectiva dañosidad dejando de lado modelos anteriores que miraban más a la reparación del daño que a la prevención; al riesgo cierto que al incierto, habiéndose soslayado casi totalmente la existencia de incertidumbre científica.

A su turno, el PP es el instrumento eminente de protección frente a riesgos inciertos. Él es puente entre la Ciencia y el Derecho. Se inserta en los ordenamientos jurídicos a través del Derecho Ambiental pero sólo para expandirse a otros campos, encaramado en la corriente de protección al débil jurídico, navegando en el caudal jurídico que asume las vulnerabilidades de esta era histórica para intentar darles, de muchas formas, respuesta y protección. Tal protección implicará una nueva forma de regulación jurídica respecto de los riesgos. El PP, como vimos, y las exigencias que se le derivan, incide en la evaluación, gestión y toma de decisiones respecto de los riesgos inciertos.

¿De qué otra forma reacciona y responde el Derecho frente a estas mutaciones y cambios de la Posmodernidad en las que aparecen nuevos bienes objetos de protección; nuevas demandas de regulación jurídica y de justicia social, nueva visión de valores; nuevos paradigmas? Antes de pasar a las respuestas advertimos que ellas no se dan

subsistir. En este nivel también existe injusticia distributiva cuando tales recursos se ven amenazados por la instalación de industrias internacionales poderosas (agricultura a gran escala, la pesca comercial, la minería y la industria maderera). Es por esto que se generan los movimientos sociales que implican también una lucha por la justicia ambiental ya que el acceso a justicia de estos pueblos —comunidades indígenas, agrícolas, etc.— no siempre está garantizado aunque esté previsto en la norma. La justicia ambiental se convierte así en pilar o parte integrante e importante de la justicia social y económica” (González Carmen, 2012:13 y ss.).

a expensas de cualquier actitud valorativa, antes por el contrario el Derecho debe reflexionar sobre el cambio, su sentido y las consecuencias de sus regulaciones (Alterini, 2007)²⁷. ¿Cuáles son, entonces, las respuestas jurídicas —desde la Justicia entendida como Objeto del Derecho—, que se han intentado dar a las nuevas perspectivas que plantearon esos avances en el marco del Derecho de la Postmodernidad? Veamos puntualmente algunas de ellas:

– Ante todo, *se modifica la misma concepción de Derecho*. En efecto, las mutaciones de esta nueva etapa revelaron la insuficiencia de la ley y de los tradicionales paradigmas que servían bien al Estado de Derecho del siglo XIX pero no al Estado contemporáneo exigido de implementar y ejecutar políticas públicas efectivas. Se habla entonces del “Derecho posmoderno”, el que nace a partir de su reinención frente a este cambio de paradigma derivado de la transición de “era”: de la Modernidad a la Posmodernidad. Es por ello que se dice que: “La explosión producida por la expansión de las sociedades industriales modernas ha hecho aparecer en forma vertiginosa un derecho nuevo que ha debido salir al cruce a novedosas situaciones que la ‘era tecnológica’ ha puesto en primera plana, obligando a ‘repensar’ varias instituciones y principios que parecían definitivamente desarrollados a la luz de la concepción tradicional del siglo pasado. Esta problemática ha implicado un cambio epistemológico copernicano, ya que los nuevos derechos que están en juego no pueden protegerse a través del sistema clásico tradicional (Morello, 1992:854). Frente a esto cambia la concepción misma de Derecho que pasa de ser centro de especulaciones en la ideología burguesa e iluminista de los siglos XVIII y XIX a concebirse en medio de tantas transformaciones socio-culturales como un proceso en transformación, permeable a las nuevas deman-

²⁷ Si, como lo proclamaba el Digesto con cita de Hermogeniano (1, 5, 2), “todo el Derecho ha sido hecho por causa de los hombres” el análisis jurídico de estas nuevas perspectivas no puede quedar acotado a lo meramente económico, sino que debe rescatar el contenido ético y prevenirse “respecto del cientificismo, y ser activista en la exigencia del respeto de los valores esenciales de la persona y de su dignidad frente a la irrupción sinérgica de las nuevas tecnologías: la nanociencia y la nanotecnología; la biotecnología y la biomedicina, incluyendo la ingeniería genética; la tecnología de la información, incluyendo la computación avanzada y las comunicaciones; y la ciencia del conocimiento, incluyendo la neurociencia del conocimiento”.

dadas y adaptado a los nuevos actores sociales (Bianca Bittar, 2009). Es que no podía ser de otra manera: La vorágine tecnológica en la que el individuo está inmerso trae aparejada un aumento en las fuentes dañosas —generación de riesgos y peligros—, plantea nuevos interrogantes a los que nuestro ordenamiento jurídico debe responder; vuelve fácticamente anacrónicas —total o parcialmente— algunas normas o instituciones; presenta campos de conocimientos no contemplados originariamente por el ordenamiento jurídico y, por ende, provoca un vacío legal.

– Asimismo las transformaciones sociales, políticas, económicas y culturales han venido a exigir una *nueva reflexión sobre los problemas centrales de la Teoría General del Derecho*, desde el de los modelos jurídicos o el de los métodos hermenéuticos y las fuentes, hasta el de la integración del ordenamiento y las relaciones entre legalidad y legitimidad. Su práctica requiere adaptación a los litigios actuales, a fin de que operen a favor de la nueva dinámica jurídica en el sentido de satisfacer las reivindicaciones de la sociedad caracterizada, principalmente, por la vulnerabilidad socio-ambiental. “La sociedad posmoderna vive la lógica del tiempo imperioso y del riesgo, donde la sociedad se caracteriza por estar fragmentada y ser diferenciada, aumentando el grado de complejidad del sistema social” (Fauth-Villavicencio Calzadilla, 2013).

Según Leite y Belchior, este contexto invoca nuevas herramientas jurídicas, así como otras técnicas hermenéuticas de colisión entre los derechos fundamentales y, según los autores, los principios, de ponderación (bienes, valores e intereses) y de proporcionalidad (medios y medidas), a fin de buscar, mediante el equilibrio, la protección jurídica correspondiente (Fauth-Villavicencio Calzadilla, 2013).

– Hemos dicho que en la posmodernidad se modifica la concepción de las dimensiones espacio-temporales tal como se percibían y vivían. Stiegler, Bernard, en su “Nouvelles technologies et mutation des savoirs” (París, 1986), citado por Tinant (2008), expresa: “Al invadir hoy las nuevas tecnologías el espacio público y el tiempo común a escala planetaria (con la modalidad de objetos industriales de producción y de consumo, incluidos los ‘culturales’), es el espacio-tiempo el que resulta asaltado, hostigado y sin duda modificado por el estado presente de la tecnología”. En sentido concordante se dijo que la ve-

locidad de la tecnociencia genera una verdadera y propia patología de la relación, desconociendo el lugar de la tradición y proponiendo lo *nuevo* como valor absoluto. La *urgencia* deviene la normalidad y la *novedad* el único sentido del desarrollo. La novedad, sólo por ser tal supone —para el acrítico pensamiento postmoderno— un mejoramiento, un crecimiento, un progreso. A su turno, la *emergencia deviene la categoría central de la normatividad contemporánea*, un continuo poner remedio a la problemática creada por la novedad (Pratesi, 2007).

En medio de todas estas sustanciales modificaciones, el Derecho debe seguir cumpliendo su fin de ordenador y regulador de la vida humana, inspirado en un alto criterio de justicia y en la finalidad de la pacificación social lo cual implica el desafío álgido de actualizarse, de renovarse, de intentar²⁸ acomparar sus normas al ritmo —acelerado y frenético— de la sociedad.

– Así como se produce la mutación en materia de certezas, del tiempo y del espacio, características de la postmodernidad así también

²⁸ Nunca es posible ir al mismo ritmo. Los acontecimientos científicos y tecnológicos (ej. nanotecnología) superan en mucho la capacidad de respuesta jurídica por varias razones, entre ellas la principal es que el derecho legitima conductas sociales pero, para que él surja como tarea normativa, primero deben existir tales conductas, y si ellas se aceleran vertiginosamente, resulta evidente que todo esfuerzo legislativo tendrá un efecto inercial en tanto nunca llegará a abarcar todas las novedosas necesidades de la ciencia médica (Lovece, 2009:150). El Derecho fue captando a los inventos resultantes de las nuevas tecnologías y adecuó los criterios jurídicos a través de la ley y de la costumbre o de las sentencias judiciales. Es sabido que “la ley y la ciencia sufren sus más dramáticas confrontaciones cuando un producto o una técnica nuevos, aclamados como benefactores de la humanidad, provocan un cúmulo de efectos colaterales imprevistos”, aunque habitualmente el Derecho va detrás de los hechos... (prediciéndose) el “asincronismo entre la ciencia y el Derecho”. Pero se fue elaborando un nuevo sistema porque “los jueces no pueden ser fugitivos de la realidad”. Ante circunstancias como las de estos tiempos cualquier observador advierte que se plantea una alternativa en los términos binarios que señalaba Jossereand: o el Derecho se adecua a la nueva realidad, o ésta prescinde del Derecho, porque “una regla sólo está viva si está en marcha, como toda sociedad y todo hombre”; aunque la ley, “por lo general, controla los temerarios saltos hacia el futuro con la mano fuerte del pasado y combate la tecnología de hoy con instrumentos del ayer”. Va de suyo que, cuando los hechos prescinden del Derecho, la juridicidad es puesta en crisis y la sociedad también deja de lado a los operadores jurídicos (Alterini, 2007).

cambia y se produce la *trasmutación del centro del derecho desde el sujeto al objeto, desde el acuerdo de voluntades a la realidad negocial*, a la existencia de prestaciones y contraprestaciones (en una especie de “vuelta” al derecho romano —conforme R. Villey, 1980— sin serlo del todo), al poder y a la debilidad que se juegan en esos negocios. Ese cambio de paradigma supone *el paso de entender el razonamiento jurídico como monológico a verlo como esencialmente dialógico*. La práctica jurídica decisoria no está primariamente presidida por un razonar subjetivo, sino por un argumentar intersubjetivo. Las razones que cuentan no son las de la razón individual, las de la conciencia subjetiva del intérprete y/o juez, sino los argumentos intersubjetivos, las razones que se expresan hacia los otros como justificación de las opciones y decisiones. De este modo, la “verdad” jurídica no se averigua subjetivamente, se construye intersubjetivamente; no se demuestra en su certeza inmanente, sino que se justifica o se fundamenta en su “razonabilidad” hacia el exterior, para los demás. La corrección de las decisiones no proviene de su correspondencia con una norma que se asimila a un objeto preestablecido, sino que se apoya en el consenso que ante cada caso concreta los perfiles de la norma mediante argumentos que ya no se extraen de la norma misma sino de postulados socialmente compartidos (García, 1999).

– El Derecho responde adaptándose a esos cambios y en ello va a adquirir nuevas características: * Una de esas características es la *multiplicidad*²⁹, que se expresa en la denominada descodificación, que cambia el rol tradicional de los códigos de ser continentes de la totalidad del sistema o, por lo menos, les quita centralidad. * Otra característica es la *flexibilidad*, una de cuyas manifestaciones es la proliferación de ramas y de Derechos especiales y estatutarios que frecuentemente tienen componentes multidisciplinarios. * Otra, el hecho que la *rapidez de los cambios* que genera la proliferación legislativa

²⁹ El derecho cumple con esa multiplicidad de leyes orgánicas pero descodificadas que van dando respuestas a las nuevas necesidades emergentes de los nuevos cambios: se regularon la aeronavegación comercial con leyes y convenciones respectivas, la producción en masa a través de las leyes de protección al consumidor, los documentos, la firma y el expediente digitales equiparándolos a los escritos, la gestión de residuos industriales ante el crecimiento de las industrias y el problema de los residuos, el desarrollo de los transportes y las telecomunicaciones impulsaron el turismo y con éste los contratos de viajes y turismo...

derivada, precisamente, de la descodificación, hace que se esté en una situación de sobresaturación de actividad legislativa lo que obliga al Derecho a pensar en volver a sistemas más simples advirtiéndose que “el Derecho, como toda cosa viva, muere si es despedazado” (Seriauz, A., “Le commentaire de textes juridiques: Lois et règlements”, Paris, 1997, p. 20 citado en Alterini, 2007). Como se ve, en el Derecho también aparece la confusión, el caos, los grises, de la desarticulación frente al sistema positivista anterior en que todo era claro, pulcro, homogéneo, completo, lógico. Éste es el actual desafío junto con responder lo más pronto posible a las nuevas actividades y proceso tecnológicos que requieren de una regulación inteligente y pronta que dé orden a ese caos.

– Aparecen *nuevas demandadas (colectivas), nuevos sujetos de derecho*³⁰ y *actores sociales. Se desprivatizan ciertos intereses* pasando a ser difusos, colectivos o individuales homogéneos.

– Aparecen los *derechos de tercera y cuarta generación, los “nuevos” derechos* La respuesta del ordenamiento jurídico frente a esto ha venido conformándose desde antaño, lo que se hace visible a través del progresivo reconocimiento de los derechos humanos (y universales) y de sus sucesivas “generaciones”. De la primera a la cuarta³¹: se ha buscado proteger a la persona como eje del sistema jurídico. Hacemos notar que en todo esto no es ajeno, antes por contrario, es paradigmático, el Derecho Ambiental en donde tienen un rol preponderante, los principios preventivo y precautorio. El mismo es un derecho de tercera generación.

La bioseguridad es uno de los temas calientes que la Bioética prioriza en su agenda ante macro-riesgos biotecnológicos (Cely Galindo, 2009). En esta misma línea aparece el BioDerecho³². Ahora bien, son

³⁰ Aquí podríamos pensar no sólo en los sujetos colectivos sino también en el amplio debate referido a la naturaleza y animales como sujetos de derecho, así como a las generaciones futuras.

³¹ 1) Derechos civiles y políticos; 2) Derechos económicos, sociales y culturales; 3) Derechos de la solidaridad y derechos al desarrollo, a la paz, a un medio ambiente sano; 4) Derechos humanos de las generaciones futuras.

³² Como derivación de los avances de la biotecnología tomó protagonismo el Bioderecho, que plantea importantes temas de índole moral relacionados con la ingeniería genética, la clonación, el genoma humano, los trasplantes de órganos, la disposición del propio cuerpo, la eugenesia, la tanatoética, la eutanasia.

considerados derechos de tercera generación la Bioética³³ y Bioseguridad y derechos de cuarta generación el derecho de las generaciones futuras³⁴. El PP es un principio reconocido e indiscutible de las dos

³³ “Las incipientes normas internacionales de bioética se ubican claramente dentro del marco de los derechos humanos”. “Puede considerarse al derecho internacional de la bioética, fundamentalmente, como una manifestación de la denominada ‘tercera generación de derechos humanos’, la cual se caracteriza por la circunstancia de que la humanidad en su conjunto es vista, más allá de las fronteras nacionales, como una gran familia que debe ser protegida”. (Tinant, cit.), dice: “Una importante tarea de la bioética es armonizar el uso de las ciencias biomédicas y sus tecnologías con los derechos humanos” (Declaración Bioética de Gijón, España, 2000).

³⁴ En un trabajo de mi autoría (Vid: Bestani, A., 2011), postulamos al Principio de Fraternidad —no sólo como virtud, sino también como principio ético-político— como sostén de la responsabilidad hacia las futuras generaciones (GF). Esto lo afirmo desde el desarrollo último que han tenido, de un lado, los derechos humanos de tercera y cuarta generación y, del otro, el concepto de Humanidad en el Derecho Internacional. La libertad fue el valor-guía de la primera declaración de derechos; la igualdad lo fue para los de la segunda. Una “tercera generación” de derechos se ha entendido (Sosa) como la síntesis superadora, la nueva perspectiva —ecológica— que la humanidad adopta a las puertas del tercer milenio. El valor-guía de referencia para el establecimiento de esta tercera generación de derechos sería el de la “solidaridad”. Una solidaridad “ecológica” que abarcaría tanto solidaridades sincrónicas como diacrónicas (donde se insertan las GF). El derecho de las GF es visto como un derecho de cuarta generación y el derecho ambiental, en tanto derecho intergeneracional, los encierra. Cafferatta menciona que la Fraternidad entre los hombres es el fundamento de “los derechos de la solidaridad” forzosa ante las condiciones de vida impuestas por los adelantos científicos y técnicos cuyas consecuencias generaron una nueva conciencia en la comunidad internacional y la necesidad de entendernos y socorrernos como individuos hoy, y para las GF. En concordancia, Tinant (2008) dice: “Solidaridad que es entendida como la ‘articulación correcta de los dos valores de la dignidad ética del sujeto humano y de la igualdad de todos los sujetos en las condiciones de asimetría en que se encuentran’ (Marciano Vidal), o como ‘verdadero principio bioético sustentado en la justicia social’ (Javier Gafo y Diego Gracia)”. En el nivel político implicaría la plena realización del tercer postulado de la Revolución Francesa —fraternidad—, mediante acciones que procuren corregir las asimetrías personales y sociales y las diversas formas de discriminación y exclusión que atentan contra la dignidad humana (Gafo). Paralelismo entre las tres generaciones de derechos humanos y el tríptico libertad-igualdad-fraternidad expuesto por Vasak, Karel (1990). ‘Les différentes catégories des droits de l’homme’, Les dimensions universelles des droits de l’homme, 302, Bruselas, Ed. Bruylant. En trabajo inédito realizado en el ámbito de la Universidad Nacional de La Plata que data del año 1975 (‘La filosofía del siglo XX’, cap. IV. Prospectiva) vislum-

primeras y tiende a proteger estas últimas. La extensión de este trabajo impide adentrarnos en estos temas tan candentes y actuales pero cabe decir que el PP asegura la justicia (evitación de daños, distribución de costes) en la regulación de los riesgos ambientales y tecnológicos a que tienden tanto la Bioética como la Bioseguridad así como respecto de las generaciones futuras y sus posibilidades de bienestar y desarrollo (o, contracara de Jano, de dañosidad)³⁵.

Por lo demás, y atendiendo al marco iberoamericano de esta investigación, “no debería perderse de vista (...), que no es lo mismo discutir sobre los derechos humanos en los países altamente desarrollados que hacerlo en los países en desarrollo o en las comunidades primitivas. El profesor venezolano, recogiendo el aporte de Karl-Otto Apel acerca de que el discurso hegemónico extrapola las condiciones reales de la argumentación de un nivel superior a un nivel inferior, puntualiza al respecto que, ‘cuando los latinoamericanos clamamos por la dimensión social de la discusión de los derechos del hombre, es porque las condiciones concretas de nuestros países no son las mismas que las condiciones de aquéllos; por lo tanto, el discurso real se

bramos tal acabamiento. Con referencia a la clásica tríada señalamos entonces: ‘La libertad y la igualdad son valores sólo mensurables con otros seres humanos y se hallan regulados —en mayor o menor escala— por el Estado. La fraternidad (principio de humanidad en la versión del pensador y político italiano Giuseppe Mazzini) también supone otros pero presenta —si se quiere— una más honda raíz humana y escapa, así, a la regulación estatal. Por su parte, el concepto de humanidad crece —paradójicamente— a medida que el mundo se torna más pequeño. Fraternidad, pues, significa una posibilidad grande del ser humano de desarrollar su comprensión, su solidaridad, su amor, en la búsqueda de un destino superior común’. Y concluimos: ‘A las concepciones filosóficas de la libertad y de la igualdad —que no han llegado a resolver en su totalidad los problemas del hombre— predecimos un nuevo rumbo, una nueva concepción: la filosofía de la fraternidad’.

³⁵ El PP protege a las generaciones futuras. Es que: “Atrasar la decisión política sobre aceptabilidad de determinado proceso o producto puede tener graves consecuencias no sólo para los pobladores del mundo actual, sino para generaciones futuras. Mientras que los beneficios de un proceso productivo —en opinión de López Cerezo y Luján— son inmediatos para la gente, los costos pueden ser trasladados en el tiempo de tal modo que deberán ser amortizados por las generaciones venideras. Estas ‘víctimas’ en cualquier caso no tienen capacidad ni de litigar ni de votar, por lo que difícilmente se van a emprender medidas para evitar su perjuicio o para compensarlo” (cfr.: Bergel, 2008).

da dentro de un contexto social, político y económico que determina las posibilidades de comunicación y las posibilidades de llegar a un consenso acerca de la verdad, esto es, acerca del problema de la justicia social'. De tal modo, para Delgado Ocando 'puede decirse que la ética del discurso incurre en una falacia etnocéntrica cuando pretende hacer valer el discurso sobre dichos derechos al margen del contexto material donde el discurso se produce'. De allí nuestra apelación a favor de una mayor como inexcusable participación de los operadores latinoamericanos, entre ellos sus juristas, a la postre quienes se encuentran más directamente interpelados por tales dilemas y conflictos, a partir de valores y principios éticos universalmente proclamados y cuyo ápice es el respeto de la dignidad de la persona y la vigencia irrestricta de los derechos humanos, pero sin que ello signifique adherir acríticamente al discurso jurídico-político internacional. Vale decir, incorporando positivamente tanto sus aportes, sin duda valiosos, como los propios, en función de la imperiosa necesidad de plantear los problemas e intereses intrínsecos de la región y de impulsar soluciones concretas en tal sentido (Tinant, 2008).

– Asimismo, de la mano de la primacía de los tratados de derechos humanos, las reformas estatales junto a las nuevas tecnologías en la era de la globalización obligaron a la adopción de políticas dirigidas a modificar las organizaciones administrativas, sus estructuras y procedimientos” (Ivanega, 2011). Ya no se habla más del poder de policía³⁶ en la gestión y control del riesgo sino de “buena gobernanza;

³⁶ Se ha subrayado, con acierto, que el PP entendido como inspirador de las políticas públicas en sectores sensibles para la salud humana no encierra, en sí mismo considerado, gran novedad, antes al contrario viene presidiendo la actuación de los poderes públicos tanto en el plano legislativo como en el ejecutivo. La legislación relativa a aquellos sectores siempre ha tendido en todas las épocas, de una manera u otra, a regular de modo prudente los fenómenos que por sus implicaciones tecnológicas o por la utilización de recursos naturales peligrosos están sujetos a riesgos. Y este mismo designio ha inspirado sin duda la actividad administrativa clásicamente denominada de “policía” mediante la cual, y a través de los instrumentos usuales (licencias, autorizaciones, inspecciones y sanciones) las decisiones administrativas correspondientes han exigido el cumplimiento de las cautelas exigidas por el ordenamiento sectorial. Existe, sin embargo, una concepción más específica del PP entendido no ya como criterio de prudencia que inspira la legislación ordinariamente aplicada a cada sector, sino como principio “sustantivizado” cuya utilización tiende precisamente a dotar de validez a

*buena administración*³⁷, denominaciones en las cuales se han reunido una serie de derechos en cabeza de los ciudadanos y un listado de deberes de cumplimiento obligatorio para la Administración y los gobiernos.

Ese modelo exige calidad de la organización pública, ética, eficacia, eficiencia, transparencia, comunicación con la sociedad, objetividad, responsabilidad de los funcionarios, rendición de cuentas y así podemos continuar con una extensa nómina de componentes que adquirirán significado, en la medida de que la actividad administrativa se proyecte hacia el individuo y los núcleos sociales que éste conforma. El modelo está previsto en numerosos documentos iberoamericanos³⁸. En materia de la Administración juega un importante rol el PP, según vimos.

Las decisiones tomadas en situación de incertidumbre científica se caracterizan porque el conocimiento del que parten es cambiante siempre, de tal modo que la dinámica soslaya la tradicional interven-

medidas excepcionales en situaciones de crisis que, sin él, estarían abocadas a la aplicación ordinaria del régimen vigente en la materia. Es este segundo enfoque el que ha sido objeto de una mayor atención por la jurisprudencia y la literatura jurídica en los últimos años, abundante ésta hasta extremos que en algún momento pudieran acercarse a la saturación.

³⁷ Se han superado las viejas concepciones basadas en una Administración autoritaria, limitadora de los derechos fundamentales y libertades públicas, siendo uno de los ejemplos de esta nueva posición, la reformulación de la relación entre el ciudadano y los organismos públicos. Hace más de diez años que la llamada buena administración fue consagrada como un derecho en la Carta Europea de los Derechos Fundamentales del año 2000, concepción que implica un derecho pero también un deber; el primero a favor del ciudadano, el segundo en cabeza de la propia Administración.

³⁸ Por ejemplo, en el Documento “Gestión Pública Iberoamericana para el Siglo XXI”, aprobado en el 2010 en el seno del Centro Latinoamericano de Administración para el Desarrollo (CLAD); las Cartas Iberoamericanas de Participación Ciudadana —adoptada por la XIX Cumbre Iberoamericana, Portugal, diciembre de 2009—; Calidad en la Gestión Pública —XVIII Cumbre Iberoamericana, El Salvador, octubre de 2008—; Gobierno Electrónico —XVII Cumbre Iberoamericana, Chile, noviembre de 2007—; Código Iberoamericano de Buen Gobierno —adoptado por la XVI Cumbre Iberoamericana, Uruguay, noviembre de 2006— y Carta Iberoamericana de la Función Pública —adoptada por la XIII Cumbre Iberoamericana, Bolivia, noviembre de 2003—; la Carta Interamericana Democrática —aprobada en el Vigésimo Octavo período extraordinario de sesiones de la Asamblea General de la OEA, Perú, 2001—.

ción estatal estática y exige, en cambio, un aprendizaje y un monitoreo continuos no sólo configurados para el caso concreto sino a nivel estructural.

La Administración en la posmodernidad y frente a la incertidumbre científica deberá reinventarse a sí misma, buscando modelos administrativos propios y adecuados, a través de nuevas formas de “gobernanza”. Se tratará también de que funcionarios y abogados del estado adquieran o recuperen los talentos personales y profesionales necesarios para el trabajo en equipo interdisciplinario e intersectorial de modo eficiente y constructivo. Un equipo humano profesional, tecno-científico que no sólo reemplace sino que además supere, hoy, al hombre enciclopédico de ayer que reunía en sí mismo Derecho y Ciencias Duras o Naturales (piénsese en un Condorcet, Puffendorf, Hobbes). Si la unión de derecho y ciencia se daba en individualidades personales (antes de la separación entre Ciencia y Técnica producida por la alta especialización que requieren los desarrollos tecnológicos), ahora esa unidad y eficacia se logrará en el armado inteligente de equipos interdisciplinarios e interinstitucionales de trabajo.

– Aparece un “*Derecho de Principios*”. La normatividad del Estado constitucional está estructurada y construida sobre reglas indeterminadas, principios y directrices que no son sólo límites de las ramas del derecho sino metas que éstas deben desarrollar. Estado constitucional y razonamiento por principios van de la mano. Aunque es posible el último sin tanto desarrollo del primero. Esta política y esta técnica legislativa responde principalmente a una necesidad antes aludida de la postmodernidad: la aceleración de los tiempos. No sólo es imposible prever todo y fijarlo en la norma sino también es imposible que haya normas que tengan vigencia por largo tiempo dadas las constantes mutaciones sociales. De allí la necesidad de estructurar sobre la base de reglas más generalizadas, de gran flexibilidad y apertura. Proféticamente Esser (1961) dijo hace más de cincuenta años que: “el control de gravedad va desplazándose lentamente desde el sistema codificado a una casuística judicial orientada según principios”. El PP es prueba de ello.

– *El proceso judicial no es extraño a estas mutaciones.* Respecto de la prueba científica, tanto el científico investigador como el juez decisor padecen las modificaciones que ha experimentado la ciencia a

partir del S. XX. Se investiga y se resuelve “como si” sus conocimientos y decisiones fueran definitivos y certeros, pero sabiendo que la incertidumbre entró a formar parte del mismo saber científico, incluido el Derecho. *El PP incide en la apreciación de la prueba científica* por parte de los jueces posibilitando que las “nuevas” características que se advirtieron de la Ciencia se tengan en cuenta a la hora de hacer Justicia o de tramitar un expediente administrativo. Y así: se da valor a periciales e informes científicos sobre la inocuidad de productos o actividades cuando, al margen de la determinación de los valores límites o máximos de exposición o referencia, puntualizan la existencia de sospecha científica de eventuales efectos negativos por abajo o por encima de esos límites. O bien se falla apartándose de los informes que determinan aquellos valores sobre la base de que no hay suficiente información para descartar eventuales daños potenciales o porque se tiene presente, desde el sentenciante, precisamente, la falta de conclusiones definitivas respecto de la inocuidad de producto o situación por bajo de esos niveles científicos establecidos y la razonabilidad de las sospechas de que la exposición (v.gr: los campos electromagnéticos generados por el transformador de energía eléctrica situado cerca de un poblado donde se han detectado múltiples enfermedades entre sus pobladores).

– *El pensamiento complejo penetra en el Derecho*. Paradigma de ello es el PP y los casos a que da lugar³⁹ “El pensamiento complejo

³⁹ La complejidad nos hace comprender que no podremos escapar jamás a la incertidumbre y que jamás podremos tomar un saber total, que estamos condenados a un pensamiento acribillado de agujeros pero que también somos capaces de pensar en esas condiciones dramáticas. Nunca estaremos seguros si incluimos la multidimensionalidad. La incertidumbre, el cuestionamiento, la necesidad de la dialógica, la valoración, son claves en el pensamiento complejo (Morin) El PP es un principio y como tal guía y pauta al juzgador para considerarlo en cada caso concreto entendiendo que la racionalidad que subyace al PP no será la deductivista, la lógica, la cartesiana. El PP supone una nueva racionalidad. Entronca con la “racionalidad ecológica”, entendida como todo ejercicio de la razón que privilegia el pasaje del pensamiento lineal al pensamiento sistémico y complejo; que da lugar no menor a las formas impuras y periféricas del pensamiento (Costa Lima, Alexander José, 2011). Una racionalidad acotada en donde lo importante no es la maximización de valores (racionalidad economicista, utilitarista, instrumental) sino la satisfacción de los mismos. Desde esta perspectiva el PP es un concepto hoy por hoy, “fuzzy” (borroso, difuso): no pueden definirse mediante

no rechaza, de ninguna manera, a la claridad, el orden, el determinismo. Pero los sabe insuficientes, sabe que no podemos programar el descubrimiento, el conocimiento, ni la acción” (Morin, 1999). Y hay que dejar entonces un espacio a la incertidumbre y la espontaneidad.

– Aparece la *ciencia reguladora como respuesta a la necesidad de regulación tecnológica y biotecnológica*. Si tras la Guerra Mundial II se habían puesto en marcha políticas públicas para la promoción de la investigación científica (*policy for science*) durante los años setenta se consolida la ciencia para las políticas públicas (*science for policy*). Los esfuerzos relacionados con el uso de la ciencia y la tecnología para el logro de la sustentabilidad ambiental y económica son relativamente nuevos porque el sistema científico y la sociedad, como un todo, durante mucho tiempo no imaginaron que seríamos capaces de amenazar las fundaciones mismas de nuestra existencia. La Agenda 2030 reconoce este escenario que no por pesimista deja de ser real (Vessuri, 2006)⁴⁰. Ante las opiniones a veces irreflexivas de técnicos

los tradicionales criterios cartesianos de “claridad y distinción”, sobre la base de un pensamiento ortodoxo positivista y sólo empírico. Es más, el PP trastoca la racionalidad cartesiana al establecer el: “Dudo, por eso también obro” llega al extremo de invertir el significado cartesiano de la duda, pues lo que dudamos por no estar todavía demostrado es protagonista y lejos de descartarlo lo imaginamos como si fuera verdadero incorporándolo como guía de acción. Siendo un concepto “borroso” (Alcoberro, Ramón, 2014:126-150) es, empero, indiscutiblemente real pese a su ambigüedad. Una sociedad basada en el PP estará más abierta a asumir la interdependencia social, cultural y transgeneracional y generará una comunidad más atenta a las consecuencias de sus acciones; a convertirnos en ciudadanos más “prudentes”, en consumidores más sobrios y racionales, menos egoístas, más altruistas, con esa capacidad de autolimitación que requiere la sostenibilidad de una vida digna presente y futura en el planeta. Es así una guía para el juez que separado de la racionalidad instrumental con su valor “utilidad” tenga en cuenta esta racionalidad ecológica, y sobre la base del pensamiento complejo pueda aún preguntarse con cierta independencia y amplitud de criterio, sobre lo “justo” de cada caso.

⁴⁰ Se vuelve difícil generar escenarios robustos para la política del conocimiento y estos no son de ninguna manera obvios. Con el aumento en la capacidad de la ingeniería y la ciencia aplicada para construir sistemas crecientemente complejos, los ingenieros, científicos y gerentes han abierto cada vez más la caja de Pandora de la complejidad tecnológica. Como resultado, están teniendo que responder a una crisis de control. La expansión irrestricta del conocimiento científico conduce a demandas de que el nuevo conocimiento y su impacto sean regulados, gestionados de alguna manera, o incluso suprimidos.

y científicos que postulan la total inocuidad de la biotecnología y sus aplicaciones, cabe sostener la imperiosa necesidad de someterla a un control y seguimiento adecuados en defensa de bienes comunes.

Una de las discusiones más importantes respecto al riesgo tiene que ver con la diferencia entre aquellos que promueven una regulación basada en la ciencia (*science based regulation*) y aquellos que promueven un “principio de precaución”. Justamente, la regulación del riesgo generado por el desarrollo tecnológico es uno de los temas centrales en los estudios sobre la ciencia y tecnología y una tarea importante es el desarrollo de una clasificación significativa en la práctica que nos permita clasificar los riesgos y en base de esa clasificación sugerir maneras de tratarlo (Pérez Moreno, 2014): No es igual el riesgo cierto que el incierto; el riesgo presente que el futuro.

Por otra parte, la necesidad de la regulación está dada porque si la normatividad cede a la autonormación tecnológica “la actitud autorreferencial de la tecnología se traduce en falacia naturalística, el operador tecnológico deviene norma de sí mismo, desvinculándose de fines externos, y viene en menos no solo la posibilidad de realizar un proyecto sino, sobre todo la misma proyectabilidad del futuro” (Tallacchini, 1996).

Hoy, casi constituye una herejía el negar la necesidad de la bioseguridad y de los instrumentos creados para su realización (Bergel, 2008). Aparece la Bioseguridad como respuesta adecuada de una sociedad adulta a los riesgos generados por la moderna biotecnología. El PP, lo dijimos, es un principio clave dentro del concepto de Bioseguridad. El nuevo término “bioseguridad” supone prevención, precaución y salvaguarda de la vida ínsitas en los conjuntos normativos tendientes a la regulación de las investigaciones, métodos, actividades, procesos que tengan por objeto factores, elementos y entes biológicos (Mellado Ruiz, 2008:19-54)⁴¹.

⁴¹ La “bioseguridad” como concepto jurídico supone, por tanto, la superación de los estrechos y compartimentados parámetros positivos de la regulación actual sobre las ciencias de la vida. Más allá de su carácter instrumental como garantía de seguridad y control de unas determinadas operaciones (requisitos y elementos de seguridad) y aún dentro de un contexto estrictamente jurídico (controles normativos), lo cierto es que se trata de un concepto tremendamente abierto y plural. Los ámbitos de proyección son variados, las técnicas de regulación complejas

Ahora bien, la biotecnología no sólo implica incidencias en varios aspectos sino que también implica varias ciencias (ingeniería, biología, química, etc.) de allí que la complejidad de todo tipo que ella supone ha hecho que se diga que se requiere una regulación interdisciplinar —tanto para esta como para otras nuevas tecnologías—, e integral —que contemple instrumentos jurídicos como sociales morales y tecnológicos establecidos e implementados de modo interdependiente para lograr la eficacia y eficiencia en la regulación—. Se habla así de un orden público económico y hasta tecnológico “para evidenciar la necesidad de una protección más adecuada del consumidor ante el advenimiento de tecnologías sofisticadas” (Rebolledo Aguirre, 2012).

En fin, todas estas herramientas tienen como fin fortalecer al sujeto, al ciudadano, entendido en su ser individual o colectivo; instaurar la paz social y la equidad, salvando desigualdades y fortaleciendo debilidades y vulnerabilidades que provienen, entre otras cosas, de los mismos riesgos tecnológicos. “En tiempos posmodernos, de rompimiento de paradigmas y de transformaciones en la estructura del derecho, la falta de confianza de la sociedad en los institutos jurídicos no puede ser algo natural y aceptable. Se requiere, por tanto, instrumentos eficaces y urgentes que subsanen esta carencia. Por eso, la insistencia en que exista una adaptación jurídica para salvaguardar al hombre de las vulnerabilidades que le asolan en el siglo XXI. Mediante tantas ambigüedades, la sociedad posmoderna no estaría respondiendo a las demandas sociales de la globalización y de consumo de manera satisfactoria, en este sentido, se manifiestan las injusticias sociales y ambientales del mundo. No obstante, es significativo que la nueva ciudadanía incluya el proceso de creación de “nuevos” Derechos y que surjan prácticas reales, como por ejemplo el derecho de los pueblos indígenas a la diversidad cultural, a la vivienda y, sobre todo, el derecho a la sostenibilidad” (Fauth-Villavicencio Calzadilla).

y diversificadas, los sujetos implicados diferentes y los principios informadores diversos, dependiendo del ámbito específico de las ciencias de la vida objeto de análisis.

6. Conclusiones

Estamos transitando un nuevo período en la historia de la Humanidad. Un período que se caracteriza, entre tantas cosas, por el increíble avance de los desarrollos tecnocientíficos; por la velocidad de sus innovaciones, por su expansión espacial (sus múltiples campos de intervención) y temporal (sus efectos son de largo plazo pudiendo alcanzar a las futuras generaciones), por la globalización territorial tanto de sus beneficios como de sus riesgos, por las características de estos últimos (graves, irreversibles, colectivos, inciertos, catastróficos); por la ausencia de control absoluto de las consecuencias de las aplicaciones tecnológicas, etc.

Estas características del nuevo período (denominado de muchas maneras pero que nosotros elegimos aquí designar “posmodernidad”) *emergentes principal y sustancialmente de los avances en tecnología y biotecnología —con todas sus derivaciones—* pusieron en crisis muchos postulados de la Modernidad, sobre todo aquellos vinculados al concepto de “progreso” y de “ciencia”.

En términos generales puede concluirse que la concepción anterior de la idea de “progreso” resulta en los tiempos de la post-modernidad, anacrónica y superada por el surgimiento de inéditas situaciones y nuevos paradigmas como el de la sustentabilidad. Este exige, tanto de los individuos como de los grupos y del Estado, modelos de pensamientos, acciones y comportamientos “sustentables” lo que supone respetuosos del hombre por el hombre y del hombre hacia la naturaleza, más humanos, solidarios, fraternos, responsables. Este paradigma, que pretende suplantar al tecnocrático —propio de la concepción moderna de progreso—, supone un pensamiento global y un actuar transversal integrado. Supone un tiempo de reflexión antes de la acción. En este paradigma de la sustentabilidad nacen nuevas corrientes éticas: las llamadas “bioéticas” y “eco-éticas” que se postulan como diacrónicas y contemplan las consecuencias futuras de nuestras acciones al largo plazo. En este contexto nace también el PP.

El PP ha sido propuesto por los filósofos de la técnica como sustituto de la moderna idea de progreso, lo cual no supone denostar a éste. Es que el progreso, en tanto contribuya al perfeccionamiento humano, será siempre positivo. La tarea —nada sencilla por cierto— consiste en distinguir lo que personaliza al hombre de lo que lo des-

personaliza, lo que le hace más libre de lo que le hace más esclavo (Tinant, 2008). El ejercicio del principio del PP en este sentido, “libera” al hombre de ciertas características no queridas y propias de la “posmodernidad”: Lo libera de las *urgencias y premura por el progreso* en tanto suponga la generación de situaciones con descuido de los riesgos colectivos, graves. Lo libera de la búsqueda de la *novedad* por la novedad misma y del *crecimiento económico sin parar mientes en nada más*. Lo libera del vivir siempre para y desde la *emergencia* (normativa, ambiental o de otros tipos), intentando paliar situaciones con soluciones que llegan a destiempo.

A su turno, en la posmodernidad se ha cuestionado los caracteres de “objetiva” y “cierta” aplicados al concepto de “Ciencia” en la Modernidad. Hay distintos y nuevos modos de considerar la epistemología y la misma actividad científica. Hoy, la incertidumbre científica, la multiplicidad de fuentes del saber, los intereses económicos y posturas valorativas en los científicos, etc., han originado un reclamo de reapropiación social de la Ciencia. Emergen corrientes que postulan que Ciencia, Técnica y Sociedad deben caminar de la mano.

Las amenazas y los riesgos globales e inciertos derivados del desarrollo científico-tecnológico dieron origen a nuevas necesidades y consiguientes requerimientos éticos, jurídicos, sociales y ambientales (Tinant, 2008:238). En lo jurídico, se hizo necesario el surgimiento de nuevas instituciones tendientes a prevenirlos y a gestionarlos. Los principios de prevención y precaución se constituyen en ejes de la actuación preventiva de Estado y de individuos. Es que el estadio actual del desarrollo del conocimiento científico-tecnológico de gigantesco impacto social y ambiental, demanda *a priori* rigurosa previsión y prevención de los posibles riesgos a inmediato, mediano y largo futuro para evitarlos, o minimizarlos, aplicando estrictos protocolos éticos en los procesos de investigación científica y de aplicaciones de rapidez de los resultados; ejecutando una regulación jurídica específica en el caso de los riesgos inciertos (que llama a la hipótesis de la precaución) y configurando de otro modo una multiplicidad de instituciones de distintas disciplinas que puedan dar respuestas a estos cambios de la posmodernidad.

Así, el Derecho ha debido sufrir mutaciones importantísimas — sobre las que dimos cuenta— para intentar adaptarse a los ritmos

actuales del desarrollo biotecnológico y a las necesidades, *exigencias* y *urgencias* de vida que éste ha generado; para intentar responder a los desafíos que presenta una sociedad *compleja, fragmentada, diversa* en donde la argumentación intersubjetiva y lo dialógico cobran ahora mayor relevancia.

En esta matriz jurídica (que a su vez ha recibido transformaciones en su misma concepción, en sus modelos hermenéuticos, fuentes de Derecho etc.) emergen nuevos derechos (de los animales, de la Madre Tierra) y nuevas generaciones de derechos: derechos de la solidaridad y derechos al desarrollo, a la paz, a un medio ambiente sano; derechos humanos de las generaciones futuras. Se trata de los aspectos solidarios y sociales de los DD.HH: los derechos y responsabilidades colectivos, las acciones populares, la protección y consideración del más débil: GF, pobres, tercer mundo, el distinto, el consumidor, frente a quienes tenemos que responder si queremos una sociedad sustentable y la efectiva vigencia de una justicia social y ambiental (búsqueda ineludible en tanto los costes del desarrollo y progreso científico tecnológico recaen sobre todo en los países en vías de desarrollo y pueblos más carenciados).

Asimismo, para gestionar la incertidumbre científica —que se cuela en su seno para hacerlo más flexible y abarcativo—, el Derecho ha debido echar mano del PP. Éste se constituye en herramienta política jurídica de gestión de riesgos inciertos y en todo aquello que suponga resguardar derechos humanos fundamentales. El PP pone de manifiesto la insuficiencia de los anteriores marcos y/o modelos de acción técnica, de evaluación y gestión de riesgos (en tanto no consideraban los inciertos, la incertidumbre científica) y exige una nueva forma de gobernanza (ciencia reguladora, planificación a largo plazo, modificación de las estructuras y procedimientos de la organización administrativa, donde la participación ciudadana y la transparencia pública sean una realidad, donde la carga de la prueba pese sobre el proponente de la nueva tecnología/proceso/actividad; la inserción de otros valores que lo económico en el actuar político decisional, etc.) y una nueva ética política, que aboga por superar la indefensión de las víctimas de los desastres ecológicos y dar contenido a los derechos tanto de la flora y la fauna como de las generaciones venideras.

El PP no prescribe respuestas concretas en la toma de decisiones hacia dónde queremos ir como sociedad. Qué nivel de seguridad queremos tener; qué riesgos como sociedad aceptar y cuáles, son preguntas cuyas respuestas se asientan en nuestros valores sociales. Lo que sea el riesgo temido o aceptable y las formas de regulación del mismo tendrá que ver con las percepciones socio-culturales del lugar en el que éstas se apliquen.

La precaución se concreta en el ejercicio *activo* de la duda y en una petición de tiempo: tiempo para debatir abiertamente por parte de la comunidad científica acerca de las ventajas y desventajas de los desarrollos teóricos y aplicados de la ciencia, tiempo para deliberar de forma transparente acerca de las prioridades de la política tecnológica, y los intereses en juego dentro de la misma, por parte de los representantes políticos, y tiempo, finalmente, para organizar campañas de información y rondas de consulta a la población.

No se trata de temer a un futuro incierto. Es ya nuestro presente un tiempo incierto. Vivimos en un mar de incertidumbres y, si aprendemos a gestionarla en este mismo presente, habremos despejado un tanto la incerteza del futuro. Lo incierto no debería causar temor sino, antes bien, una actitud entusiasta que recoja la incertidumbre como un desafío que despierte y ponga en acto todas nuestras capacidades de creatividad y de resiliencia (siendo la resiliencia misma una medida precautoria).

El PP llama a interrogarnos sobre la necesidad de una renovación que no involucra solo el problema instrumental (cómo resolver los problemas) sino aquello más profundamente categorial (cómo pensarlo). Arendt ya advertía sobre pensar lo que hacemos que va leído en la necesidad inminente de superar el mero tecnicismo de los problemas tecnológicos a la búsqueda de los significados del vivir humano y sobre todo de su natural vivir social (Pratesi, 2007).

Se trata en última instancia de la necesidad de que la comunidad pueda definir los propios objetivos o el horizonte común hacia el cual tender y en el cual insertarse los derechos para otorgarles sentido y una real posibilidad de tutela. Latinoamérica, en el estado actual de sus instituciones político-jurídico-sociales, se encuentra en camino pero le falta, aún, largo trecho que recorrer.

Capítulo 3

Las Energías Renovables en la Lucha contra el Cambio Climático

Jorge Augusto González
Efraín Conte Moreno
María Cornejo Cañamares

1. Introducción

Desde los primeros homínidos hasta las complejas sociedades actuales, el acceso a las fuentes de energía, así como la adquisición del conocimiento teórico y práctico para utilizarlas, controlarlas y almacenarlas, continúa siendo fundamental para poder sobrevivir, evolucionar y desarrollarse íntegramente como especie.

La energía¹ que precisaron inicialmente estos grupos para cubrir sus necesidades fundamentales, la obtuvieron en general quemando

¹ La energía puede dividirse para su análisis, en: *Energía Primaria*, energía en su estado natural, la que no ha sufrido ningún tipo de transformación física o química mediante la intervención humana. Se la puede obtener de la naturaleza, ya sea en forma directa como en el caso de la energía hidráulica, solar, la leña y otros combustibles vegetales; o después de un proceso de extracción como el petróleo, carbón mineral, geotermia, etc.; *Energía Secundaria*, energía contenida en los nuevos productos energéticos obtenidos (electricidad, gasoil, kerosene, hidrógeno, carbón de leña, etc.) mediante la transformación de fuentes de origen primario o de otras fuentes secundarias; *Energía Final*, cantidad de energía consumida en cada uno de los sectores económicos y sociales del país, sin importar las eficiencias de los equipos o artefactos consumidores; *Energía Útil*, cantidad de energía realmente utilizada para cumplir la tarea productiva del equipo o aparato consumidor, por ejemplo el calor necesario que deban absorber los alimentos para cocinarse; *Energías Renovables*, energía de recursos no fósiles, de períodos de formación relativamente cortos o continuos, es decir que bajo un régimen de explotación racional, su disponibilidad no disminuye con el tiempo (solar, eólica, biomasa, hidroenergía, geotermia); *Energías no renovables*, energía de recursos fósiles y nucleares agotables en el tiempo, y que tienen un período de formación de muy largo plazo. Ref: <http://www.olade.org/publicaciones/manual-estadistica-energetica-2017/>

biomasa tradicional² (BmT). Este tipo de recurso continuó siendo utilizado intensamente hasta la llamada Revolución Industrial (mediados del siglo XVIII) cuando apareció el carbón mineral, una fuente de energía de mucho mayor poder calorífico apta para “alimentar” los grandes procesos transformadores de esa época. A mediados del siglo XIX, comienza a usarse el petróleo y en la tercera década del siglo XX el gas natural. Actualmente, una moderna tecnología llamada fractura hidráulica con perforación horizontal, está permitiendo continuar con la extracción de petróleo y gas de rocas de muy baja porosidad y permeabilidad o en arcillas muy compactas, incluso en la misma roca madre (recursos fósiles no convencionales). Esta tecnología va cobrando cada vez más relevancia, aunque es muy controvertida desde el punto de vista de su impacto ambiental (IAM).

Sobre la utilización de estos tres recursos energéticos de origen fósil (carbón mineral, petróleo y gas natural) se asientan aún las actividades y la estrategia de progreso de la presente civilización. Pero la intensa utilización de estos recursos tiene, como corolario adverso, un enorme costo ambiental global. Esto es debido a que durante su combustión se emiten a la atmósfera gases de efecto invernadero³ (GEI), principalmente dióxido de carbono (CO₂), llamados así porque producen el efecto invernadero, elevando la temperatura media en la mayoría de las regiones terrestres y oceánicas del planeta⁴ e intensifi-

² Biomasa tradicional: Combustibles leñosos, subproductos agrícolas y estiércol. Se queman para cocinar y calentarse. Ref: <http://www.fao.org/3/i0139s/i0139s00.pdf>.

³ Gas de efecto invernadero: Componente gaseoso de la atmósfera, natural o antropógeno, que absorbe y emite radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación terrestre, emitida por la superficie de la Tierra, por la propia atmósfera y por las nubes. Esta propiedad ocasiona el efecto invernadero. El vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄) y el ozono (O₃) son los GEI primarios de la atmósfera terrestre. La atmósfera contiene también cierto número de GEI enteramente antropógenos, como los halocarbonos u otras sustancias que contienen cloro y bromo. Además del CO₂, N₂O y CH₄, el Protocolo de Kyoto contempla los GEI hexafluoruro de azufre (SF₆), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC) (IPCC, 2013).

⁴ La temperatura global depende del equilibrio que existe entre la energía proveniente del Sol que entra en el planeta y de la energía que el planeta irradia al espacio. Esta energía irradiada por la Tierra depende fundamentalmente de la cantidad de GEI naturales y antropógenos presentes en la atmósfera. Ref: http://www.ciifen.org/index.php%3Foption%3Dcom_content%26view%3Dcategory%26layout%3Dblog%26id%3D99%26Itemid%3D132%26lang%3Des

cando el cambio climático⁵ (CC) antropógeno con sus impactos negativos (eventos meteorológicos extremos, deshielo de glaciares, aumento del nivel del mar, acidificación de los océanos, migraciones de personas, etc.). Todo estos procesos están ocurriendo de una manera cada vez más intensa y acelerada, por lo que al CC se le está comenzando a llamar emergencia climática⁶.

Estos impactos se hacen sentir globalmente pero, sobre todo, afectan a las poblaciones e individuos más vulnerables que apenas han contribuido ni contribuyen a la emisión de los GEI. Por lo tanto, los países comienzan a realizar acuerdos globales y a emprender una lucha sistemática contra las causas y consecuencias del CC, fundamentalmente, tomando medidas dirigidas a mitigar y a adaptarse. Así por ejemplo, el Acuerdo internacional de París celebrado en 2015 propuso mantener el aumento de la temperatura media mundial al año 2100 por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5 °C. Esto valores se basan en diversos estudios, sobre todo, el realizado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el

⁵ Cambio climático: Variación del estado del clima identificable en las variaciones del valor medio de sus parámetros o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales o a forzamientos externos tales como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas o cambios antropógenos persistentes de la composición de la atmósfera o del uso del suelo. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su artículo 1, define el cambio climático como “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”. La CMNUCC diferencia, pues, entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad del clima atribuible a causas naturales (IPCC, 2014a).

⁶ La expresión “emergencia climática” en lugar de “cambio climático”, está tomando cada vez más fuerza, porque brinda una imagen más adecuada sobre el alto grado de riesgo en el que se encuentra el mundo respecto de las consecuencias del calentamiento global. Ref: <https://www.publico.es/sociedad/correcto-hablar-crisis-climatica-no-cambio-climatico.html>.

Cambio Climático⁷ (IPCC), principal órgano internacional de evaluación del CC. En su último informe indica la conveniencia de limitar el calentamiento global a un valor de 1,5 °C en lugar de 2 °C, ya que esa pequeña diferencia reduciría notablemente los efectos negativos, aunque para evitarlos, se requerirán cambios sin precedentes en todos los aspectos de la sociedad (IPCC, 2018a).

Por otro lado, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)⁸ adoptados por la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en su Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, incluye 2 objetivos, de los 17 propuestos, relacionados con la energía y el CC. El objetivo número 7 (garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos)⁹ y el objetivo 13 (adoptar medidas urgentes para combatir el CC y sus efectos) (ONU, 2018a).

Por lo tanto, teniendo en cuenta por un lado, la importancia fundamental que reviste la energía en el desarrollo de las sociedades, y por el otro, el IAm producido por el sistema energético actual basado en la quema de recursos fósiles (sistema carbonizado), se plantea la urgente necesidad de realizar una transición energética (TE) hacia

⁷ Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC): Principal órgano internacional para la evaluación del cambio climático. Fue creado en 1988 por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (WMO) para ofrecer al mundo una visión científica clara del estado actual de los conocimientos sobre el cambio climático y sus posibles repercusiones medioambientales y socioeconómicas. Numerosos científicos y diversas organizaciones a nivel mundial aportan de manera voluntaria sus estudios y conocimientos al IPCC, quien los analiza para incluirlos o no en sus informes. Luego éstos son presentados a los representantes de los gobiernos para la puesta en marcha de medidas conducentes a lograr los objetivos planteados. Ref: https://archive.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml

⁸ Los ODS se gestaron en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, celebrada en Río de Janeiro en 2012 y en 2015 fueron adoptados por los líderes mundiales. El propósito fue crear un conjunto de objetivos mundiales relacionados con los desafíos ambientales, políticos y económicos con que se enfrenta nuestro mundo, sustituyendo a los Objetivos de Desarrollo del Milenio. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2019b).

⁹ La energía, al vincularse prácticamente con todas las actividades que realizan las personas, presenta una estrecha relación con la pobreza individual y es en este sentido que se puede hablar de una dimensión social de la energía o de una dimensión energética de la pobreza (Boardman, 1991). Este concepto de pobreza energética será ampliado en el Anexo 3 de este Capítulo.

un nuevo sistema energético menos contaminante. Este nuevo sistema estaría basado, principalmente, en el uso de las fuentes limpias y renovables (sistema descarbonizado) y en la adopción de medidas de eficiencia energética (EE)¹⁰, con el objetivo principal de reducir y mitigar los GEI y continuar manteniendo el suministro de energía en la cantidad y calidad requerida.

Una parte fundamental para atender los ODS, así como materializar y viabilizar la TE, es el apoyo a las políticas de ciencia y tecnología que promuevan la innovación permanente en dispositivos, procesos y organizaciones (Zou *et al.*, 2016). Seguir este camino ha permitido que en la actualidad se disponga de una variedad muy grande de Sistemas Tecnológicos basados en Energías Renovables (STER)¹¹ que producen energía eléctrica y térmica con bajo IAm. Un análisis de ciclo de vida¹² de los STER, da como resultado una emisión mucho menor de GEI directos e indirectos, comparado con los Sistemas Tecnológicos basados en Combustibles Fósiles (STCF), con excepción de algunos casos, como los que aprovechan la biomasa¹³ (Bm) y las hidroeléctricas (Pehl *et al.*, 2017).

¹⁰ La Eficiencia Energética es una práctica o forma de gestionar el crecimiento de la energía, obteniendo un resultado igual con menor consumo o un resultado mayor consumiendo lo mismo. Ref: <https://www.minem.gob.ar/www/835/25538/eficiencia-energetica>.

¹¹ Los STER son sistemas tecnológicos que aprovechan las energías renovables, con capacidad de producir energía eléctrica y térmica con un bajo IA y de acuerdo al tipo de fuente que utilizan. Reciben distintos nombres: sistemas fotovoltaicos, sistemas aerogeneradores, sistemas termosolares de baja, media y alta temperatura, sistemas undimotrices, sistemas biomásicos, centrales hidroeléctricas, centrales geotérmicas, etc. Son una de las principales herramientas de mitigación de GEI. Cada uno de los STER presenta características muy diferenciadas en cuanto a sus aspectos técnicos, económicos, sociales, medioambientales y operativos, que deben considerarse cuando se realiza un proyecto de factibilidad. Se conceptualizan en el punto 6.

¹² Según la Norma ISO 14040, “El Análisis de Ciclo de Vida es una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados a un producto: compilando un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema, evaluando los impactos ambientales potenciales asociados a esas entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio”.

¹³ La biomasa es el conjunto de materia orgánica renovable de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de la misma. Ref: <http://www.probiomasa.gob.ar/sitio/es/biomasa.php>.

Entre los STER, se observa un creciente aumento de instalaciones eólicas y fotovoltaicas (FV) dedicadas a la producción de electricidad en todo el mundo, como consecuencia de la disminución de sus costos y aumento de sus eficiencias. Un estudio realizado por BloombergNEF (2019) estima que para el 2050 la mitad de la energía eléctrica mundial estará basada en energía eólica y FV. En América Latina y Caribe (ALyC), región que posee en promedio una gran cantidad de recursos energéticos convencionales como el petróleo y el gas natural, se está aprovechando cada vez más todo tipo de energías renovables (EERR), especialmente para producir electricidad. Esto es debido, entre otras razones, a la presencia de un enorme potencial energético en todo su territorio, a la aprobación de leyes y reglamentos favorables a los STER y a los compromisos ambientales asumidos por los países.

A continuación, se desarrollarán los conceptos hasta aquí expuestos de la siguiente manera. Se comenzará resaltando la importancia que presenta la energía para el ser humano y su evolución en el tiempo, hasta llegar a la actual matriz de energía dependiente de los combustibles fósiles (CF). Se analizará el CC, considerando la evolución de las emisiones de GEI, fundamentalmente el CO₂ emitido en la quema de los CF y su distribución geográfica, su relación con el cambio de temperatura del planeta y los impactos producidos y previstos como consecuencia del calentamiento global. Se considerará entonces, la necesidad de llevar adelante una TE que transforme el actual sistema energético carbonizado a uno descarbonizado, marcando que esta transición no debe ser solo tecnológica sino también un cambio de modelo económico social. Dado el objetivo de descarbonizar el sistema, se señalarán algunas medidas de mitigación que se pueden llevar adelante, siendo una de las más importantes el uso de STER en la industria de producción de energía eléctrica. Por último, se analiza de manera breve la situación de estos sistemas para producción de electricidad, en el mundo y en ALyC.

Al final del Capítulo se presentan tres Anexos; el Anexo 1, donde se pueden leer las “voces” de líderes mundiales que, apoyados por documentos científicos, exponen sus puntos de vista respecto del CC y sus impactos; el Anexo 2, donde se brinda una mirada general sobre el acceso a la energía y el Anexo 3 donde se conceptualiza la denominada pobreza energética y se realiza un ejemplo de caso en España.

Es importante resaltar que todo el Capítulo está atravesado por distintas consideraciones sociales y políticas, debido a que el sistema energético actual no solo se relaciona con el CC, sino también con aspectos de sostenibilidad y equidad¹⁴. Por lo tanto, la TE que se plantea debe dirigirse a la construcción de un nuevo paradigma que atienda los principios reflejados en los ODS.

2. Importancia y evolución de los recursos energéticos

La energía constituye la fuerza motriz de la civilización y determina, en gran medida, el nivel de desarrollo económico y social de un país. Para garantizar este nivel y siendo muchos de los recursos energéticos de carácter no renovable, es vital que todas las fuentes de energía disponibles se utilicen de la manera más eficiente y económica posible (Pedraza, 2012). A lo largo de la historia, la escasez de recursos energéticos llevó muchas veces a profundas crisis sociales y geopolíticas, por lo que los Estados realizaron y realizan acciones, que pueden llevar hasta la guerra, para poder cumplir con uno de sus mayores objetivos estratégicos: el acceso y la seguridad en el suministro de energía.

En sus inicios, los seres humanos usaron como primer recurso energético la madera y paja de los bosques y praderas y el estiércol y aceite de los animales (BmT) para cubrir sus necesidades de calentarse, iluminarse, cocinar, fundir metales, etc. Además, contaron con la fuerza muscular de las personas y animales y el uso de la energía eólica e hidráulica para obtener potencia mecánica. La utilización de estas fuentes de energía continuó, sobre todo el de la madera, hasta que comenzó a escasear en la Europa del siglo XVIII. Progresivamente fue reemplazada por el carbón mineral, un recurso fósil de mayor poder calorífico, que podía alimentar tanto una máquina de vapor para producir gran potencia mecánica, como los hornos de fundición para obtener nuevos materiales. En este periodo, llamado Revolución In-

¹⁴ En este Capítulo 3, los términos relacionados con la dimensión social de la justicia (equidad, justicia social, ética, etc.) se corresponden con los definidos en IPCC (2018b): Equity, Distributive equity, Inter-generational equity, Social justice, Distributive justice, Ethics, Justice, Climate justice.

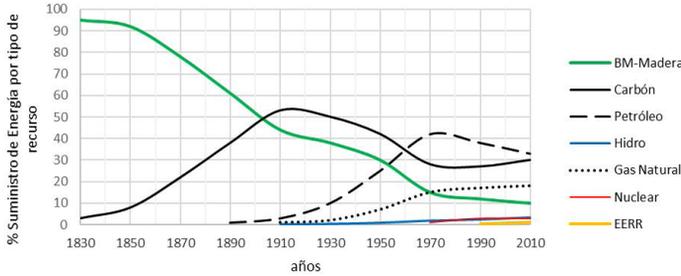
dustrial, comenzaron a generarse y realimentarse profundas transformaciones políticas, económicas, filosóficas, culturales y tecnológicas, que moldearon a fuego la sociedad y su entorno.

Si bien el petróleo ya se conocía desde hacía mucho tiempo, fue recién a mediados del siglo XIX que se construyó el primer pozo petrolero moderno en Pennsylvania, Estados Unidos. Su principal fin era usar uno de sus destilados (querosene) para iluminar, en reemplazo del aceite de ballena. Pero fue a comienzos del siglo XX cuando su demanda creció enormemente, debido a que otros de sus destilados, como la nafta o el gasoil, comenzaron a ser utilizados como fuente de alimentación de los motores de combustión interna de los numerosos automóviles que salían fabricados en serie de la industria automotriz. También en esa época se inicia la explotación del gas natural, conformando con el carbón y el petróleo, la tríada conocida como CF convencionales. Por otro lado, a finales del siglo XIX, la energía hidráulica y a mediados del siglo XX, la energía nuclear, fueron usadas para generar energía eléctrica.

El petróleo se convierte así, en el propulsor del crecimiento económico e industrial durante el siglo XX, hasta que en la década de 1970 se produce una profunda crisis global provocada por el aumento de su precio, que inestabiliza la economía de todos los países, en particular la de Estados Unidos y sus aliados de Europa Occidental (Requeijo, 1983). Esta crisis lleva, por primera vez, a investigar y desarrollar nuevos STER en gran escala, tanto para generar energía eléctrica, como térmica. A partir de inicios del siglo XXI, estos sistemas comienzan a incorporarse con mayor fuerza en los países, debido al descenso continuo de sus costos, al aumento de sus rendimientos y a su baja tasa de emisión de GEI, posibilitando que puedan competir con las tecnologías convencionales.

Se observa en la Figura 1, la evolución porcentual del suministro de energía por tipo de recurso para cubrir la demanda mundial de energía entre el año 1830 y el 2010. A partir de la Revolución Industrial, desciende el uso de la BmT (sobre todo la madera forestal) y aumenta el uso del carbón mineral. Posteriormente, hacen su aparición las otras fuentes de energía, siendo las EERR las que comienzan a irrumpir en las dos últimas décadas.

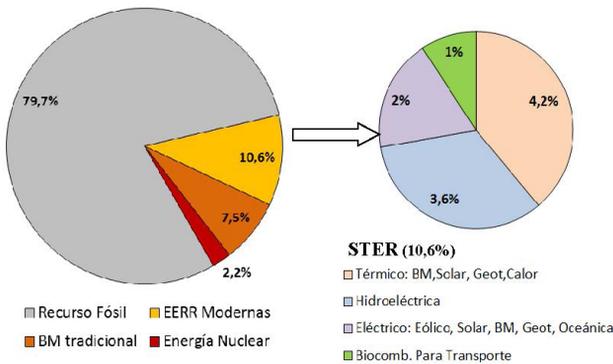
Figura 1
Evolución porcentual del suministro mundial de energía por tipo de recurso energético, entre el año 1830 y 2010



Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de Sovacool (2016).

Actualmente, la matriz mundial de la energía final consumida presenta como rasgo distintivo, que el 79,7% de todo lo consumido por las actividades humanas proviene de quemar CF en los distintos sectores (transporte, residencial, comercial, público, industrial, agropecuario). Como se observa en Figura 2 (REN21, 2019), el resto de la energía consumida proviene en un 10,6% de los STER, un 7,5% de la BmT y un 2,2% de la energía nuclear.

Figura 2
Participación estimada de los recursos energéticos en la energía final total consumida mundial - año 2017



Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de la Figura 1. Estimated Renewable Share of Total Final Energy Consumption (REN21, 2019).

Queda en evidencia que la matriz energética es totalmente dependiente del recurso fósil, señalando al sector energético como una de las principales fuentes de emisión de GEI.

3. Cambio Climático

3.1. *Introducción*

Como ya se hizo referencia, aproximadamente un 80% de toda la energía que consume la humanidad realizando sus actividades, proviene de quemar CF. Esto produce, además de la energía térmica deseada, diferentes tipos de residuos, siendo algunos de éstos los llamados GEI emitidos a la atmósfera. Pero estos gases no solo se producen por la quema de CF, sino también por el cambio de uso del suelo¹⁵ y por las diversas actividades agropecuarias, industriales y residenciales. Estos GEI antropógenos se van sumando a los que se encuentran ya de manera natural en la atmósfera, cambiando la composición de la atmósfera. El aumento de la temperatura media global del planeta (calentamiento global), debido a la creciente emisión de GEI, provoca el CC con sus diferentes impactos sobre la Tierra.

El CC y sus impactos sobre la biosfera¹⁶ del planeta, son de los propulsores más importantes de la TE, situándose además, en el centro conceptual del ODS 13. En el centro conceptual del ODS 13. Por lo tanto, con el fin de estudiar todos los factores y eventos ambientales, estimar sus proyecciones e identificar los motores que los generan, se fueron constituyendo a lo largo del tiempo diversas instituciones internacionales y grupos de estudio.

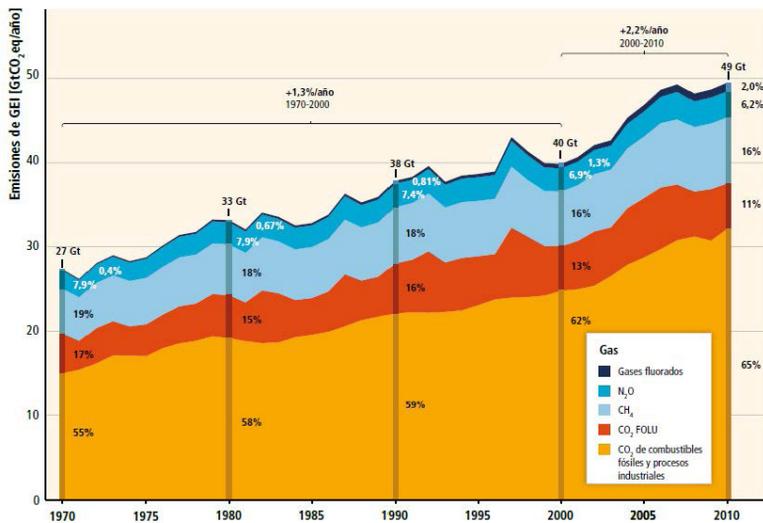
¹⁵ El cambio de uso o gestión del suelo por los seres humanos, puede originar una modificación de la cubierta terrestre. El cambio de la cubierta terrestre y de uso del suelo puede afectar al albedo de la superficie, la evapotranspiración, las fuentes y sumideros de GEI o a otras propiedades del sistema climático y pueden, por consiguiente, producir un forzamiento radiativo u otros impactos sobre el clima, a nivel local o global (IPCC, 2014a).

¹⁶ La biosfera es aquella parte del sistema Tierra que abarca todos los ecosistemas y organismos vivos de la atmósfera, de la tierra y los océanos, incluida la materia orgánica muerta resultante de ellos, en particular los restos, la materia orgánica del suelo y los detritos oceánicos (IPCC, 2013).

3.2. Evolución y Distribución Geográfica de los Gases de Efecto Invernadero

La Figura 3 muestra la evolución de los GEI entre el año 1970 y 2010. Según los datos del IPCC, las emisiones totales alcanzaron 49 GtCO₂eq/año (giga toneladas de CO₂ equivalente por año) en 2010. Del total de estas emisiones, un 76% corresponden al CO₂ (el 65% se relaciona con la producción y uso de la energía), un 16% al CH₄, un 6% al N₂O y un 2% a los gases fluorados (IPCC, 2014b)¹⁷.

Figura 3
Emisiones antropógenas anuales de GEI por grupos de gases, 1970-2010



Fuente: IPCC (2014b). Cambio Climático 2014. Informe de Síntesis, Figura RRP.2.

¹⁷ Estos datos son encontrados en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5, Fifth Assessment Report), el estudio más completo sobre el CC realizado hasta la fecha. Se elaboró en cuatro partes entre septiembre de 2013 y noviembre de 2014 y se pueden descargar de los siguientes enlaces: La Ciencia Física (www.climatechange2013.org); Impactos, adaptación y vulnerabilidad (www.ipcc.ch/report/ar5/wg2); Mitigación del cambio climático (www.ipcc.ch/report/ar5/wg3); Informe de síntesis (www.ipcc.ch/report/ar5/syr).

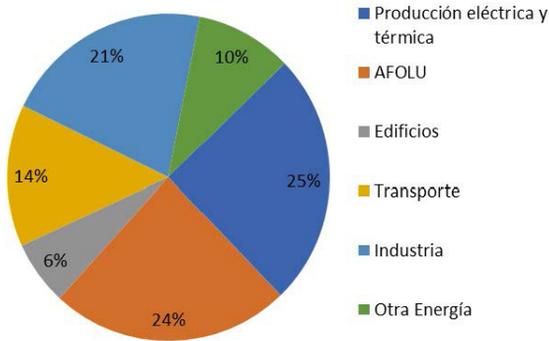
Para poder sumar sobre una misma base el efecto de los diferentes GEI, este informe usa el concepto de potencial de calentamiento global¹⁸, que establece al CO₂ como su referencia (CO₂ equivalente). Finalmente, el IPCC considera que los factores que impulsan el aumento observado de emisiones de GEI, son fundamentalmente el crecimiento de la economía global y el crecimiento demográfico.

En la Figura 4 se muestra la distribución por sectores de las emisiones de GEI. Así en el año 2010, el 25% de las emisiones se originaron en el sector de producción eléctrica y térmica, un 24% en el sector agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU), un 21% en la industria, un 14% en el transporte y un 6% en la edificación (IPCC, 2014b). Estos datos son muy importantes para saber cuáles son las actividades más emisoras y de esta manera llevar adelante las medidas de mitigación correspondientes. Debido a que todos estos datos se originan en el último informe de evaluación del año 2010 (AR5), el IPCC está trabajando en un nuevo informe (AR6) a ser presentado en el año 2022¹⁹ y que será usado luego como una referencia confiable por los diferentes actores involucrados (gobiernos, empresas, academias, ONG, etc.).

¹⁸ Potencial de calentamiento global: Índice que mide el forzamiento radiativo tras una emisión de una unidad de masa de cierta sustancia, acumulada durante un horizonte temporal determinado, en comparación con el causado por la sustancia de referencia: el CO₂ presenta potencial 1. Por consiguiente, este potencial representa el efecto conjunto del período de permanencia de esas sustancias en la atmósfera y de su eficacia relativa como causante de forzamiento radiativo (IPCC, 2014a).

¹⁹ El IPCC se encuentra actualmente trabajando en su Sexto Informe de Evaluación (AR6, Sixth Assessment Report), produciendo para el año 2022 los informes de evaluación de sus tres grupos de trabajo. Ref: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>

Figura 4
Emisiones de gases de efecto invernadero por sectores económicos en 2010



Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de Figura 1.7. Emisiones antropógenas totales de GEI procedentes de los sectores económicos en 2010 (IPCC, 2014b).

Otra cuestión de interés es como se distribuyen geográficamente estas emisiones de GEI. En la Figura 5 se puede observar la distribución de CO₂, percibiéndose rápidamente que la mayor parte de las emisiones proviene de un reducido número de países. Según datos actualizados, la emisión total de CO₂ por quema de CF en el año 2017 fue de aproximadamente 36 GtCO₂ (Global Carbon Atlas, 2017).

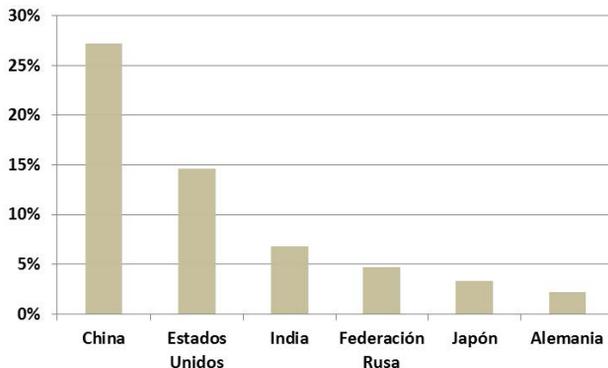
Figura 5
Distribución por país, de la emisión de CO₂ por quema de CF, año 2017



Fuente: UNFCCC (2018), BP (2018), Boden et al. (2017).

Para este mismo año, la suma de las emisiones de los 6 países más emisores de CO₂ resulta un 60% del total, como se muestra en Figura 6.

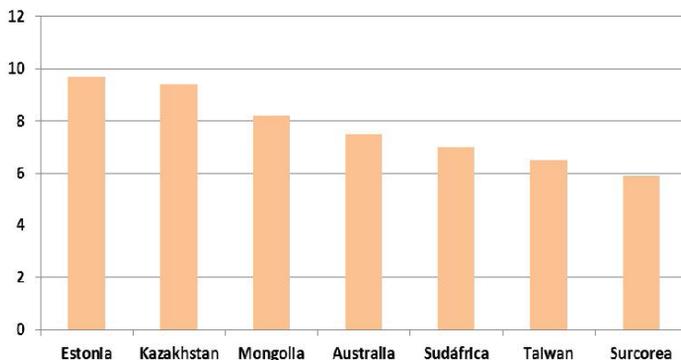
Figura 6
Los seis países con mayor emisión de CO₂ en [%], año 2017



Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de Global Carbon Atlas (2017).

También se puede obtener el índice de la cantidad de CO₂ emitido por habitante de un país. Este indicador lleva a que el mapa anterior cambie radicalmente, siendo ahora los 7 países que más emiten por habitante los mostrados en Figura 7.

Figura 7
Los siete países con mayor índice de emisión de CO₂ por habitante en [tnCO₂/habitante], año 2016



Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de Global Carbon Atlas (2017).

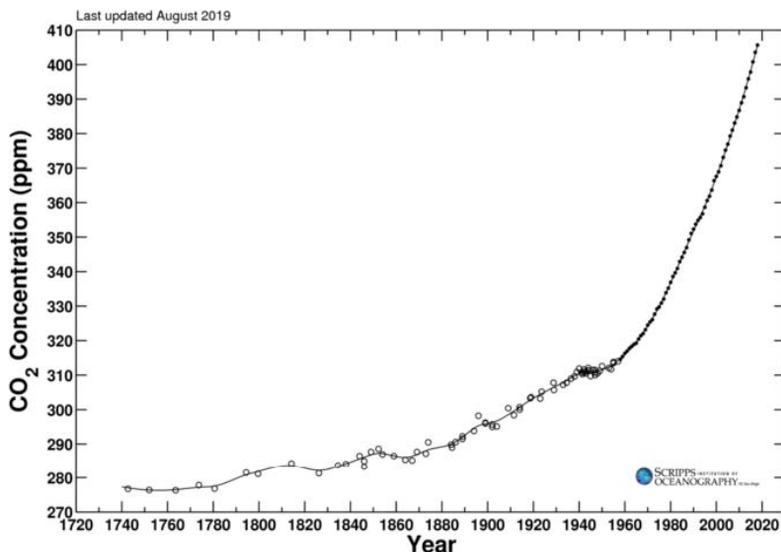
Las estadísticas históricas muestran que los GEI, sobre todo el CO₂, aumentan su concentración en la atmósfera a partir de la Revolución Industrial²⁰. En la Figura 8 se muestra el registro de CO₂ atmosférico, basado en datos de núcleos de hielo desde el año 1740 hasta 1958 (Ethridge *et al.*, 1996; MacFarling Meure *et al.*, 2006) y en los promedios anuales de mediciones realizadas en el Observatorio de Mauna Loa²¹ y en el Polo Sur después de 1958 hasta la fecha (Programa Scripps CO₂)²². Se puede apreciar el aumento de la concentración de CO₂ desde unas 280 partes por millón (ppm) en el siglo XVIII, hasta las 408 ppm actuales.

²⁰ Un estudio internacional publicado en la Revista Nature (2016), el cual fue liderado por especialistas de distintas naciones, destaca el hecho de que las primeras evidencias sobre el CC datan de los inicios del siglo XIX, décadas más temprano de lo que se pensaba.

²¹ El Observatorio Mauna Loa, Hawaii, ubicado a 3400 m de altitud cerca de la cumbre de Mauna Loa, está convenientemente situado para medir masas de aire que son representativas de áreas muy grandes. Sus mediciones se calibran de manera rigurosa y frecuente y presentan una estimación de la precisión, que en general es mejor que 0.2 ppm (NOAA, 2019).

²² El programa Scripps CO₂ se inició en 1956 liderado por Charles David Keeling y funcionó bajo su dirección hasta 2005. Actualmente, Ralph F. Keeling, es el que continúa con este trabajo. Los resultados actuales, incluidos los conjuntos de datos y gráficos, están disponibles en Ref: <https://scripps.ucsd.edu/programs/keelingcurve/>

Figura 8
Variación de la concentración de CO₂ entre el año 1720 y 2019



Fuente: Gráfica del Programa Scripps CO₂.²³

3.3. Emisión de Gases de Efecto Invernadero y cambio de temperatura

Durante la Primera Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro en 1992, los países intervinientes manifestaron su gran preocupación por los efectos de las actividades humanas sobre el clima de la Tierra y adoptaron la CMNUCC, que entró en vigor en 1994²⁴. Esta preocupación por el aumento de GEI antropógeno y la consecuente elevación de la temperatura experimentada por el

²³ Gráfica obtenida de Ref: http://scrippsco2.ucsd.edu/data/atmospheric_co2/ice-core_merged_products.html

²⁴ Para que la aplicación de la Convención sea efectiva, se elaboran decisiones que han de ser aprobadas por todas las Partes por consenso y que desarrollan los diferentes artículos de dicha Convención. Estas decisiones se discuten y aprueban en las Conferencias de las Partes (COP). Entre sus objetivos principales está la estabilización de las concentraciones de GEI en la atmósfera. Ref:

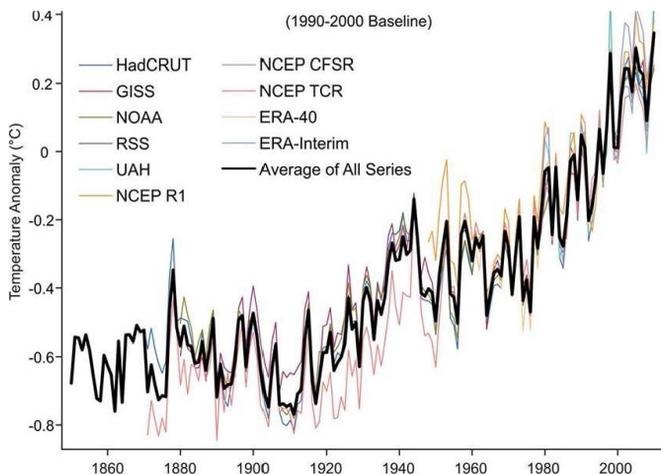
planeta, llevó a que diversas instituciones investigaran las posibles evoluciones de los GEI y las temperaturas junto con la estimación de los impactos generados. A partir de estos datos se podrían sugerir determinadas medidas de mitigación y adaptación.

La Figura 9 muestra las tendencias de las anomalías o cambios de estas temperaturas²⁵ desde 1880 hasta 2014. Estimadas por diversas instituciones mundiales, son el resultado de un trabajo estadístico muy grande (GISTEMP, HadCRUT4, Cowtan & Way, Berkeley Earth y NOAA NCEI). Todas exhiben una evolución parecida, un aumento de unos 0,8 °C en ese período y un incremento marcado de calentamiento en las últimas décadas, siendo la última, la más cálida. Existen diversos estudios sobre este tipo de curvas, como el realizado por Karl *et al.* (2015), donde las tendencias de las temperaturas encontradas, son aún mayores que las reportadas por el IPCC, especialmente en los últimos años.

<https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/el-proceso-internacional-de-lucha-contra-el-cambio-climatico/naciones-unidas/CMNUCC.aspx>

²⁵ Las anomalías o cambios de temperatura, en estudios sobre CC, son más importantes que la temperatura absoluta, e indica la diferencia con una temperatura promedio o de referencia que se calcula promediando 30 o más años de datos de temperatura. Una anomalía positiva indica que la temperatura observada fue más cálida que la línea de base, mientras que una anomalía negativa indica que la temperatura observada fue más fría que la línea de base. Ref: <https://www.ncdc.noaa.gov/monitoring-references/dyk/anomalies-vs-temperature>

Figura 9
Múltiples estimaciones de anomalías de temperaturas entre 1880 y 2014



Fuente: Real Climate (2015)

En el Informe de la Organización Meteorológica Mundial WMO (2019a) también queda expresado el aumento de la temperatura, afirmando entre otras cuestiones:

En el actual quinquenio 2015-2019, se ha visto un continuo aumento de las emisiones y concentración de GEI. Es probable que este quinquenio sea el más cálido a nivel mundial comparado con cualquier otro período, ya que registra un incremento de la temperatura global de 1.1 °C respecto del periodo preindustrial (1850-1900) y un aumento de 0.2 °C en comparación con el período anterior de cinco años. (p. 3)

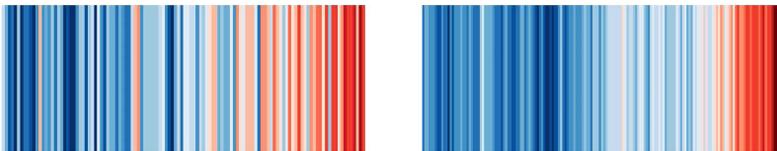
Otra organización, que apunta en este mismo sentido, es la Agencia Europea Copernicus que sostiene: “Las temperaturas medias mensuales de los últimos doce meses han estado principalmente en el rango de 1.0 a 1.1 °C por encima del nivel de temperatura de la era preindustrial. La temperatura en julio de 2019 estuvo en el orden de 1.2 °C por encima de ese nivel”, (Copernicus, 2019).

El año 2018 fue el más cálido en la historia del registro de la temperatura del océano. Atrapada por los GEI, la energía solar se acumula principalmente en las grandes masas de agua provocando el calentamiento

global del océano, un marcador crítico del CC²⁶. El 93% del exceso de energía solar atrapada por los GEI se acumula en los océanos del mundo (Cheng *et al.*, 2019).

Para llamar la atención de las personas respecto de este cambio de temperaturas, Hawkins (2018) construyó una imagen de barra coloreada para todo el planeta y para cada país (ver Figura 10), donde cada línea representa la temperatura media de cada año del periodo 1901-2018²⁷. Las líneas azules son los años en que la temperatura media anual fue menor que la media de este periodo y las rojas los años en que la temperatura media anual fue mayor. La intensidad del azul o del rojo indica una mayor variación respecto de la temperatura media (el color más intenso muestra una variación de hasta 1,2 °C). Si se observan las imágenes de barras de los distintos países, las líneas de color rojo predominan en los últimos años.

Figura 10
Gráficas de líneas de temperaturas medias anuales desde 1901 a 2018:
Global (izquierda) y de Argentina (derecha)



Fuente: Hawkins (2018)

Del informe IPCC (2014b) se extrajo la Figura 11, que muestra las distintas trayectorias de concentración representativas (RCP) que podría experimentar la emisión anual de GEI hasta el año 2100, en función de las concentraciones de CO₂ equivalente consideradas²⁸. Escenarios don-

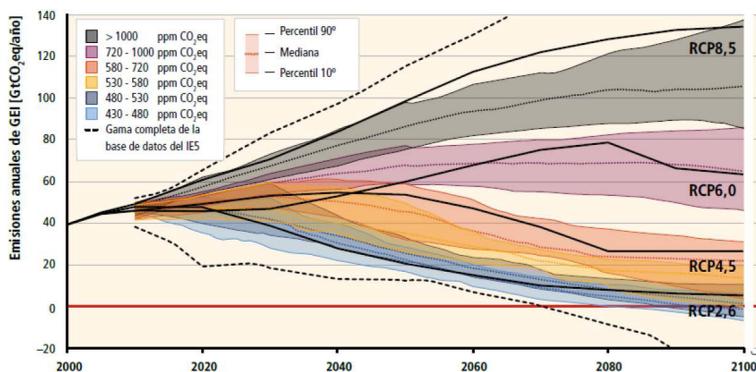
²⁶ Desde hace aproximadamente unos 10 años, unos 3800 dispositivos de medición se encuentran distribuidos y derivando por los océanos del mundo hasta una profundidad de 2.000 m, tomando datos de temperatura, pH y salinidad, a medida que ascienden a la superficie. Este sistema llamado ARGO, proporciona datos valiosos sobre el contenido de calor del océano (ARGO, 2019).

²⁷ Los gráficos de barras son construidos basados en datos de Instituciones tales como: Berkeley Earth, NOAA, UK Met Office, MeteoSwiss, DWD.

²⁸ Las trayectorias de concentración representativas RCP, son escenarios que abarcan series temporales de emisiones y concentraciones de la gama completa de

de no se apliquen medidas adicionales para mitigar el CC, se corresponden con concentraciones superiores a 650 ppm CO₂eq en atmósfera en el año 2100 (franja de color gris y violeta), lo que significa un incremento de temperatura media global entre 3,7 y 4,8 °C comparado con los niveles preindustriales. Escenarios donde se apliquen fuertes medidas de mitigación, se corresponden con concentraciones entre 430 y 480 ppm CO₂eq en el año 2100 (franja de color azul). Esto significa que el cambio de temperatura estará por debajo de 2 °C. Estos escenarios favorables requerirán para 2050 unas emisiones globales hasta un 70% menores que en 2010 y para 2100, unas emisiones casi nulas (MAGRAMA, 2015). De ser así, exigirá una transformación nunca vista de la economía mundial, de la sociedad y de todo nuestro estilo de vida.

Figura 11
Trayectorias de emisiones de gases de efecto invernadero 2000-2100



Fuente: IPCC (2014b). Cambio Climático 2014. Informe de Síntesis, Figura RRP.11.

GEI, aerosoles y gases químicamente activos, así como el uso del suelo y la cubierta terrestre. Las trayectorias de emisiones anuales de CO₂ equivalente fueron obtenidas considerando tamaño de la población, actividad económica, estilo de vida, uso de la energía, patrones de uso del suelo, tecnología y política climática. Las trayectorias incluyen un escenario de mitigación estricto (RCP 2,6), dos escenarios intermedios (RCP 4,5 y RCP 6,0), y un escenario con un nivel muy alto de emisiones de GEI (RCP 8,5). Los escenarios sin esfuerzos adicionales para limitar las emisiones (escenarios de referencia) dan lugar a trayectorias que se sitúan entre RCP 6,0 y RCP 8,5. La RCP 2,6 representa un escenario que tiene por objetivo que sea probable mantener el calentamiento global a menos de 2 °C por encima de las temperaturas preindustriales (IPCC, 2014a).

En todos los escenarios de emisiones evaluados, las proyecciones estimadas por los modelos señalan que la temperatura en la superficie de la Tierra continuará aumentando a lo largo del siglo XXI, lo que agravará los riesgos existentes y creará otros nuevos para los sistemas naturales y humanos.

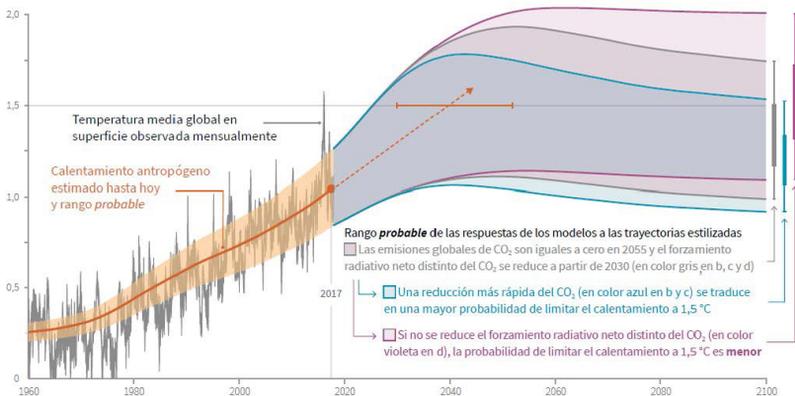
Frente a estos resultados científicos en la COP21, celebrada en la ciudad de París en 2015, por primera vez 195 países redactaron un Acuerdo conteniendo una serie de puntos para combatir el CC, impulsando medidas y previendo inversiones con el objetivo de transitar hacia un sistema energético bajo en carbono. El Acuerdo de París se oficializó en 2016²⁹ y comenzará a tener efecto a partir del año 2020. Entre sus principales objetivos se encuentra el señalado en el Artículo 2:

Mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2°C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5°C con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático. (ONU, 2016, p. 24)

El IPCC elaboró un nuevo Informe Especial sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C y las emisiones globales de GEI relacionadas (IPCC, 2018a), obteniendo resultados muy preocupantes. De este informe se extrajo la Figura 12, que muestra distintas trayectorias de los posibles cambios de temperatura que se producirían hasta el año 2100 (relativos a la temperatura del periodo 1850-1900), en función de las acciones a realizar.

²⁹ En el Día de la Tierra, el 22 de abril de 2016, 175 líderes mundiales firmaron el Acuerdo de París en la Sede de las Naciones Unidas en Nueva York. Actualmente hay 184 países que se han sumado a dicho Acuerdo.

Figura 12
Trayectoria de los cambios de temperaturas globales hacia el 2100, en función de las diferentes acciones a realizar



Fuente: IPCC (2018a). Calentamiento global de 1,5 °C. Figura RRP.1 Gráfico a)

Se observa en la Figura 12, la variación de temperatura media global mensual medida desde el año 1960 a 2017 y en naranja su valor medio estimado y su rango probable. A partir de 2017 se aplican modelos y se estiman valores hacia el futuro, donde las curvas superiores resultan de plantear un escenario sin reducción neta de CO₂, por lo que existe una muy baja probabilidad de limitar el calentamiento a 1,5 °C. Las curvas inferiores resultan de realizar urgentes reducciones de emisiones, lo que supone una alta probabilidad de limitar el calentamiento. Se estima que, si las actividades humanas continúan al ritmo actual, es probable que se alcance 1,5 °C entre 2030 y 2052, mucho antes del 2100 (trayectoria naranja cortando la línea horizontal de 1,5 °C). A la vista de las previsiones y con el objetivo de no sobrepasar este límite de temperatura, el IPCC propone eliminar los subsidios a los CF, reducir las emisiones de carbono en un 45% para 2030 y conseguir la neutralidad de carbono en 2050.

En el año 2018, cuando las concentraciones de GEI alcanzaron niveles récord de CO₂, CH₄ y N₂O (Carbon Brief-Clear on Climate, 2019), se obtuvieron diversos datos del clima de la Tierra. Entre estos se destaca que fue el año más cálido registrado, considerando que la temperatura del océano aumentó notablemente entre 2017 y 2018;

fue el cuarto año más cálido en la superficie de la tierra y fue el sexto año más cálido en la tropósfera inferior (parte inferior de la atmósfera).

3.4. Efectos del Cambio Climático

Existen diversas Instituciones globales, como el IPCC, WMO, Banco Mundial (BM), que realizan investigaciones científicas sobre los efectos del CC y que exponen periódicamente sus resultados a la comunidad internacional.

Recientemente la WMO junto a las principales organizaciones de ciencia climática del mundo, presentó el informe *United in Science*³⁰, donde se detalla el estado actual del clima y presenta tendencias de las emisiones y concentraciones atmosféricas de los principales GEI. En general, se evidencia la creciente diferencia que existe entre los objetivos acordados para abordar el calentamiento global y la realidad actual (WMO, 2019b). Entre otras medidas, los científicos urgen a una transformación socioeconómica en sectores clave como la energía y el uso de la tierra, para evitar un aumento peligroso de la temperatura global con impactos potencialmente irreversibles. También analizan diversas opciones para apoyar tanto la mitigación como la adaptación. Algunos de los resultados encontrados por la WMO son: las emisiones de CO₂ por el uso de CF continúan creciendo en más del 1% anual y el 2% en 2018, alcanzando un nuevo máximo; los aumentos en las concentraciones de GEI continúan acelerándose, siendo los niveles actuales de CO₂, CH₄ y N₂O de 146%, 257% y 122% respectivamente, referidos a los niveles preindustriales (anteriores al año 1750); las emisiones globales, se estima, no alcanzarán su pico en 2030 y mucho menos en 2020; las emisiones provenientes del combustible carbón crecieron nuevamente en 2017; los CF aún dominan el sistema de energía mundial a pesar del crecimiento extraordinario de las STER; la implementación de las Contribuciones Determinadas a nivel Nacional (NDC)³¹ actuales, conduciría a un aumento de la

³⁰ Se puede encontrar un resumen del Informe en Ref: <https://news.un.org/es/story/2019/09/1462482>

³¹ Las contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC) son el núcleo del Acuerdo de París y de la consecución de esos objetivos a largo plazo. Las contri-

temperatura media global entre 2,9 °C y 3,4 °C para 2100 en relación con los niveles preindustriales; el nivel actual de las NDC debe triplicarse aproximadamente para que la reducción de emisiones esté en línea con la meta de 2 °C y multiplicarse por cinco para la meta de 1,5 °C, por lo que técnicamente aún es posible disminuir la diferencia (brecha) entre los objetivos acordados y la realidad observada.

El actual relator especial sobre la pobreza extrema y derechos humanos de la ONU, Philip Alston (2019), comenta sobre la reducción de impactos que se produce de pasar de 2 °C a 1,5 °C:

Un aumento de solo 1,5 °C en lugar de 2 °C podría significar reducir hasta 457 millones el número de personas vulnerables a los riesgos relacionados con el clima, rebajar en 10 millones las personas expuestas al riesgo de aumento del nivel del mar; frenar la exposición a inundaciones, sequías e incendios forestales; limitar el daño a los ecosistemas y reducciones en alimentos y ganado; reducir a la mitad el número de personas expuestas a la escasez de agua; e impedir hasta 190 millones menos de muertes prematuras a lo largo del siglo. (p. 4)

Otros impactos registrados en este informe de la WMO son: en el verano de 2019 se produjeron incendios sin precedentes en el Ártico³²; el año 2018 tuvo el mayor número de tormentas tropicales de todos los años en el siglo XXI; la extensión del hielo marino del verano ártico ha disminuido a una tasa de aproximadamente 12% por década durante 1979-2018 y el panorama es similar en la capa antártica; la pérdida de masa de glaciares para 2015-2019 es la más alta de los períodos de cinco años ya registrados; la tasa observada de aumento medio global del nivel del mar se aceleró de 3 mm por año durante el período 1997-2006 a aproximadamente 4 mm durante el período 2007-2016; la acidez del océano³³ creció un 26% desde el

buciones determinadas a nivel nacional encarnan los esfuerzos de cada país para reducir las emisiones nacionales y adaptarse a los efectos del cambio climático. El Acuerdo de París requiere que cada Parte prepare, comunique y mantenga las sucesivas contribuciones determinadas a nivel nacional que se proponga lograr. Las Partes adoptarán medidas nacionales de mitigación con el fin de alcanzar los objetivos de esas contribuciones. Ref: <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-paris-agreement/contribuciones-determinadas-a-nivel-nacional-ndc>

³² Ref: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-49237121>

³³ Entre el 20% y el 30% del CO₂ emitido por el hombre lo han absorbido los océanos desde 1980, algo que se prevé que aumente durante este siglo. Al absor-

comienzo de la era industrial; amplias áreas de África, América Central, Brasil y el Caribe, así como Australia experimentaron un gran aumento en la frecuencia de las condiciones de sequía entre 2015 y 2017 en comparación con los últimos 14 años; el número de personas expuestas a las olas de calor ha aumentado en alrededor de 125 millones, entre 2000 y 2016.

Profundizando en estas cuestiones el IPCC, en su reciente informe sobre lo que está ocurriendo en los océanos y la criósfera³⁴ del planeta, insiste en la urgencia que los gobiernos intensifiquen los esfuerzos para hacer frente a la emergencia climática. Una reducción de las emisiones de GEI limitaría la magnitud de los cambios y permitiría preservar los ecosistemas y los medios de subsistencia que dependen de esas regiones (IPCC, 2019). Entre las consecuencias asociadas al CC se analizan; los profundos cambios que están teniendo lugar en regiones de alta montaña que afectan a comunidades situadas en zonas más bajas; la fusión de los hielos y subida del nivel del mar, no solo debido a esta fusión sino también a la expansión del agua del mar a medida que se calienta; la mayor frecuencia de episodios extremos de nivel del mar; los cambios en los ecosistemas oceánicos; la pérdida de hielo marino en el Ártico y el deshielo del permafrost.

La investigación de Kulp y Strauss (2019) señala que, impulsado por el CC, el nivel medio del mar aumentó entre 11 y 16 cm en el siglo XX. En el siglo XXI se pueden plantear diferentes escenarios con sus respectivos resultados: a) con recortes inmediatos de emisiones de GEI, el nivel del mar crecería otros 0,5 m; b) con emisiones más altas, el aumento estaría en el orden de los 2 m, en el caso de inestabilidad de la capa de hielo antártico. Este último escenario amenaza a 630

ber más CO₂ el océano experimenta una creciente acidificación con pérdida de oxígeno, con alto riesgo para algunas especies y ecosistemas sensibles, como los corales. Según el IPCC, cerca de 1.500 millones de personas están en la zona roja de los impactos climáticos relacionados con los océanos y el agua. Ref:https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/09/SROCC_PressRelease_ES.pdf

³⁴ El término “criósfera” —del griego *kryos*, que significa frío o hielo— describe los componentes congelados del sistema Tierra, con inclusión de la nieve, los glaciares, los mantos y las plataformas de hielo, los témpanos y el hielo marino, el hielo lacustre y fluvial, así como el permafrost y el terreno estacionalmente congelado. Ref: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/09/srocc_p51-pressrelease_es.pdf

millones de personas que viven en zonas costeras por debajo de los niveles de inundación anuales proyectados para 2100, y a 340 millones proyectados para mediados de siglo.

Un informe del BM (2016) expresa que el CC podría dar lugar a pérdidas en el rendimiento mundial de los cultivos del 30% para 2080, incluso si se toman medidas para adaptarse a él. En relación a las consecuencias negativas para la salud, entre 2030 y 2050, se estima que el CC podrá causar aproximadamente 250.000 muertes adicionales por año a causa de la desnutrición, la malaria, la diarrea y el estrés por calor. Dado que las personas en situación de pobreza en general no tienen seguro médico, el CC exacerbará la crisis de salud, que ya empuja a 100 millones de personas a la pobreza cada año. Las personas en condición de pobreza, enfrentan una amenaza muy real de perder sus hogares.

En definitiva, los desastres naturales sumado a la desigualdad mundial existente, pueden agudizar la tragedia de la población más vulnerable (Agudo, 2019). Los que menos tienen, son los que muchas veces más padecen los fenómenos extremos. Niños³⁵ y mujeres están en primera línea de los damnificados y se prevé que en 2030 habrá 100 millones de pobres más por el CC. Con 2 °C de calentamiento, entre 100 y 400 millones de personas más estarán en riesgo de pasar hambre y entre 1000 y 2000 millones ya no tendrán suficiente agua.

Otra consecuencia muy grave serán las migraciones climáticas³⁶, es decir, el desplazamiento de millones de personas debido a eventos extremos climáticos. Los pronósticos del BM en este sentido, no son muy halagüeños, expresa que en 2050, en solo tres regiones, África subsahariana, Asia meridional y América Latina, que representan el 55% de la población del mundo en desarrollo, el CC podría obligar

³⁵ Nicholas Rees, especialista de Unicef, en un reportaje del diario El País (Agudo, 2019) estima que en la próxima década el CC afectará la salud de aproximadamente 175 millones de personas al año. Respecto de los niños dice: “Están física, fisiológica y epidemiológicamente más expuestos al impacto”, “Son menos capaces de soportar sequías, inundaciones y condiciones extremas”.

³⁶ El Centro para el Monitoreo del Desplazamiento Interno, desde el año 2003, recopila y publica datos de gobiernos, agencias humanitarias de las Naciones Unidas y reportes de los medios de comunicación sobre las migraciones (IDMC, 2019).

a más de 143 millones de personas a trasladarse dentro de sus países (BM, 2018). Sirva como ejemplo que en los primeros seis meses del año 2019, aproximadamente siete millones de personas se desplazaron por estas razones, una cifra sin precedentes (Sengupta, 2019). El Pacto Mundial de las Naciones Unidas para la Migración Segura, Ordenada y Regular (GCM) reconoce al CC como un motor para la migración y ha desarrollado un marco internacional para gestionar el aumento previsto de la migración, resultante de la degradación ambiental y las crisis resultantes, incluidos los conflictos³⁷.

El CC también pone en riesgo la biodiversidad. En este sentido, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, UNESCO (2019), expresa en el Compromiso de su página web, la amenaza que está sufriendo en general la biodiversidad:

La biodiversidad es el tejido vivo de nuestro planeta. Soporta el bienestar humano en el presente y en el futuro, y su rápido declive amenaza tanto a la naturaleza como a las personas. Según los informes publicados en 2018 por la Plataforma Intergubernamental de Ciencia y Política sobre Servicios de Biodiversidad y Ecosistemas (IPBES), los principales impulsores mundiales de la pérdida de biodiversidad son el cambio climático, las especies invasoras, la sobreexplotación de los recursos naturales, la contaminación y la urbanización. La pérdida de biodiversidad implica la reducción y desaparición de especies y diversidad genética y la degradación de los ecosistemas. Pone en peligro las contribuciones vitales de la naturaleza a la humanidad, pone en peligro las economías, los medios de vida, la seguridad alimentaria, la diversidad cultural y la calidad de vida, y mundial. La pérdida de biodiversidad también afecta desproporcionadamente a los más vulnerables exacerbando la desigualdad.

También se expresa acerca de la amenaza que sufre la biodiversidad por efecto del CC, de la siguiente manera (UNESCO, 2019):

El cambio climático es un importante motor que erosiona la biodiversidad. Los cambios en la temperatura de la atmósfera y las precipitaciones, la acidificación de los océanos, el aumento del nivel del mar y la naturaleza de algunos eventos extremos afectan negativamente la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas. Además, el cambio climático amplifica los impactos de otros factores como la degradación del hábitat, la contaminación, las especies invasoras, la sobreexplotación, el desplazamiento de

³⁷ Ref: <https://environmentalmigration.iom.int/10-key-takeaways-gcm-environmental-migration>

la población y la migración. La pérdida de biodiversidad también acelera los procesos de cambio climático, ya que la capacidad de los ecosistemas degradados para asimilar y almacenar CO₂ tiende a disminuir, reduciendo las opciones de adaptación disponibles.

Queda en evidencia que el CC acrecienta la pobreza y la desigualdad existente, afectando ciertamente a todos los habitantes del planeta, pero en mayor grado a los más vulnerables. Poder vivir y disfrutar en plenitud de un medioambiente sano es un derecho humano. El CC amenaza este derecho, corriéndose el riesgo de deshacer los últimos progresos realizados en materia de desarrollo, salud mundial y reducción de la pobreza³⁸.

Además de todos los pronunciamientos del mundo científico tecnológico, existen opiniones muy escuchadas e influyentes de líderes mundiales pertenecientes a otros sectores (política, religión, literatura, etc), que basados en documentación científica, toman posición frente al CC³⁹.

4. Transición Energética y Objetivos de Desarrollo Sostenible

La humanidad ha experimentado tres grandes TE a lo largo de su historia y ahora estaría comenzando una cuarta, según el análisis que realiza Voosen (2018) sobre Vaclav (2010). La primera TE, estuvo basada en el dominio del fuego, que permitió liberar la energía del sol contenida en la BmT⁴⁰. La segunda, en la práctica de la agricultura y la domesticación de animales, que convirtió y concentró la energía solar en alimentos y permitió al hombre tener más tiempo para otras actividades distintas a la búsqueda del sustento. Asimismo los anima-

³⁸ Ref: <https://news.un.org/es/story/2018/10/1444342>

³⁹ Algunas de estas "Otras Voces" se pueden leer en Anexo 1 del Capítulo 3.

⁴⁰ La energía que se puede extraer de la BmT, proviene de manera indirecta de la energía solar transformada. La Bm vegetal crece tomando dióxido de carbono del aire, agua y minerales del suelo y energía del sol y transforma todo esto, por medio del proceso de fotosíntesis, en energía química que se acumula en diferentes formas de compuestos orgánicos (polisacáridos, grasas). Esta Bm puede ser consumida y transformada también, por distintas especies del reino animal, incluyendo al ser humano. Ref: <http://www.probiomasa.gov.ar/sitio/es/biomasa.php>

les y poblaciones humanas también suministraron energía, en forma de potencia muscular. La tercera, se focalizó en la industrialización y el consecuente uso masivo de los CF, donde las máquinas comenzaron a dominar la producción de energía. Finalmente, hoy estaríamos en los albores de la cuarta TE: un movimiento hacia fuentes de energía de muy baja emisión de CO₂ y un retorno a usar nuevamente la energía solar, pero la que llega a cada momento al planeta⁴¹, no la energía fosilizada (energía solar atrapada hace millones de años por organismos animales y vegetales y que yace actualmente en depósitos subterráneos, convertida en carbón, petróleo y gas natural).

Como se puede comprobar, toda transición en el sector de la energía no se produce de manera aislada del contexto global, sino que en general se presenta como parte de una transición mucho más amplia, que evoluciona hacia un cambio de paradigma socioeconómico, como lo expresa Grin *et al.* (2010)⁴²:

We define a transition as a fundamental change in structure, culture and practices. (...) Our notion of structure should be understood broadly, including physical infrastructure (physical stocks and flows), economic infrastructure (market, consumption, production), and institutions (rules, regulations collective actors such as organizations, and individual actors). (p. 109)

En definitiva la TE tendría como eje el proceso de transformación de un sistema energético mundial “carbonizado” basado en la quema de los CF, que va hacia un sistema “descarbonizado” basado en el aprovechamiento de las EERR y en medidas de EE. Sin embargo, este proceso no debería quedar restringido a un mero cambio tecnológico mientras el actual sistema socioeconómico⁴³, responsable principal de

⁴¹ El Profesor de física del Massachusetts Institute of Technology, Washington Taylor, expresa que la energía solar que llega a la Tierra es enorme, del orden de 10,000 veces la energía utilizada en el mundo, y es completamente renovable. Ref: <https://phys.org/news/2011-10-vast-amounts-solar-energy-earth.html>

⁴² Traducción: “Definimos transición como un cambio fundamental en la estructura, cultura y prácticas. Nuestra noción de estructura debería ser entendida en general, incluyendo la infraestructura física (stock físico y flujos), económica (mercado, consumo, producción) e institucional (reglas, regulaciones colectivas como por ejemplo organizaciones, y actores individuales)”.

⁴³ El modelo actual de desarrollo crea bienestar, pero solo en algunos centros regionales y solo para las capas sociales más elevadas, mientras simultáneamente,

la emergencia climática, se sigue perpetuando con su lógica de crecimiento sin límite⁴⁴. Como ejemplo conceptual: si se diseña un plan para favorecer la instalación de nuevos parques eólicos y granjas FV en lugar de centrales térmicas convencionales que queman CF, con el objetivo de reducir la emisión de CO₂, pero se mantiene la misma lógica de mercado en cuanto a la forma que se financian, construyen y operan estas nuevas plantas; solo se estaría realizando un cambio tecnológico⁴⁵.

Por lo tanto, la transición debería involucrar otras aristas, como las señaladas por el Director del Observatorio de Energía y Sustentabilidad de la Universidad Tecnológica Nacional de Argentina, Pablo Bertinat:

Hablar de transición energética es hablar de recursos, políticas públicas, conflictos sectoriales, alianzas geopolíticas, medioambiente, derechos humanos, estrategias empresariales, avances tecnológicos, diversificación productiva, relación entre energía y distribución de la riqueza, relación entre energía y matriz productiva, etc. Hablar de transición es comprender las intrincadas relaciones entre infinidad de factores, la diversidad de concepciones —sistémicas y contrasistémicas— y aspiraciones que existen. (Bertinat, 2016, p. 1)

Debido a todas estas profundas transformaciones que necesitan concretarse en el tejido político, económico y social, las TE siempre fueron lentas y complicadas de plasmarse, con una gran inercia de las

supone la destrucción en el largo plazo de su propia base productiva, es decir, la energía barata de origen fósil y recursos aparentemente inacabables. (Kofler y Netzer, 2014).

⁴⁴ El Club de Roma en su primer informe titulado “Los límites del crecimiento”, publicado en 1972, expresa una de sus principales conclusiones: “los recursos entrelazados de la Tierra probablemente no pueden soportar las tasas actuales de crecimiento económico y de población mucho más allá del año 2100”. Fue muy criticado tanto por liberales, como por socialdemócratas y comunistas, pues ponía en cuestión el dogma de fe del crecimiento ilimitado, en el que creían (y todavía creen) muchos políticos y economistas. (Puig, 2018).

⁴⁵ Bertinat y Stampa (2019) opinan sobre la política que está llevando el gobierno argentino actual sobre las EERR, que se repite en casi todo el mundo: “En nombre de la modernización ecológica, de la economía verde, el modelo de energía renovable promovido por el oficialismo apostó a ampliar el poder de las grandes corporaciones del sector, acentuando la mercantilización de la energía, independientemente de la fuente”.

tecnologías existentes (Vaclav, 2010). Por ejemplo, la transición desde la BmT a la consolidación de los CF llevó un tiempo prolongado, como se observa en Figura 1. De la misma manera podría ocurrir con las EERR respecto de los CF.

Esta ralentización de las transiciones energéticas que evidencian los datos, difiere de lo que plantea actualmente el IPCC, que urge a los países a realizar transiciones rápidas de amplio alcance y sin precedentes en sectores de la energía, uso del suelo, zonas urbanas e infraestructura (incluidos transporte y edificios) y sistemas industriales. El objetivo final es el cumplimiento del límite del aumento de la temperatura de 1,5 °C para el año 2100. Resolver esta tensión que surge entre las lentas transiciones y la urgente descarbonización, es un enorme desafío que debe ser resuelto por todos los actores involucrados en el proceso.

Por todo ello, es fundamental encontrar factores que impulsen adecuadamente la TE. Entre otros, se descubren los siguientes: el rápido desarrollo de los STER; la mayor concientización ambiental de los diferentes actores de la sociedad y su lucha contra el CC; la creciente complejidad en la extracción de recursos fósiles; la búsqueda de los países en alcanzar su soberanía y seguridad energética; la mayor posibilidad de participación de los ciudadanos en la producción de energía (empoderamiento ciudadano); el avance de las tecnologías digitales, etc⁴⁶.

Si la TE es parte de una transición más amplia basada en el paradigma del desarrollo sostenible, debería brindar soluciones socialmente aceptables que atiendan los principios de equidad y sostenibilidad, con un decidido apoyo a las personas más vulnerables. Por lo tanto, una de las características que tendría que tener la TE es la de ser justa, en otras palabras, debería garantizar a todas las personas el acceso universal a la energía, el suministro seguro y de calidad con mínimo IAm, identificando y apoyando a todos aquellos que se verán afectados por los cambios producidos⁴⁷. Sería por lo tanto de-

⁴⁶ En el Libro de Belmonte *et al.* (2017), se pueden apreciar las percepciones que tienen diferentes actores sociales respecto de las EERR y la dificultad que presentan para su empoderamiento.

⁴⁷ Se presenta en Anexo 2, una mirada general sobre “El Acceso a la Energía”.

seable, que los decisores políticos actúen durante la transición cuidando fundamentalmente los intereses locales y regionales, sin que esto signifique necesariamente, desatender los objetivos internacionales. Esta transición de modelo energético, transversal a todos los sectores productivos, debe realizarse de forma planificada y guiada por los poderes públicos, bajo fórmulas que garanticen la participación de los agentes sociales y económicos involucrados (Martínez Camarero y López, 2015). Algunos de estos aspectos sobre la equidad en el acceso y uso del sistema energético, son analizados a través del concepto “pobreza energética” que incluye una variedad de áreas temáticas vinculadas con el desarrollo humano⁴⁸.

Por otro lado, y desde el punto de vista de desarrollo tecnológico, una de las aristas a considerar en la TE es la descentralización del sistema de producción de electricidad por medio de generación distribuida⁴⁹, reduciendo la necesidad de redes eléctricas y empoderando a individuos y a cooperativas a organizarse no solo como consumidores, sino también como productores y gestores de su propia energía. Se produce un cambio en el paradigma existente: los activos energéticos ya no serán propiedad exclusiva de empresas centralizadas o del Estado.

Principios como la justicia y la equidad, están incluidos en un marco de trabajo mucho más amplio llamado Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, adoptada por la Asamblea General de la ONU, que consiste en un plan de acción con 17 ODS y 169 metas específicas que abarcan el área económica, social y ambiental. Entre estos objetivos están: erradicar la pobreza y el hambre y lograr la seguridad alimentaria; garantizar una vida sana y una educación de calidad; lograr la igualdad de género; asegurar el acceso al agua y la energía; promover el crecimiento económico sostenido; adoptar medidas urgentes contra

⁴⁸ Se presenta en Anexo 3, un breve estudio llamado “Pobreza Energética: un concepto en construcción”.

⁴⁹ La generación distribuida se refiere a un conjunto de pequeñas plantas generadoras de electricidad, situadas cerca del usuario final, o en su mismo emplazamiento, y que pueden estar integradas en una red o funcionar de forma autónoma. Sus usuarios pueden ser fábricas, empresas comerciales, edificios públicos, barrios o residencias privadas. Promete ser una alternativa al calentamiento global y una solución ante un corte de suministro de energía (Rifkin, 2002).

el CC; promover la paz y facilitar el acceso a la justicia. Fueron acordados por 192 países miembros de la ONU, se pusieron en marcha en enero de 2016 y regirán los programas de desarrollo mundial hasta el año 2030.

Si bien cada Estado fija sus propias metas nacionales, los ODS brindan un marco de referencia para evaluar las diferentes dimensiones del desarrollo sostenible en las que están trabajando (PNUD, 2019a). El economista Jeffrey Sachs, asesor de la ONU, expresó en una entrevista:

Docenas de Gobiernos de todo el mundo están incorporando los ODS en sus presupuestos y planificaciones y cientos de grandes empresas están alineando sus estrategias corporativas y su reporting con los ODS. El mundo avanzará hacia el desarrollo sostenible a medida que los peligros del cambio climático desbocado, la pobreza extrema y la alta desigualdad en los ingresos y la riqueza se hagan cada vez más evidentes. (Sachs, 2019)

La energía se encuentra actualmente en el centro del debate internacional, nacional y regional debido a su estrecha relación con la equidad, el acceso para todos a servicios modernos de energía, el desarrollo humano y la lucha contra el CC. Durante la TE se deberían producir cambios estructurales en las áreas económicas, sociales, ambientales, culturales y tecnológicas, que modifican, entre otras cosas, la forma en que se produce, transporta, distribuye y consume la energía en el mediano y largo plazo. Por todo ello, se van a necesitar miradas interdisciplinarias que aborden las complejas interrelaciones reflejadas en todos los ODS. En relación con la energía, los ODS 7 Y 13 establecen lo siguiente para el 2030⁵⁰:

- El ODS 7 establece “Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos”. Además contiene tres metas específicas: garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos; aumentar considerablemente la proporción de EERR en el conjunto de fuentes energéticas y duplicar la tasa mundial de mejora de la EE.
- ODS 13 establece “Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos”. Además contiene tres metas es-

⁵⁰ Ref: <https://www.odsargentina.gob.ar/Los17objetivos>

pecíficas: fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países; incorporar medidas relativas al CC en las políticas, estrategias y planes nacionales; mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del CC, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana.

Para mostrar los avances logrados en función de los ODS, la ONU presentó en el año 2018 un informe de progreso, resaltando que a pesar del esfuerzo que se realiza, muchas de las metas propuestas al 2030 no podrán ser alcanzadas (ONU, 2018b). Sostiene además, que el CC, los conflictos, la desigualdad, la persistencia de la pobreza y el hambre, la rápida urbanización y la degradación del medioambiente, agregan nuevos desafíos. Respecto del progreso de los ODS 7 y 13, señala que en el año 2016 casi 1000 millones de personas aún viven sin electricidad y decenas de millones viven con un suministro insuficiente o poco confiable. Al mismo tiempo, 3000 millones de personas (50% de ellas de África Subsahariana) utilizan aún la BmT para cocinar o calefaccionar sus viviendas. Esto produce contaminación del aire, sobre todo en espacios cerrados, con impactos generalizados en la salud de las personas.

5. Mitigación del Cambio Climático

Dado el CC observado y sus impactos negativos sobre toda la biosfera en general y sobre las sociedades e individuos en particular, se deben tomar medidas urgentes para cumplir, entre otros, con los objetivos del Acuerdo de París. Peters (2018) afirma: “Permanecer por debajo de 1,5 °C requiere una transformación más rápida y profunda que los 2 °C”, y agrega “Sin la implicación total y la alineación de nuestras dimensiones política, técnica y social, ni 1,5 °C ni 2 °C serán posibles”.

Como se señaló oportunamente, las medidas de mitigación son aquellas acciones que están dirigidas a reducir y limitar las emisiones de GEI antropógenos (minimizar las causas del CC). Por su parte, las medidas de adaptación se basan en reducir la vulnerabilidad de las personas, instalaciones e infraestructuras ante los efectos externos

derivados del CC, realizando un ajuste de los sistemas humanos y/o naturales (minimizar los efectos o impactos del CC)⁵¹. Ninguna de las medidas de mitigación y adaptación será suficiente por sí sola y se debe considerar que entre éstas existen sinergias y una complementariedad evidente: incrementando los niveles de mitigación, habrá menos necesidades de adaptación en el futuro. Además, para que estas medidas sean efectivas, se necesitan de políticas de cooperación en todas las escalas y de participación de todos los actores. Las decisiones tomadas posiblemente supondrán alguna modificación del estilo de vida o del comportamiento de las personas⁵², por lo que se requiere una amplia aceptación de la sociedad (IPCC, 2014b). En última instancia, como señala Sovacool (2016), la TE ya no es una cuestión de viabilidad técnica o económica, sino una decisión política.

En ocasión de la Cumbre de Acción Climática de 2019, António Guterres, Secretario General de la ONU, resaltó los cambios que se deben realizar: “Necesitamos un cambio rápido y profundo en la forma en que hacemos negocios, generamos energía, construimos ciudades y alimentamos al mundo” (Guterres, 2019a). También marcó la importancia de las tecnologías en la mitigación: “La emergencia climática es una carrera que estamos perdiendo, pero es una carrera que podemos ganar. La crisis climática está causada por nosotros y

⁵¹ Cuando las acciones de adaptación están dirigidas a la construcción de infraestructuras, se requerirá en general de una alta inversión de dinero. Por ejemplo, el proyecto de un muro levadizo para bajar el riesgo de inundación por elevación del nivel del mar en la ciudad de Nueva York, tiene un costo estimado de 203 millones de dólares. Ciudades pequeñas y/o pobres, pequeños Estados insulares, áreas rurales ¿Podrían conseguir estas inversiones para adaptación climática? Ref: <https://www.nytimes.com/es/2018/09/25/efectos-cambio-climatico/>

⁵² Para establecer una relación entre el nivel de confort de una sociedad y la emisión de GEI por quema de CF, se recurre como indicador, por ejemplo, a la demanda de energía eléctrica de los aparatos de aire acondicionado. Esta demanda es de las de más rápido crecimiento en el mundo y junto con los ventiladores, supone un consumo del orden del 10% del total de energía eléctrica global (Dulac, 2018). Un informe de la IEA (2019) estima que hay alrededor de 1600 millones de unidades de aire acondicionado en uso, que ha provocado que el CO₂ se haya triplicado desde 1990 a 1130 millones de toneladas (Mt), lo que equivale a las emisiones totales de Japón. De seguir esta tendencia, para el año 2050, la demanda energética para refrigeración podría triplicarse. Este modelo de consumo es evidentemente inviable, si el combustible para producir energía eléctrica que consumirán estos sistemas, continúa siendo el CF.

las soluciones deben venir de nosotros. Tenemos las herramientas: la tecnología está de nuestro lado” (Guterres, 2019b).

Para estabilizar las concentraciones de GEI en la atmósfera, se pueden seguir diferentes estrategias tecnológicas y de gestión: instalar mayor cantidad de STER y centrales nucleares⁵³; mejorar la eficiencia de productos, procesos y diseños constructivos de edificios; adoptar medidas de ahorro energético; desarrollar e instalar sistemas de secuestro y almacenamiento de CO₂ sobre todo en centrales de carbón; utilizar vehículos eléctricos basados en baterías electroquímicas o en celdas de combustible; reemplazar combustibles líquidos provenientes de petróleo para el sector transporte, por biodiesel y bioetanol; aumentar la Bm forestal para secuestrar mayor cantidad de CO₂ atmosférico⁵⁴; disminuir la deforestación; gestionar óptimamente los cultivos y los sistemas ganaderos; modificar comportamientos respecto del consumo de todo tipo; etc.

Los STER representan una de las principales herramientas de mitigación actual, debido entre otros factores, a su baja emisión de CO₂, a su madurez tecnológica y la continua reducción de su costo. Esto posibilita instalar STER a gran escala y competir con los sistemas convencionales, sobre todo en el sector de producción de electricidad, uno de los más emisores de CO₂. Las emisiones de las distintas tecnologías productoras de electricidad pueden ser comparadas mediante el uso de factores de emisión de GEI en todo su ciclo de vida, medidos en [kgCO₂/MWh], según muestra la Figura 13. Se observa la importante reducción de GEI que presentan los distintos tipos de STER, respecto de las centrales térmicas convencionales alimentadas con CF (ciclo combinado a gas y central a carbón).

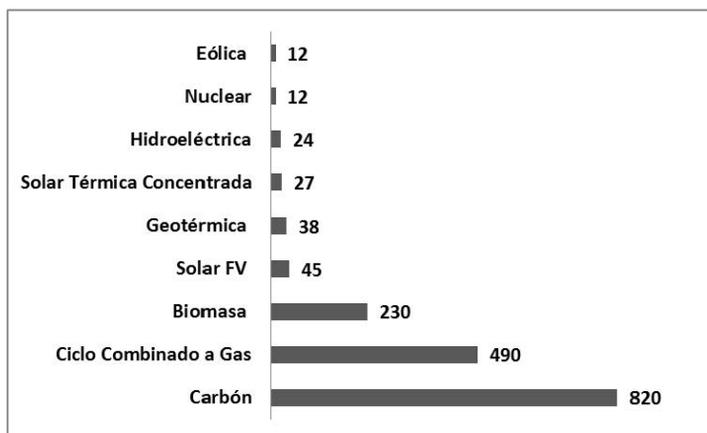
⁵³ Las centrales nucleares producen grandes cantidades de energía eléctrica con muy baja emisión de CO₂, pero presentan riesgos de seguridad, problemas relacionados con la disposición final de residuos, amenazas de terrorismo nuclear, etc. Por todo ello, su uso en muchos países genera mucha controversia.

Ref: <https://www.ucsusa.org/resources/nuclear-power-global-warming>

⁵⁴ Los sumideros naturales de CO₂, como la biomasa y sobre todo los océanos, secuestran aproximadamente la mitad de todas las emisiones producidas en las actividades humanas.

Ref: https://galenmckinley.github.io/CarbonCycle_Spanish/

Figura 13
Factores de emisión medios en [kgCO₂/MWh], de tecnologías productoras de electricidad en su ciclo de vida



Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de Tabla A.III.2. Emissions of selected electricity supply technologies (Schlömer et al., 2014)

Las medidas encaminadas a la mitigación y adaptación requieren de un decidido apoyo político y financiero a nivel nacional e internacional. Ya en 2007 el Informe Stern (2007) señalaba la necesidad de una inversión equivalente al 1% del PIB mundial para mitigar los efectos del CC (en 2008 se corrigió y lo elevó al 2%, porque no había valorizado correctamente el efecto del CC). En caso contrario, el mundo se expondría a una recesión que podría alcanzar el 20% del PIB global (Stern, 2007)⁵⁵. Por ejemplo, los países desarrollados que son parte de la CMNUCC, continúan avanzando para alcanzar para el año 2020 el objetivo de movilizar conjuntamente 100 mil millones

⁵⁵ El Informe también habla de los GEI, a los que considera como una externalidad y un fallo del mercado muy grave: “Las emisiones son claramente una externalidad y, por ello, un fallo del mercado. Pero su impacto es distinto al de, por ejemplo, la congestión o la polución local en cuatro aspectos fundamentales: la externalidad es a largo plazo, es global, implica mayores incertidumbres y se produce potencialmente a gran escala. Las emisiones de gases de efecto invernadero son el mayor fallo del mercado que el mundo haya visto”

de dólares anuales, para ayudar a los Estados más vulnerables frente a los impactos del CC⁵⁶.

Sin embargo, no es nada fácil obtener financiamiento para un bien de uso común, como el clima por ejemplo. Así lo expresa Daniel Montamat, ex secretario de Energía de Argentina, en una columna de opinión:

Si asumimos el clima como un bien público global, y recordamos que los bienes públicos se caracterizan porque su uso o consumo por parte de una persona no excluye el consumo por parte de otro, empezamos a comprender por qué es tan difícil acordar un régimen que financie un clima saludable para nosotros y para los que vienen. Siempre habrá “parásitos” que aprovecharán del clima presente pretendiendo que otros se hagan cargo de la externalidad negativa global (emisión de gases) que está degradando ese clima para los que vienen. El “problema del parásito” prolongado en el tiempo lleva a la “tragedia de los comunes”⁵⁷; todos abusan de un recurso limitado que comparten, al que terminan destruyendo aunque a ninguno les convenga. Pero aquí estamos hablando del clima mundial, un bien público sin fronteras: ¿quién pone los recursos para preservarlo saludable? La repuesta de la economía a los problemas planteados tiene ámbitos jurisdiccionales acotados, como los impuestos o el mercado de bonos, asignando derechos de emisión. Pero sin jurisdicción internacional la repuesta no es extrapolable. Si nos atenemos a los datos, vamos camino a la tragedia de los comunes. (Montamat, 2019)

Por lo tanto, además de las estrategias tecnológicas para mitigar el CC, serán cada vez más importantes las herramientas económicas financieras que tiendan, por un lado, a desincentivar la utilización de hidrocarburos en la industria y por el otro, a incentivar el uso de

⁵⁶ Ref: https://elpais.com/internacional/2016/11/02/actualidad/1478101060_412467.html

⁵⁷ La tragedia de los [bienes] comunes es un ensayo publicado en 1968 por el biólogo y ecologista Garrett Hardin (Hardin, 1968). En él describe el dilema en el cual varios individuos, guiados por el interés personal y actuando independientemente pero racionalmente, destruyen un recurso compartido limitado (el común) aunque a ninguno de ellos les convenga que tal destrucción suceda. Un par de frases del autor: “Cada hombre está encerrado en un sistema que le incita a aumentar su rebaño sin límite, en un mundo que es limitado”, “La ruina es el destino hacia el cual todos los hombres se apresuran, cada uno persiguiendo su propio interés en una sociedad que cree en la libertad de los bienes comunes. La libertad en un bien de uso común, trae ruina a todos”.

Ref: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-49082868>.

energía limpia. Una de estas herramientas, es el llamado impuesto al carbono (un 20% de las emisiones mundiales ya están sujetas a esta imposición), que implica una penalización monetaria por cada unidad de CO₂equi emitido. El mayor inconveniente de su aplicación, es fijar a la penalización un precio razonable y que al mismo tiempo sea efectivo para cumplir con las reducciones prometidas. Otra manera, es gravar con impuestos las formas de generación de electricidad que sobrepasen una franja de emisiones y subvencionar las que estén por debajo de esa franja. Para esto, es fundamental que los países interconectados realicen acuerdos que impongan los mismos impuestos y así disminuir los problemas de competitividad, según señala el economista Ian Parry, en una nota de De Zárate (2019). También funciona desde hace tiempo en la Unión Europea el mercado de derechos de emisión que establece un máximo de emisiones de CO₂ por industria y año, en donde las empresas que emiten menos del límite autorizado, venden los derechos de emisión a las que emiten más del límite. Como en el caso del impuesto al carbono, lo difícil es encontrar el valor del precio de intercambio. En el ámbito financiero, además de contar con bonos verdes (bonos cuyos fondos se destinan exclusivamente a financiar o refinanciar proyectos e inversiones sostenibles), se lanzó un programa del Consejo de Estabilidad Financiera en Basilea, que permitirá homogeneizar y disponer de una información confiable sobre los riesgos corporativos frente al CC. Su objetivo es que los flujos de capital se dirijan a inversiones sostenibles (De Zárate, 2019).

A pesar de todos los instrumentos analizados, la realidad es la que señala el IPCC cuando expresa que será muy difícil reducir las emisiones, si los países no son capaces de cumplir con sus propios NDC. En este sentido existen diversos documentos que manifiestan esta problemática. Así por ejemplo, el informe de un grupo de expertos encabezados por el expresidente del IPCC, Robert Watson, luego de analizar los compromisos de los 184 países que presentaron planes de recorte de emisiones, llega a la conclusión que solo un 20% de éstos (en general países de la UE) estarían en condición de cumplir (Watson *et al.*, 2019). Pero el problema mayor, es que los países más emisores no están en esta senda. Por otro lado, el Observatorio Mundial de Mercados de Energía (WEMO), advirtió que los objetivos climáticos para 2050 no se alcanzarán si siguen las tendencias actuales de consumo. Específicamente, el informe recomienda medidas como el uso de los precios del carbono

para impulsar la inversión baja en carbono, un mayor uso de EERR y vehículos eléctricos, y aumentar el financiamiento para desarrollar las tecnologías de captura y almacenamiento de carbono (Capgemini, 2019). También otro grupo de científicos analizó la información disponible de los últimos 40 años sobre energía, temperatura del planeta, recursos forestales, emisión de GEI, florestas, índices de natalidad, etc. y publicó un artículo en la revista *BioScience* (Ripple *et al.*, 2019), expresando entre otras cosas: “Declaramos clara e inequívocamente que el planeta Tierra se enfrenta a una emergencia climática” (p. 1). “Para asegurar un futuro sostenible, debemos cambiar la forma en que vivimos” (p. 10). “Esto implica grandes transformaciones en las formas en que nuestra sociedad global funciona e interactúa con los ecosistemas naturales” (p. 11.). Este grupo sugiere entonces, modificaciones tales como la reforma del sector energético, reducción de los contaminantes de corta duración, protección de los ecosistemas, optimización del sistema de alimentación, establecimiento de una economía libre de CO₂ y una población humana estable.

A modo de conclusión, si bien se disponen de diversas herramientas tecnológicas, económicas y financieras, que son claves para la lucha contra el CC, es evidente que no está siendo suficiente. Todas estas acciones deberán intensificarse e ir acompañadas por un cambio de los actuales paradigmas del desarrollo, regidos aún por el concepto de crecimiento sin límite.

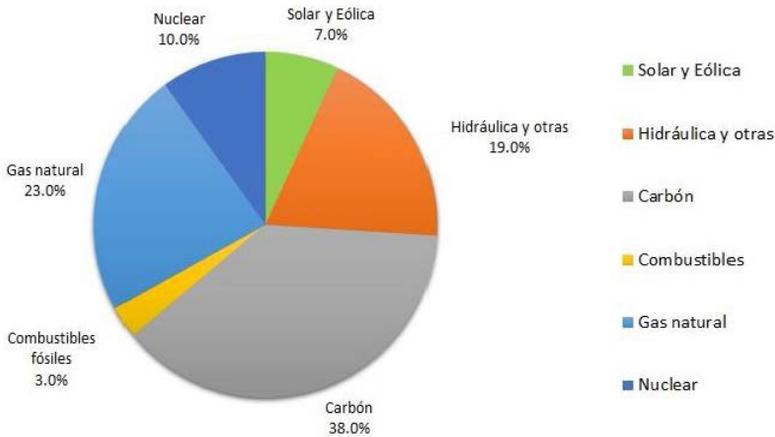
6. Energías Renovables en la Producción de Electricidad

6.1. Situación Actual del Sector Eléctrico

En el último informe de IEA (2019) se observa que, durante el 2018, se generaron 26700 TWh de energía eléctrica en el mundo, con un crecimiento de la demanda del 4%. China y Estados Unidos concentraron un 70% de este incremento. El carbón, la mayor fuente para la generación de electricidad a nivel mundial, fue el medio energético que más creció para cubrir la demanda, con el consecuente aumento de emisión de CO₂. Las EERR junto con la energía nuclear hicieron un aporte significativo, para satisfacer la mayor parte de la nueva demanda. La Figura 14 muestra la matriz eléctrica mundial por fuente del año 2018. Según el informe de la IEA (2019), la capacidad de generación eléctrica

por medio de EERR representó el 26% del total (correspondiendo a la hidroelectricidad el 16%); la nuclear el 10% y la proveniente de los CF el 64% (correspondiendo al carbón el 38%). En resumen, se evidencia la dependencia que presenta el sector eléctrico con el recurso fósil, resultando ser un sector fuertemente emisor de GEL.

Figura 14
Distribución % de producción mundial de electricidad por tipo de fuente, año 2018



Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de la IEA (2019)

Una de las formas más efectivas de reducir esta dependencia de los CF es por medio de la utilización de STER. Como ejemplo, la International Renewable Energy Agency (IRENA, 2019c) en sus previsiones sobre los grandes países productores de petróleo del área del Golfo (Kuwait, Qatar, Emiratos Árabes Unidos y Arabia Saudita, etc.), indica que un rápido incremento en el uso de STER en esta región que alcanzara una capacidad de 72 gigawattios (GW) de potencia instalada para el año 2030, podría disminuir en 136 millones de toneladas las emisiones de CO₂. Esto supondría ahorros en el orden de 2 mil millones de barriles de petróleo equivalente en el período comprendido entre el 2016 y el 2030. Esto equivale también a ahorrar entre 44 mil millones y 76 mil millones de dólares; facilitar la creación de más de 220 mil empleos, y reducir en 11 mil millones de litros (una disminu-

ción del 17%) la extracción de agua para ser utilizada en la obtención de combustible para el sector eléctrico.

El crecimiento que se observa en el mundo respecto de la capacidad instalada de STER, es enorme. Señala IRENA (2019a), que casi dos tercios de toda la nueva capacidad de generación de energía agregada en el año 2018, provino de las EERR, liderada por economías emergentes y en desarrollo (se instalaron 171 GW de EERR, representando un 7,9% de aumento respecto del año anterior). La capacidad total a nivel mundial de STER quedó en 2350 GW en 2018, lo que representa un tercio de la capacidad total de potencia instalada. Los aportes de la energía eólica y solar FV representaron el 84% de este aumento anual (actualmente las tecnologías eólica y FV son más baratas que cualquier tecnología convencional en muchos países del mundo), BloombergNEF (2019). Por otro lado, la IEA (2019) estima que la capacidad de STER crecerá en un 50% entre el año 2019 y 2024, liderada por la energía solar FV. Este aumento previsto correspondiente a unos 1200 GW, equivale a la capacidad total de los Estados Unidos.

Este gran dinamismo del sector, tiene su correlato económico y laboral. En el año 2018, daba empleo a casi 11 millones de personas, su mayoría en el ámbito solar FV y de la bioenergía (IRENA, 2019a). El 39% de estos empleos está ubicado en China, lo que indica el gran desarrollo industrial que presenta esta nación en el campo de las energías limpias. Resulta interesante mencionar, que la participación laboral femenina en el sector mundial de las EERR es de un 32%, mientras en el sector del petróleo y el gas, es de un 22%. La inversión total realizada globalmente en el año 2018, fue de 289 mil millones de dólares (en el año 2017 fue de 326 mil millones de dólares), con la energía solar FV y eólica dominando las nuevas inversiones (REN21, 2019).

6.2. Energías Renovables y Sistemas Tecnológicos que las aprovechan

Las EERR son aquellas energías provenientes del sol, viento, agua, biomasa vegetal o animal, interior de la Tierra, que se pueden renovar ilimitadamente. Son los STER los encargados de transformar cada uno de estos tipos de energía en electricidad o calor. Hoy en día, la

mayor parte de los desarrollos tecnológicos se dirigen a sistemas que producen electricidad, sobre todo, aprovechando la energía solar FV y la energía eólica.

Debido a su baja emisión de CO₂ por unidad de energía producida, los STER son actualmente una de las mejores herramientas de mitigación. Sus costos son cada vez menores, sus eficiencias mayores y su mercado se ha vuelto global.

En los próximos puntos se desarrollarán brevemente los STER más representativos para producción de electricidad, y se construirá una tabla resumen conteniendo algunos valores medios globales para cada uno de estos sistemas.

6.2.1. Energía hidráulica y minihidráulica

La energía hidráulica representa la energía potencial del agua que ha sido acumulada en un embalse o lago, la cual se aprovecha cuando se la libera y deriva a un nivel inferior, donde existen grupos de turbina-generador que transformarán la energía cinética que ha adquirido, en energía eléctrica (central hidroeléctrica de embalse). Por otro lado, están también aquellas que aprovechan el flujo del agua que circula por un río, donde una porción de este flujo se desvía por un canal derivador para lograr un salto de agua, que luego será aprovechado para producir potencia (central hidroeléctrica de pasada).

La energía hidráulica para la generación de electricidad es la energía renovable más utilizada a nivel mundial. Se considera una tecnología madura y confiable, con un costo alto de instalación y bajo de producción. Se está comenzando a estudiar hasta qué punto este tipo de tecnología podría ser afectado por el CC, ya que el aumento de la temperatura global podría alterar el caudal de agua, pudiendo poner en riesgo las operaciones planificadas de medio y largo plazo (Criado, 2016).

Se estima que hasta el año 2018, la capacidad instalada mundial estaba en 1170 GW de potencia, un incremento del 3,8% con respecto al año anterior (IRENA, 2019a). Estadísticas del sector energético han indicado que hasta el año 2015, el potencial hidroeléctrico de la región latinoamericana sólo había sido explotado en un 25%

(Alarcón, 2019). De acuerdo con la Organización Latinoamericana de Energía - OLADE (Alarcón, 2018), el potencial hidroeléctrico de la zona se estima en 678 GW, lo que representa cerca del 18% del potencial hidroeléctrico mundial. La mayoría de los países ha logrado utilizar entre el 10% y el 30% de su potencial hidroeléctrico. Solo Panamá, Paraguay y Uruguay han desarrollado más del 50% de su potencial.

La energía hidroeléctrica de embalse es una tecnología atractiva por su bajo costo de generación, su potencia firme⁵⁸ y su flexibilidad de producción que puede proporcionar a la red. En 2018, el promedio ponderado mundial de la energía hidroeléctrica fue de 0,047 USD/kWh; un 11% inferior al promedio dado en 2017, pero 29% más alta que en el año 2010.

Por otro lado, las centrales minihidráulicas son instalaciones que utilizan la energía que posee un flujo de agua de un río o de un pequeño reservorio, para producir energía eléctrica y que podrían aprovecharse también en muchos sitios aislados de las redes eléctricas. No hay consenso mundial sobre cuál es la capacidad que debe poseer una central hidráulica para ser considerada una minihidráulica. Algunos países definen esta tecnología como aquella capaz de generar hasta 1 MW de potencia; otros hasta 30 MW o 50 MW. Otro problema que se suma a la definición, está en el hecho que al haber distintos rangos para declarar una instalación como *mini*, los datos que se tienen a nivel mundial pueden carecer de precisión; más aún, existen numerosos países que no conocen realmente cuál es su capacidad instalada. Se estima que a nivel mundial hay una capacidad instalada de 78 GW de potencia, cuando se cuenta con un potencial de 217 GW, es decir, solo se está aprovechando un 36% de

⁵⁸ De acuerdo con la publicación web de Energía Estratégica (2019), “para las hidroeléctricas [...] se definía mensualmente la potencia firme como la potencia media de la energía despachada mensualmente en el período firme en el caso de una crónica hidrológica que tiene una probabilidad muy elevada de ser superada (eventualmente el 95%) [.....] se define como potencia firme de la hidroeléctrica a la energía que esa tecnología puede dar en el período de mayor demanda y en condiciones de sequía extrema. [...]. La eólica y la fotovoltaica no tienen potencia firme en sí misma, pero sí tienen sinergia con las tecnologías convencionales, y hacen un claro aporte a disminuir las necesidades de potencia firme del sistema”.

la capacidad total. En Centroamérica, una región con muchos ríos y pequeños embalses naturales, solo se cuenta con un aprovechamiento de 855 MW, un 57% de su capacidad. Estos datos pertenecen a estadísticas suministradas entre los años 2013 y 2016 por World Small Hydropower Development Knowledge Platform (2016). En el Caribe, el aprovechamiento llega a un 49% de los 0,349 GW de potencia aprovechable. La región sudamericana, donde existen muchos pueblos aislados de la red eléctrica y donde se da una riqueza hídrica apreciable, solo se aprovecha el 11% de su capacidad (63,5 GW) de acuerdo con este informe.

El impacto ambiental que conlleva el uso de la energía hidráulica podría ser muy importante, lo que ha motivado grandes debates entre expertos acerca de la consideración de la generación hidroeléctrica como “limpia”. La construcción y puesta en marcha de grandes obras hidroeléctricas requiere, en algunos casos, de embalses cuya extensión abarca miles de hectáreas quedando afectadas posiblemente poblaciones autóctonas, biodiversidad, sitios arqueológicos, clima local, etc. Como ejemplo, varias organizaciones de defensa de los derechos de los pueblos originarios hablan del desplazamiento forzado de entre cuarenta y ochenta millones de personas en todo el mundo, producto de estas obras (Alainet, 2011).

A continuación se muestra en Tabla 1, un resumen de diversos aspectos de la generación hidroeléctrica.

Tabla 1
Datos sobre Generación Hidroeléctrica

En el Mundo	
Capacidad instalada actual y en año anterior	Potencia instalada en 2018: 1172 GW Potencia instalada en 2017: 1150 GW (IRENA, 2019a) Generación estimada en 2018: 4200 TWh (IHA, 2019) Potencia instalada de minihidráulicas en 2016: 78 GW (World Small Hydropower Development Knowledge Platform, 2016)

En el Mundo	
Previsión de crecimiento y proyecciones futuras	Las adiciones de capacidad disminuyeron por quinto año de manera consecutiva. Pronósticos realizados indican que en el año 2025 la generación será del orden de 4576 TWh, y en el año 2030 crecerá hasta 5722 TWh, si se logra gestionar este tipo de generación bajo un escenario del principio de sostenibilidad (IEA, 2019). Sin embargo, existe la duda sobre si realmente es necesario invertir en mejoras de eficiencia y flexibilidad de la tecnología. Tomando en cuenta los avances alcanzados en el área FV y eólica, que se suman a las actuales consideraciones ambientales, resulta un escenario cada vez más riesgoso apostar a la energía hidroeléctrica. También se necesita invertir en la reparación y modernización de las instalaciones hidroeléctricas actuales, dado que gran parte de estas son infraestructuras antiguas. (REN21, 2019).
Costos de potencia instalada y de producción	De acuerdo con informes suministrados por REN21 (2019), el costo promedio de electricidad generada mediante energía hidráulica disminuyó en un 11% a nivel mundial, debido a mejoras en la tecnología, y a la competitividad del mercado global. Los costos son muy variables, pueden ir desde 1500 a 5000 U\$S/kW, y desde 0,03 a 0,1 USD/kWh (REN21, 2019). En Estados Unidos, por ejemplo, el costo estaba alrededor de 0,05 USD/kWh en el año 2018, mientras que en Europa el costo promedio estaba en 0.08 USD/kWh aproximadamente.
Empleos	Empleos directos en 2018: 2 millones aproximadamente (IRENA, 2019e)
Impactos ambientales	Desplazamiento de personas. Se habla de entre 40 y 80 millones de personas desplazadas (OMAL, 2012). Cambios de clima en la zona de grandes embalses. Modificación biológica de la zona. Bosques sumergidos y restos arqueológicos. Producción de metano. Las presas con embalses grandes pueden atrapar sedimentos y nutrientes y dificultar la migración de los peces (The Nature Conservancy, 2015).
Reducción de emisiones de CO2 y sus proyecciones	Si la energía producida por las centrales hidroeléctricas del mundo se reemplazara por la generación por carbón, se emitirían anualmente más de 4 mil millones de toneladas métricas de GEI adicionales, y las emisiones globales serían al menos un 10% más altas. Genera 18,5 gr de CO2

En el Mundo	
	equivalentes por kWh generados (44 veces menos que la generación con carbón). (IHA, 2019). El cálculo de GEI puede realizarse según el GHG Protocol ⁵⁹ .
En Latinoamérica y el Caribe	
Capacidad instalada actual y en año anterior	<p>Potencia instalada en 2018: ALyC 178 GW; (Sudamérica 169 GW; Centroamérica y el Caribe 8 GW)</p> <p>Potencia instalada en 2017: ALyC 173 GW (Sudamérica 165,7 GW; Centroamérica y el Caribe 7,9 GW) (IRENA, 2019a)</p> <p>Si China es el gigante mundial en generación hidráulica, Brasil lo es en América Latina, siendo el segundo productor mundial de este tipo de energía renovable, con 104 GW de potencia instalada, lo que representa el 9% de la capacidad mundial. También fue el segundo país en el mundo que incrementó su potencial en el año 2018 con 3,8 nuevos GW. Ecuador también aparece como el séptimo país a nivel mundial que incrementó su capacidad instalada durante el año 2018 con 0,6 GW (REN21, 2019).</p>
Previsión de crecimiento y proyecciones futuras	<p>Para el año 2025: Latinoamérica 1250 TWh</p> <p>Para el año 2030: Latinoamérica 1380 TWh</p>
Costos de potencia instalada y de producción	De acuerdo con REN21 (2019), el costo de inversión en el año 2018 en Centro América y el Caribe, estaba en un promedio de 3550 USD/kW; mientras que en Sudamérica era de 2030 USD/kW. En el año 2018, el costo promedio de la energía producida en Centro América y el Caribe estaba en 0,10 USD/kWh, pudiendo alcanzar hasta 0,16 USD/kWh. El mínimo valor estaba en 0,07 USD/kWh. Para Sur América, el costo promedio era de 0,04 USD/kWh.
Empleos	Periodo 2017-2018: 203000 empleos (IRENA, 2019e)

⁵⁹ De acuerdo con la definición dada por AEC (2019), el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol), “es la herramienta internacional más utilizada para el cálculo y comunicación del inventario de emisiones. El GHG Protocol ha sido desarrollado entre el World Resources Institute (WRI) y el World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), junto con empresas, gobiernos y grupos ambientalistas de todo el mundo, con el fin de construir una nueva generación de programas efectivos y creíbles para abordar el cambio climático”.

6.2.2. Energía solar fotovoltaica

Una de las formas de aprovechar la energía solar para producir energía eléctrica, es utilizando el efecto FV (descubierto por el físico francés Edmund Bequerel en 1839). Cuando los rayos solares inciden sobre ciertos materiales semiconductores, tal como el silicio, se produce por efecto FV el salto de electrones de la banda de valencia a la de conducción. Dadas algunas condiciones, se pueden aprovechar estos electrones y producir con ellos una corriente eléctrica. Estos materiales semiconductores son la base para la fabricación de las celdas FV, que conectadas en combinación serie paralelo, forman un módulo FV. Esta tecnología está madura comercialmente.

El sistema FV, por su modularidad, puede instalarse de 3 formas básicas:

- Concentrada o centralizada: se conectan cientos a miles de módulos FV en un mismo espacio físico formando una central FV, dando como resultado final la producción de una gran potencia eléctrica. Una vez que esta potencia es acondicionada, se inyecta en una red eléctrica de alta tensión que se encarga de transportarla al lugar donde será consumida, que en general, se encuentra distante del lugar donde se generó. El interés principal por desarrollar este tipo de centrales radica en su rentabilidad económica, como sucede con cualquier otra central eléctrica, junto con su capacidad de mitigar una porción importante de CO₂.
- Generación Distribuida: se conectan pocos módulos FV formando un sistema de baja potencia. Son instalados de manera distribuida sobre los techos de las residencias, comercios, industrias, así como en el suelo. Como inyectan su energía a redes de baja y media tensión, cercanas a las demandas eléctricas, se disminuye la cantidad de flujo eléctrico que circula por las redes de alta tensión, y así sus pérdidas eléctricas. Por otro lado, debido a que la energía generada puede ser autoconsumida, se crea un nuevo tipo de usuario que produce y consume energía (prosumidor), representando un verdadero cambio de paradigma.
- Sistemas aislados de la red eléctrica: se conectan pocos módulos FV formando un sistema de baja potencia, con presencia de baterías electroquímicas. Se instalan en viviendas, dispensarios,

escuelas, etc. que se encuentran por lo general distantes de la red eléctrica. Este tipo de sistemas es el que permite actualmente que millones de personas en el mundo puedan tener acceso a la energía eléctrica.

Se estima que en el mundo, la energía solar FV genera el 2,4% de la demanda de electricidad. Si se toma en cuenta la capacidad instalada de 15 GW en 2008 y se compara con la capacidad de 505 GW en 2018, el crecimiento ha sido extraordinario. En el año 2018 se incorporaron unos 100 GW de potencia (REN21, 2019). En Sudamérica se contaba en el 2018 con 5,5 GW instalados de sistemas FV, donde Brasil y Chile dominaban el mercado con 2,3 GW y 2,1 GW, respectivamente. Centroamérica y el Caribe mostraron en el año 2018 una capacidad instalada de 1,7 GW en FV, incorporando 0,252 GW más de los que tenía para el año 2017 (IRENA, 2019b). Una cantidad modesta, pero con proyectos aprobados que buscan agrandar el parque regional y que señalan una tendencia de crecimiento pronunciado.

En diciembre de 2018, los precios de referencia para los módulos FV vendidos en Europa oscilaron entre 0,216 USD/kW para fabricantes de bajos costos, 0,306 USD/kW para productos de fabricación convencional y 0,4 USD/kW para módulos de alta eficiencia. De hecho, un estudio realizado sobre tema costo por el organismo alemán International Technology Roadmap for Photovoltaic - ITRPV (2019), en conjunto con Mechanical Engineering Industry, VDMA (2019), indica que se tuvo una caída brusca en los precios de los módulos solares en general, en promedio de un 30%, en comparación con el año 2017. En cuanto al costo de la energía, los valores también disminuyeron. Por ejemplo, en el año 2010, el promedio global ponderado de la energía solar FV a escala de servicios públicos estaba en 0,371 USD/kWh; en el año 2018 había caído a 0,085 USD/kWh, es decir, un 77% menos que en 2010. La disminución interanual en 2018 fue de 13% (IRENA, 2019b).

Uno de los elementos a destacar, es que la industria FV registra la mayor cantidad de empleos en el sector de las EERR. En el año 2018 contaba con 3,6 millones de trabajadores, de los cuales 3 millones se encuentran en Asia (IRENA, 2019a).

La construcción de grandes centrales FV en zonas cultivables, plantea un elemento discordante en cuanto al uso y objetivo de esta

tecnología. Se requieren entre 12000 m² y 40000 m² por cada MW de potencia instalada y los parques en general están en el orden de 50 a 100 MW. Si bien muchos parques están siendo construidos en suelos degradados o desérticos, otros lo hacen en tierras aptas para el cultivo. Esta situación crea una tensión entre la generación eléctrica y la producción alimentaria.

A continuación se muestra en Tabla 2, un resumen de diversos aspectos de la generación solar FV.

Tabla 2
Datos sobre Generación Solar Fotovoltaica

En el Mundo	
Capacidad instalada actual y en año anterior	Potencia instalada en 2018: 486 GW (5.5 GW de concentración solar) Potencia instalada en 2017: 386 GW (5 GW de concentración solar) (IRENA, 2019a)
Previsión de crecimiento y proyecciones futuras	Para el año 2050: 8519 GW de capacidad instalada (18 veces mayor que en el año 2018).
Costos de potencia instalada y de producción	En el año 2018: 1210 USD/kW y 0,085 USD/kWh (IRENA, 2019b)
Empleos	Empleos en 2018: 3,6 millones (IRENA, 2019e)
Impactos ambientales	En centrales FV, grandes superficies ocupadas, impactos visuales, aunque se está trabajando en el uso agrícola del suelo que se encuentra debajo de los paneles solares.
Reducción de emisiones de CO ₂ y sus proyecciones	En 2018: 4,9 GTon CO ₂ En 2050: 34,5 GTon CO ₂ (IRENA, 2019d)
En Latinoamérica y el Caribe	
Capacidad instalada actual y en año anterior	Potencia instalada en 2018: 7 GW (Sudamérica 5,5 GW; Centroamérica y el Caribe 1,7 GW) Potencia instalada en 2017: 6,95 GW (IRENA, 2019d)
Previsión de crecimiento y proyecciones futuras	Para 2050: 281 GW de capacidad FV instalada.

En Latinoamérica y el Caribe	
Costos de potencia instalada y de producción	Costo de producción en Centroamérica y el Caribe es del orden de 0,125 USD/kWh (BID, 2017). De acuerdo a estimaciones de REN21 (2019), puede llegar hasta 0,20 USD/kWh. En Sudamérica, el costo va de 0,10 USD/kWh, hasta 0,17 USD/kWh. La inversión puede estar en promedio en 1402 USD/kW en Centroamérica, mientras que en Sudamérica es de 1542 USD/kW (REN21, 2019).
Empleos	Empleos en 2017: contratados 15600 aproximadamente, y 41000 en solar de concentración (IRENA, 2019e)

6.2.3. Energía termosolar de concentración

Existen básicamente dos formas de aprovechar la energía termosolar. Una es usando sistemas termosolares de baja temperatura para producir agua caliente sanitaria, y la otra, usando sistemas termosolares de media y alta temperatura para producir electricidad y vapor de agua para procesos industriales. Para llegar a esas medias y altas temperaturas, se requiere que el sistema tecnológico concentre los rayos solares en un punto o en una línea por donde pasa un fluido (agua, aceite). Los concentradores pueden ser del tipo cilindro-parabólico (el sistema más usado), disco parabólico, fresnel o concentración en torre con helióstatos (espejos). En estos sistemas se hace pasar el fluido de alta temperatura calentado por los rayos solares concentrados, por un intercambiador de calor que produce vapor de agua. Este vapor se dirige luego a una turbina convencional que impulsa un generador eléctrico.

En el año 2018, se incorporó 0,5 GW de potencia, resultando una potencia total instalada mundial de 5,5 GW (IRENA, 2019a). Comparado con los otros medios de generación resulta una cantidad pequeña; de hecho, es la tecnología con menor capacidad instalada. España sigue siendo el líder mundial en capacidad existente, con 2.3 GW en funcionamiento, pero desde 2013 no agrega nueva potencia, seguido por Estados Unidos, con poco más de 1,7 GW, sin nuevas instalaciones desde el 2015 (REN21, 2019). Estos dos países representan alrededor del 75% de la capacidad global actual en funcionamiento. Pero otros países están instalando actualmente estas tecnologías,

como China, Marruecos y Sudáfrica. El precio promedio ponderado para este modelo de producción fue de 0,185 USD/kWh, 26% menos que en el año 2017, y 46% menor que en el año 2010, de acuerdo con datos suministrados por IRENA (2019b). Se espera que, en los próximos 3 años, el costo de la electricidad pudiera rondar entre 0,06 USD/kWh y 0,10 USD/kWh.

A pesar de la enorme radiación solar que existe en algunos lugares de ALyC, como en la Puna de Atacama, la experiencia en la región es casi nula, por lo que resulta alentador saber que en este momento se está construyendo una planta solar térmica de concentración en torre en la Puna chilena, llamada Cerro Dominador, que tendrá una potencia de 110 MW.

Es importante mencionar que de acuerdo con REN21 (2019), para finales de 2018, se contaba con cerca de 17 GWh de almacenamiento de energía térmica en el mundo, sistema paralelo a las plantas de concentración que, mediante el uso de sales fundidas, permite acumular energía para su uso en horas nocturnas o cuando la demanda así lo requiera. De hecho, en el 2018, se agregaron 3,8 GWh de capacidad almacenada.

A continuación se muestra en Tabla 3, un resumen de diversos aspectos de la generación solar térmica de concentración.

Tabla 3
Datos sobre Generación Solar Térmica de Concentración

En el Mundo	
Capacidad instalada actual y en año anterior	Potencia Instalada en 2018: 5,5 GW Potencia Instalada en 2017: 5 GW (IRENA, 2019a)
Previsión de crecimiento y proyecciones futuras	Entre 2018 y 2023: crecimiento de 4,3 GW Para el año 2030: 183 TWh Para el año 2050: 4050 TWh (evitando 2,5 GT de emisión de CO ₂ al año) (IEA, 2019b)
Costos de potencia instalada y de producción	En 2018: 5204 USD/kW y 0,19 USD/kWh En 2017: 7196 USD/kWh y 0,25 USD/kWh (IRENA, 2019b)

En el Mundo	
Empleos	Empleos en 2018: 34 mil trabajadores en solar térmico de concentración. (800 mil empleados en el área de enfriamiento y calefacción) (IRENA, 2019e)
Impactos ambientales	Factor de ocupación de terreno alto. (en sistemas de baja temperatura los IA son mínimos) (IRENA, 2019e)

Si bien los sistemas de baja temperatura no producen energía eléctrica, su uso es muy importante y muy difundido. En el año 2018, los sistemas tipo placa plana y tubo de vacío proporcionaron alrededor de 396 TWh de calor, lo que es equivalente al contenido de energía de 233 millones de barriles de petróleo. La capacidad global acumulada para esta tecnología alcanzó un estimado de 480 GW térmicos al final del año; un 2% más que el total del año anterior que resultó en 472 GW térmicos. El consumo de energía para calefacción y refrigeración es muy elevado, y su principal fuente son los CF, haciendo que este sector sea responsable por casi el 40% de las emisiones mundiales de CO₂ (REN21, 2019).

6.2.4. Energía eólica

La energía eólica es la energía cinética de una masa de aire atmosférico que se desplaza (viento). Este desplazamiento se origina por la acción de la radiación solar sobre la superficie de la Tierra, que produce un calentamiento desigual en distintas áreas geográficas, provocando el movimiento de estas masas de aire. Los aerogeneradores son sistemas tecnológicos capaces de transformar esta energía cinética (energía eólica) en energía eléctrica.

En el año 2018 se incorporaron en el mundo 51 GW de potencia, resultando una capacidad total instalada de 591 GW (568 GW onshore y el resto offshore) (GWEC, 2019). China y Estados Unidos continúan siendo los líderes en el uso de esta tecnología.

En el último reporte presentado por Global Wind Energy Council (GWEC, 2019), se hace referencia al crecimiento latinoamericano en los últimos diez años, donde se incorporó un total de 25 GW de

potencia y la previsión que esta cantidad puede aumentar entre 3 y 4 GW para el año 2023. Con 17,8 GW de potencia instalada hasta el año 2017, y un gran impulso para llegar a 25,2 GW en el 2018, es evidente el gran esfuerzo que se ha realizado en Latinoamérica para lograr un mayor aprovechamiento de esta fuente. En ese mismo año, la región aportó 7,3 GW de los 49,1 GW totales instalados. A su vez, la potencia instalada en Latinoamérica con respecto a la capacidad mundial en el año 2017 representaba el 3,3%.

En la actualidad el costo promedio mundial de electricidad generada mediante energía eólica es de 0,056 USD/kWh; en el caso de la generación offshore (en alta mar) es de 0,127 USD/kWh. De acuerdo con IRENA (2019b), “13% menor que en 2017 y 35% menor que en 2010, cuando era de USD 0,085/kWh”. Son costos muy bajos, que hacen a estos sistemas competitivos frente a la generación convencional.

Respecto de aerogeneradores de baja potencia (menores de 100 kW), las estimaciones dadas por el REN21 (2019) para el año 2017, indican que se instalaron 114 MW. Estos datos no son del todo buenos, ya que indican una disminución continua de la potencia instalada por año.

El mercado manufacturero se ha diversificado en los últimos años. Si bien los fabricantes de aerogeneradores se ubicaban principalmente en Europa y Estados Unidos, en la actualidad China ocupa un lugar preponderante cuyas fábricas acogen el 32,2% de la manufactura mundial, seguido por Dinamarca con 20,3% y España con 12,3%.

La industria eólica ha demostrado ser una de las más maduras e innovadoras en lo que a generación eléctrica se refiere, con un crecimiento promedio de 2,7% anual. Se espera que desde el año 2019 hasta el 2023, se mantenga un crecimiento promedio anual de 53,4 GW. En este aspecto, se espera que en este mismo período, Latinoamérica tenga un crecimiento promedio del 5% agregando a la capacidad total, 15,9 GW de potencia.

En relación a sus impactos socio-económicos la industria eólica genera gran cantidad de divisas y de empleos. A nivel mundial, en el año 2018, las estadísticas suministradas por IRENA (2019c) dan cuenta que la industria eólica tenía contratados a más de un millón de trabajadores, ocupando el cuarto lugar entre todas las EERR.

Estudios realizados por KPMG (2019) indican que de incrementarse la participación de la industria eólica en la generación eléctrica, se podría reducir en un 23 % las emisiones mundiales de carbono para 2050 (5600 millones de tn de CO₂). Más aun, las proyecciones realizadas que toman en cuenta la participación de esta energía en el panorama mundial, indican que ésta podría llegar a satisfacer más de un tercio de las necesidades mundiales de energía, lo que la convertiría en una de las fuentes de generación más importantes del mundo.

Finalmente, es importante tener en cuenta que los parques eólicos presentan diversos impactos ambientales, entre los principales se pueden nombrar los impactos visuales, la posibilidad de choques de las aves contra las aspas de los aerogeneradores, el ruido, etc.

A continuación se muestra en Tabla 4, un resumen de diversos aspectos de la generación eólica.

Tabla 4
Datos sobre Generación Eólica

En el Mundo	
Capacidad instalada actual y en año anterior	Potencia instalada en 2018: 591 GW (568 GW onshore y 23 GW offshore). Potencia Instalada en 2017: 541 GW (522 GW onshore y 19 GW offshore) (GWEC, 2019)
Previsión de crecimiento y proyecciones futuras	Para el año 2023: 172 GW (90 GW onshore y 82 offshore). Para el año 2050: 5000 GW (onshore) y 1000 GW (offshore)
Costos de potencia instalada y de producción	En 2018: 1497 USD/kW (onshore) y 4353 USD/kW (offshore) (IRENA, 2019b). En 2018: 0,056 USD/kWh (onshore) y 0,127 USD/kWh (offshore) (IRENA, 2019c)
Empleos	Empleos en 2018: 1,2 millones (IRENA, 2019e)
Impactos ambientales	Impacto visual, choques de aves contra aspas, parpadeo, interferencia de radar, ruido, uso del área de tierra, impactos en la vida marina (offshore)

En Latinoamérica y el Caribe	
Capacidad instalada actual y en año anterior	Potencia instalada en 2018: 25 GW Potencia instalada en 2017: 17,9 GW (GWEC, 2019)
Previsión de crecimiento y proyecciones futuras	Entre 2017 y 2022: aumento de 16,3 GW (GWEC, 2019). Para el año 2030: 71 GW onshore Para el año 2050:182 GW onshore
Costos de potencia instalada y de producción	En 2018: 0,074 USD/kWh (BID, 2017)
Empleos	Empleos en 2017: contratados 200000 aproximadamente (GWEC, 2019)

6.2.5. Energía de biomasa

La Bm es energía solar convertida en energía química almacenada en forma de materia orgánica, debido al proceso de fotosíntesis (Carta González *et al.*, 2009). La energía de la Bm (bioenergía) puede ser convertida mediante distintos procesos, en energía térmica, electricidad y en combustibles para el transporte (biocombustible). La Bm proviene de residuos (residuos urbanos, agrícolas, ganaderos y forestales), de cultivos energéticos y de plantaciones forestales y bosques nativos. Una de las maneras de aprovecharla como fuente para producir energía eléctrica, es quemándola en calderas de centrales del tipo turbo vapor.

La potencia instalada de bioenergía en el mundo hasta el 2018 fue de 116 GW, cuando en el 2017 era de 110 GW (IRENA, 2019a). En el caso de los biocombustibles sólidos y residuos renovables (leña, carbón vegetal, residuos agrícolas y forestales, pellets), la capacidad mundial alcanzó en el 2018, 95,6 GW. Del bagazo (residuos de la caña de azúcar) se producían 18,5 GW y de los residuos sólidos municipales 12,6 GW. Se estima que, a finales del año 2017, la bioenergía había aportado el 12.4% del consumo energético mundial (REN21, 2019). Su contribución es tal que, sin tomar en cuenta el uso tradicional de la Bm, proporcionó la mitad de la energía que aportan todas las EERR. La bioenergía cubrió la demanda del sector de calefacción y refrigeración en un 5%, del sector de transporte en un 3% y del suministro de electri-

cidad en un 2,1%. El uso de bioenergía está creciendo más rápidamente en los sectores de electricidad y transporte, que en el de calefacción.

En el año 2018 se adicionaron a la matriz energética mundial 5,7 GW de electricidad mediante la puesta en marcha de nuevas plantas alimentadas a Bm, a un precio excepcional de 0,062 USD/kWh, el tercero más bajo entre las EERR, y un 14% menor que el precio establecido en el año 2017. Los costos globales para el desarrollo de plantas de generación bioenergética, estuvo alrededor de 2100 USD/kW, mientras que en el año 2017 alcanzó 2850 USD/kW, IRENA (2019b).

La Bm es un recurso renovable que se presenta de manera muy diversa. De la misma manera son diversos los STER que la aprovechan. Por lo tanto, el estudio de los IAm debe realizarse para cada tipo de Bm y tecnología asociada. Además de los múltiples impactos positivos obtenidos por el uso de la Bm, también se encuentran los impactos negativos. Algunos ejemplos de estos últimos son: pérdida de masa arbórea durante la producción de energía si no se la gestiona de manera sustentable; producción de un residuo contaminante como la vinaza, en el proceso de obtención de bioetanol a partir de la caña de azúcar; uso del maíz para producción de bioetanol y no como alimento; alteración de la calidad del aire durante la incineración de Bm; etc.

A continuación se muestra en Tabla 5, un resumen de diversos aspectos de la generación usando Bm.

Tabla 5
Datos sobre Generación con Biomasa

En el Mundo	
Capacidad instalada actual y en año anterior	Potencia instalada en 2018: 115 GW Potencia instalada en 2017: 110 GW (IRENA, 2019a)
Previsión de crecimiento y proyecciones futuras	Para el año 2030: 1168 TWh de generación De acuerdo con proyecciones de la IEA (2019) está será la energía renovable que más crecerá hasta el año 2023. Se estima que los países desarrollados realizaron inversiones en bioenergía durante el año 2018, por el orden de los 6 mil millones de dólares, mientras que en las economías emergente la inversión alcanzó los 2,8 mil millones de dólares. En el caso de los biocombustibles, hubo 2,5 mil millones de dólares en inversión en los países desarrollados, y en los emergentes 0,5 mil millones de dólares (REN21, 2019).

En el Mundo	
Costos de potencia instalada y de producción	En 2018: 2100 USD/kW, 0,06 USD/kWh en Europa y 0,1 USD/kWh en EEUU. En 2017: 2850 USD/kW (14% menor que el precio establecido en el año 2017). (IRENA, 2019b)
Empleos	Empleos en 2018: 787 mil trabajadores estaban presentes en el sector de biomasa sólida; 334 mil en biogás, y más de 2 millones en biocombustibles (IRENA, 2019e).
Impactos ambientales	La quema de la biomasa devuelve al ambiente el CO2 con el que creció. De acuerdo a lo que se quema, serán las sustancias contaminantes emitidas.
Reducción de emisiones de CO2 y sus proyecciones	Se considera neutro.
En Latinoamérica y el Caribe	
Capacidad instalada actual y en año anterior	En 2018: 20,9 GW (Brasil ocupaba el primer lugar a nivel mundial con 14,7 GW) (IRENA, 2019a)
Costos de potencia instalada y de producción Estimaciones	En 2018: 0,1 USD/kWh (BID, 2017) Para el año 2050: más del 25% del potencial mundial sería con costos menores a 12 dólares por GJ de energía (Razo et al, 2007)
Empleos	En 2017: contratados 15600 aproximadamente (IRENA, 2019e)

6.2.6. Energía geotérmica

La energía geotérmica es el calor derivado del interior de la Tierra. El agua y/o el vapor subterráneo transportan la energía geotérmica a la superficie. Dependiendo de sus características, la energía geotérmica se puede usar para calefacción y refrigeración o se puede aprovechar para generar electricidad.

Respecto de los aprovechamientos para generar potencia eléctrica, en el año 2018 se tenía una capacidad instalada total de 13,3 GW, con una generación de electricidad de 89,3 TWh (IRENA, 2019a). En el

año 2011, apenas se contaba con 90 MW. El mayor aprovechamiento lo tiene Estados Unidos con 2,5 GW, seguido de Indonesia con 1,9 GW. En Centro América y el Caribe, Costa Rica tenía instalado en el año 2018, 207 MW. El costo global promedio ponderado de esta energía se ubicaba en 0,072 USD/kWh.

Al ser la energía geotérmica un tipo de energía que se encuentra concentrada en determinadas zonas del planeta, su explotación queda restringida a estas áreas.

Algunos de los IAm del uso de la energía geotérmica es la afectación del paisaje cuando las instalaciones son grandes. La tecnología disponible actualmente posibilita minimizar las afecciones al medio (suelo y atmósfera) derivadas de las emisiones de gases y/o contaminantes (por ejemplo ácido sulfúrico) durante el proceso de extracción del fluido subterráneo.

A continuación se muestra en Tabla 6, un resumen de diversos aspectos de la generación geotérmica.

Tabla 6
Datos sobre Generación Geotérmica

En el Mundo	
Capacidad instalada actual y en año anterior	Potencia instalada en 2018: 13,3 GW Potencia instalada en 2017: 12,8 GW (IRENA, 2019a)
Previsión de crecimiento y proyecciones futuras	En 2019: 93 TWh En 2030: 282 TWh (IEA, 2019b)
Costos de potencia instalada y de producción	En 2018: 3976 USD/kWh En 2018: 0,072 USD/kWh (IRENA, 2019b)
Empleos	Empleos en 2018: 94 mil personas (IRENA, 2019e)
Impactos ambientales	Posibles sustancias contaminantes que se encuentran en el subsuelo.

En Latinoamérica y el Caribe	
Capacidad instalada actual y en año anterior	Potencia instalada en 2018: México 920 MW, Costa Rica 207 MW y El Salvador 204.4 MW (IRENA, 2019a)
Previsión de crecimiento y proyecciones futuras	En 2050: 25% del potencial mundial sería con costos menores a 12 dólares por GJ de energía (Razo et al, 2007)
Costos de potencia instalada y de producción	En Centro América y el Caribe es de 3688 USD/kW, mientras en la región sudamericana es de 3140 USD/kW. En 2016: 0,08 USD/kWh aproximadamente (BID, 2017)

6.2.7. Consideración final

Las EERR, que se encuentran en todas las geografías y se presentan con formas e intensidades diferentes, se las puede “cosechar” cada vez mejor, por medio de los diversos sistemas tecnológicos ya vistos. Su aprovechamiento no solo ayuda a la lucha global contra el CC, sino también favorece el acceso a la energía de millones de personas, mejora la seguridad alimentaria y del agua e impulsa el desarrollo individual y colectivo.

7. Conclusiones

El sistema energético actual, centralizado y carbonizado, está bajo un intenso debate debido a los impactos que presenta sobre la biosfera de nuestro planeta constituyéndose, por lo tanto, en uno de los principales temas de la agenda científica, política, económica y social de los países y de la comunidad internacional.

En este capítulo, hemos querido mostrar la relevancia de esta temática, así como las soluciones que se están aportando al respecto, desde un punto de vista multidimensional.

Es una realidad, que las sociedades demandan para su normal funcionamiento de cantidades cada vez mayores de energía, la cual tiene su origen fundamentalmente en la quema de combustibles fósiles (carbón mineral, petróleo y gas natural). Esta intensa utilización de los CF está provocando, según los datos científicos, un enorme costo ambiental global. Esto es debido a que durante su combustión se emiten

a la atmósfera GEI, principalmente CO₂, que promueven la elevación de la temperatura del planeta e intensifican el CC antropógeno y sus consecuentes impactos negativos (eventos meteorológicos extremos, deshielo de glaciares, aumento del nivel del mar, acidificación de los océanos, migraciones de personas, etc.). Estos impactos son sentidos en cualquier lugar del mundo, pero sobre todo, afectan a aquellas poblaciones e individuos más vulnerables, que generalmente apenas han contribuido y/o contribuyen a la emisión de los GEI. Esta circunstancia incrementa aún más la pobreza y la desigualdad existente en esas poblaciones.

A partir de esta situación de crisis por el calentamiento global, las instituciones internacionales como la ONU (con los actuales ODS), el IPCC (con sus numerosos informes), los múltiples acuerdos y convenios internacionales (como el Acuerdo de París, 2015), así como otras voces (ver anexo 1), solicitan (exigen) la puesta en marcha por parte de los gobiernos, instituciones y empresas, de medidas urgentes de adaptación y mitigación en relación al CC.

Por lo tanto, el sistema energético no solo se encuentra en entredicho debido a estas cuestiones globales, sino también, a aspectos más específicos de carácter socio-económicos como la equidad y el desarrollo humano. En esta línea, se plantea la posibilidad (o derecho) que deberían tener todas las personas de acceder a unos servicios energéticos modernos, seguros y asequibles (ver anexo 2). Como consecuencia de lo expresado, aparecen nuevas realidades que afrontar y analizar, relacionadas con las dimensiones sociales de la energía como el concepto de pobreza energética (ver anexo 3).

En ambas problemáticas, la ciencia y la tecnología juegan un papel muy importante, brindando soluciones como los STER, una de las mejores herramientas tanto para mitigar los GEI, así como para proveer de energía eléctrica y térmica a aquellas personas que no tienen acceso a estos servicios. Su crecimiento se debe, principalmente, a la madurez tecnológica, al bajo impacto ambiental y a su cada vez menor costo que posibilita su instalación a gran escala y permite que estos sistemas compitan con los convencionales, sobre todo, en el sector de producción de electricidad (uno de los más emisores de CO₂). También existen otros mecanismos de mitigación, tales como ciertos instrumentos económico- financieros cuyo objetivo es desincentivar la

utilización de hidrocarburos en la industria, o de otra manera, incentivar el uso de energía limpia.

Todas estas medidas de mitigación forman parte de un proceso de transformación mayor, relacionado con la puesta en marcha de una TE hacia un nuevo sistema descarbonizado, descentralizado y digitalizado.

Sin embargo, si bien todas estas acciones son importantes, la transición no debe quedar restringida a un mero proceso de cambio tecnológico o de utilización de instrumentos financieros. Debe ir acompañada por un cambio profundo del modelo socioeconómico y cultural, que permita la puesta en marcha de un paradigma de desarrollo que brinde soluciones socialmente aceptables que atiendan los principios de equidad y sostenibilidad, para las generaciones presentes y futuras.

Se comenzaría a dejar atrás, por lo tanto, el actual modelo que exacerba el consumo, justifica el derroche, promueve el individualismo y brinda una falaz visión que los recursos naturales son infinitos. Recién entonces, esa sutil y frágil capa donde la vida construye vida a cada momento, dejará de estar bajo amenaza y riesgo permanente.

Anexo 1

Otras Voces

A la par de los informes, análisis y artículos científicos provenientes de las Instituciones globales y del sector académico que investigan los efectos del CC sobre la Tierra, se elevan voces de líderes provenientes del mundo político, económico, religioso, artístico, empresarial, periodístico, Organizaciones No Gubernamentales, etc. Basadas en estas investigaciones, expresan su posición respecto de los efectos provocados por el CC sobre todos los pueblos y en especial sobre las personas más vulnerables. Al respecto, estas voces urgen a los gobiernos y a la sociedad en general a actuar, tomando diferentes medidas de mitigación para paliar los severos impactos que afectan nuestro frágil hábitat.

El astrofísico Carl Sagan, ya hacía referencia a esta fragilidad en su libro *Billions and Billions*, de la siguiente manera: “The world is complicated. The air is thin. Nature is subtle. Our capacity to cause harm is great. We must be much more careful and much less forgiving about polluting our fragile atmosphere”⁶⁰ (Sagan, 1997, p. 116).

El expresidente de los Estados Unidos, Barack Obama, en su discurso sobre el Estado de la Nación del año 2015, hizo contundentes observaciones sobre la realidad climática mundial y los esfuerzos de su administración en disminuir drásticamente las emisiones de gases contaminantes: “Ningún otro problema, ninguno, plantea una amenaza tan importante para las generaciones futuras como lo hace el cambio climático” (United Nations. Climate Change, 2018).

Por otro lado, en una nota de la revista digital *Energía Estratégica*⁶¹, se pone de relieve la importancia fundamental que poseen los ecosistemas en relación con todos los aspectos humanos, diciendo: “La pobreza, la justicia, la educación, la política, la paz, la cultura, la tecnología, la religión, la salud, casi todas las causas que nos interesan, dependen de los ecosistemas que proveen a la civilización de lo que necesita, para ser lo que es”.

Cuando el Papa Francisco publicó su Encíclica *Laudato Si'*⁶², sobre el cuidado de la casa común (Papa Francisco, 2015)⁶³, realiza un llamado universal a todos los actores globales, a los pueblos, a la gente, para que tomen conciencia del peligro que representa el CC y exhorta para cambiar modos de pensar, actuar, producir y consumir, manteniendo en el centro de su mensaje a las personas en situación de vulnerabilidad. El Papa continuamente reflexiona y brinda decla-

⁶⁰ Traducción: “El mundo es complejo. El aire, tenue. La naturaleza, sutil. Nuestra capacidad de hacer daño, grande. Debemos ser más cuidadosos y menos tolerantes en lo que a la contaminación de este frágil planeta se refiere” (p. 56). Ref: <https://lasteologias.files.wordpress.com/2008/06/carl-sagan-miles-de-millones.pdf>

⁶¹ Ref: <https://www.energiaestrategica.com/opinion-el-calentamiento-global-avanza-y-la-sociedad-esta-bailando-en-la-cubierta-del-titanic/>

⁶² *Laudato Si'* proviene del dialecto umbro del italiano medieval, que significa *Alabado seas*.

⁶³ Un resumen de esta Encíclica realizada por la Conferencia Episcopal Española se encuentra en CEE (2015) y textos directamente relacionados con la energía y el CC pueden leerse en Lapeña (2016).

raciones sobre esta temática, como la efectuada en el marco de un encuentro en el Vaticano con líderes de empresas energéticas, donde remarca la existencia de la emergencia climática global, y advierte que de no tomarse medidas urgentes, se estaría cometiendo un acto brutal de injusticia hacia los pobres y las generaciones futuras (Harvey y Ambrose, 2019).

Analizando la vulnerabilidad de los que menos tienen, Alston (2019) sostiene que los más ricos, que presentan la mayor capacidad de adaptación y se han beneficiado a costa de emitir la mayor parte de las emisiones de GEI, estarán mejor posicionados para hacer frente al CC. Por el contrario, los más pobres, tendrán baja capacidad de reacción y, por consiguiente, serán los más perjudicados. En esta línea, el estudio de Gore (2015) expresa que el 50% de la población mundial más pobre (en el orden de 3500 millones de personas), es responsable de tan sólo el 10% de las emisiones a nivel global y vive mayoritariamente en los países más vulnerables ante el CC. Por otro lado, el 10% de la población más rica es responsable del 50% de las emisiones.

A la inequidad socio económica ya existente, se le suma la inequidad provocada por el CC, potenciando la amenaza sobre los derechos humanos. Por eso, en setiembre de 2019, la expresidenta de Chile y actual Alta Comisionada de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos, Michelle Bachelet, en oportunidad de la ceremonia de inauguración de la 42^a sesión del Consejo de Derechos Humanos, afirmaba:

El mundo no había conocido nunca una amenaza a los derechos humanos de esta magnitud (debido al CC). En esta situación, ningún país, ninguna institución ningún responsable político puede permanecer al margen del problema. Las economías de todas las naciones, la urdimbre institucional, política, social y cultural de todos los Estados y los derechos de todos los pueblos y de las generaciones venideras, padecerán sus repercusiones. (Bachelet, 2019)

David Wallace-Wells, autor de *El planeta inhóspito. La vida después del calentamiento*, declara en un reportaje:

El aumento de temperatura es inevitable, pero cada grado de subida de temperatura que logremos reducir, evitará a su vez una enorme cantidad de sufrimiento humano. Creo que aunque suba la temperatura nuestra ci-

vilización sobrevivirá y nos adaptaremos. La cuestión es cuánto nos adaptaremos y con qué grado de calentamiento tendremos que lidiar. Creo que la tecnología forma parte de la solución, sin duda. Tenemos la tecnología, pero no podemos asumir que podrá ser desplegada globalmente para evitar los escenarios catastróficos. (Altares, 2019)

También la escritora Naomi Klein en su nuevo libro (Klein, 2019), advierte que eventos negativos de alto impacto están produciéndose por el CC, como por ejemplo las migraciones, que traen como consecuencia crisis en las fronteras; además sugiere poner límites a la economía basada en el consumo infinito y en el use y tire.

Además, comienza a irrumpir en la escena mundial, la voz de las nuevas generaciones, niños y adolescentes que plantean y exigen respuesta de los gobernantes, ante su falta de reacción frente a los impactos del CC. Entre estos adolescentes, se distingue la activista sueca Greta Thunberg, nacida en 2003, que moviliza miles de personas. Está pronunciando discursos impactantes en el marco de eventos internacionales, por ejemplo durante la COP24 a finales de 2018, ante los líderes mundiales en Katowice, Polonia, diciendo entre otras cosas: “Nuestra civilización está siendo sacrificada por la oportunidad que un número muy pequeño de personas continúe haciendo enormes cantidades de dinero”; “Necesitamos mantener los combustibles fósiles en el suelo y debemos centrarnos en la equidad. Y si las soluciones dentro del sistema son tan imposibles de encontrar, tal vez deberíamos cambiar el sistema en sí mismo”, (Llanos Martínez, 2018). En oportunidad de la Cumbre del Clima de la ONU, celebrada en New York en setiembre de 2019, donde se produjeron numerosas marchas de protestas promovidas por los jóvenes, Greta se dirigió a los jefes de Estado manifestando: “Por más de 30 años la ciencia ha sido clara. ¿Cómo se atreven a mirar para otro lado y venir acá a decir que están haciendo lo suficiente, cuando las políticas y soluciones necesarias todavía no están a la vista?”⁶⁴ (DW, 2019).

⁶⁴ En este sentido, José Pablo Feinmann, filósofo argentino, expresa: “Los países poderosos no quieren variar nada. Se sabe: salvarán a los bancos antes que salvar al planeta. Niegan el cercano desastre. Es que el capitalismo necesita devastar la tierra para enriquecerse y dominar”. (Feinmann, 2019).

Esta irrupción de gente joven es analizada por el periodista Luis Castelli:

Posiblemente Greta sea la expresión de una profunda inversión en materia de responsabilidades generacionales, debido a que los mayores han sido incapaces de orientar correctamente el cuidado del planeta, jóvenes como ella salen hoy a enfrentar a una generación calificable en aspectos esenciales como filicida. De alguna manera, tiene sentido que estas marchas sean promovidas por gente joven, después de todo, son ellos y sus hijos y nietos quienes vivirán en carne propia las consecuencias de la inacción de los gobiernos actuales. Esto no tiene precedentes en la historia reciente. Sin distinción de nacionalidad, estos niños y adolescentes reflejan una novedosa experiencia política común. (Castelli, 2019).

El filósofo y crítico cultural Slavoj Žižek también brinda su punto de vista respecto de Greta, en el marco de una entrevista, y expresa que ella es un apóstol que repite un mensaje que la ciencia viene manifestando por décadas: “Necesitamos mujeres como Greta. Ella no pretende saber. Su mensaje es que la ciencia nos dice muchas cosas de manera clara. Propone los datos científicos como la base que nos debe obligar a elaborar un nuevo proyecto emancipatorio y a actuar sobre él”. (Žižek, 2019).

Anexo 2

Acceso a la Energía

El acceso universal a la energía sostenible es, hoy en día, uno de los objetivos fundamentales para alcanzar el desarrollo humano y para luchar contra la pobreza. Dentro de los 17 ODS, se encuentra el ODS 7 que toma en cuenta de manera específica este punto y expresa la necesidad de “Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos”. Además, contiene tres metas específicas; garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos; aumentar considerablemente la proporción de EERR en el conjunto de fuentes energéticas y duplicar la tasa mundial de mejora de la EE.

Existen diversos posicionamientos respecto del acceso a la energía. Muchos de éstos comparten los conceptos vertidos por la Comisión

Nacional de los Mercados y la Competencia, CNMC (2017), que dice entre otros puntos y de manera sintética:

- el acceso universal a formas modernas de energía es un derecho humano y una responsabilidad compartida por todos, pero de forma diferenciada.
- la sostenibilidad económica debe partir de la asequibilidad de las soluciones para los usuarios de los servicios energéticos, tengan o no, algún tipo de subsidio.
- la voluntad política, planificación coordinada e integral (teniendo en cuenta los factores técnicos, sociales económicos y ambientales) y marco regulatorio adaptado a los nuevos modelos y actores, es esencial para reducir las inequidades actuales.

Una de las principales herramientas tecnológicas para lograr la accesibilidad a la energía eléctrica y térmica de los pobladores que se encuentran en general aislados o distantes de los servicios, son los STER, especialmente los sistemas FV para producción de electricidad, y las cocinas solares, sistemas solar térmicos de baja temperatura y generación de biogás a partir de la Bm, para la producción de energía térmica. Con la energía producida por los STER, se puede acceder al agua, a la salud, a la mejora del ambiente del hogar, a la educación, a las comunicaciones, promoviendo el desarrollo de las personas y las comunidades. Por lo tanto, el uso consciente de las STER puede transformar la realidad socioeconómica de un lugar.

En el último informe de evaluación del cumplimiento de los ODS, presentado por la ONU (2018b), se destaca la necesidad que los países inviertan y satisfagan la demanda de energía eléctrica de sus ciudadanos, con el fin de alcanzar las metas energéticas establecidas para el año 2030. En este mismo informe se hace notar el hecho que del año 2000 al 2016, la proporción de la población mundial con acceso a la electricidad aumentó de 78% a 87%.

Según los datos del BID (2016), en el año 2016 el 96.96% del sector urbano mundial contaba con acceso a la electricidad, mientras que el 77.45% de la población rural, no lo hacía. El informe del BM (2018) revela que en el año 2017, al menos 34 millones de personas lograron acceso a servicios básicos de electricidad con la aplicación de sistemas FV aislados, pero que aún continúan sin conexión a la red unas 840 millones de personas.

De acuerdo a la tendencia de electrificación que informa el Global Tracking Framework, señalado en ONU News (2017), se estima que un 8% de los habitantes del planeta para el año 2030, no tendrá acceso a la electricidad. Aunque los números no sean del todo positivos, hay signos de mejoras a nivel global, como los encontrados en África subsahariana y de Asia, donde los niveles de electrificación lograron crecer.

En la región de ALyC la situación del acceso a la energía eléctrica parecería buena, aunque existen algunas dificultades que son expresadas por el CNMC:

En Iberoamérica la situación de acceso a la energía puede parecer buena si se comparan tasas de acceso, pero aún existen entre 20 y 30 millones de personas sin acceso a la electricidad y unos 85 millones de personas sin acceso al combustible y a otros modos de combustión modernos. Pero pese a no ser grandes cantidades de personas comparado con India o África Subsahariana, las dificultades propias de falta de infraestructuras, dispersión geográfica y ubicaciones remotas hace que sea mucho más difícil llegar a una cobertura del 100% de la población. El acceso a la electricidad en Iberoamérica aumenta progresivamente, pero con el ritmo actual no será posible llegar a cumplir el ODS 7 en 2030. (CNMC, 2017, p. 5)

De manera más específica, y de acuerdo al BID (2016), en el caso de los países latinoamericanos, Argentina, Colombia, México, Brasil, Uruguay, Chile, Perú, Brasil, Cuba, Puerto Rico, Honduras, República Dominicana y Jamaica, poseen en su entorno urbano un 100% del acceso. Esta situación contrasta con los datos de Haití, que llega solo a un 65.40%. El BM (2018) destaca que el 75% de los países latinoamericanos podría alcanzar para el 2020 el acceso universal a la energía, y en el 2030 este acceso estaría casi a un 100%, con la excepción de Haití quien se encontraría por debajo del 90%.

Un segundo problema a resolver es el acceso a la energía térmica, específicamente, los relacionados con los sistemas utilizados para cocinar. Esto es debido a que en muchos lugares, aún continúa en uso el medio tradicional de cocción de los alimentos usando BmT en una cocina ineficiente. Si se continúa utilizando el mismo sistema, se estima que para el año 2030, 2300 millones de personas seguirán obteniendo biomasa de los bosques, como recurso energético, con la consecuente pérdida de biodiversidad (Ceratti, 2018). La quema de masa vegetal

presenta un gran problema y es la contaminación del aire que se da dentro de los hogares donde se utilizan estas cocinas, exponiendo a los habitantes de las viviendas a una constante presencia de humos que se generan debido a la mala combustión. Esto produce un daño enorme a las vías respiratorias, ocasionando cerca de cuatro millones de muertes al año, donde las mujeres y los niños son los más vulnerables (OMS News, 2018).

El BM (2018) destaca en su informe, que en el año 2017 cerca de 3000 millones de personas en Asia y África utilizaban este tipo de cocinas. Además, señala que el uso de BmT para la cocción de alimentos es causante del 2% de los GEI emitidos a nuestra atmósfera. Esta cantidad podría considerarse como pequeña, pero no lo es, dada la forma en que se produce y los efectos sobre el medioambiente y la salud que provoca su uso. Por consiguiente, aunque utilizado tradicionalmente a lo largo de la historia, este medio para la cocción de alimentos debe ser considerado de alto riesgo por todo lo negativo que acompaña su utilización. Si las políticas actuales no se dirigen en búsqueda de los ODS, para el año 2030, 2200 millones de personas seguirían contaminando sus viviendas.

En términos generales, se puede decir, que si bien la situación ha mejorado sustancialmente para muchas familias en cuanto a su acceso de energía eléctrica y térmica, el logro alcanzado se mantiene aún por debajo del nivel deseable. Esta situación debe ser revertida lo más rápido posible, con políticas más agresivas de los Estados y mayor financiamiento de organismos internacionales.

Anexo 3

Pobreza Energética: Un Concepto en Construcción

1. Panorama Actual

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas (ONU, 2015) establece entre sus objetivos que la comunidad internacional se comprometa a garantizar “el acceso a la energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos”. Su cumplimiento supone, entre otras, tres metas a alcanzar: asegurar el acceso universal a la

energía, duplicar la cuota de energía renovable y duplicar la tasa de mejora de la eficiencia energética a nivel mundial.

La realidad es que el uso de la energía afecta prácticamente a todas las actividades de la vida cotidiana de las personas (cocinar, refrigerar, iluminar, calefaccionar, transportar). Por consiguiente, un mayor acceso a unos servicios energéticos adecuados abre la posibilidad de mejorar la calidad de vida, reducir la pobreza y las desigualdades, así como contribuir a la sostenibilidad ecológica del planeta. Con el término de pobreza energética hacemos referencia a los usos sociales o a la dimensión social que posee el uso de la energía (García Ochoa, 2014). Su análisis incluye una variedad de áreas temáticas como el acceso a los distintos tipos de energía, la proporción de ingresos familiares destinados al pago de estos servicios, el desarrollo tecnológico.

La pobreza energética no solo ocurre en los países en desarrollo, sino que es un fenómeno global cada vez más relevante para las políticas públicas. Sin embargo, existe un déficit de estudios que la evalúe, sobre todo, en el ámbito latinoamericano. Este documento presenta una panorámica sobre el estado del arte de la temática y una aproximación como caso de estudio, a España.

2. Origen y Evolución

No existe una única definición consensuada de pobreza energética. Esta situación genera problemas para su medición y una gran controversia científica, ya que la utilización de una u otra metodología para analizarla puede generar resultados dispares (Tirado *et al.*, 2012; Moore, 2012; Liddel *et al.*, 2012). Salvo excepciones, no existen estadísticas oficiales a nivel nacional e internacional, lo que dificulta la puesta en marcha de políticas públicas que erradiquen este tipo de pobreza.

La primera definición fue dada por Lewis (1982), siendo la más utilizada la de Brenda Boardman (1991), quien delimitó la pobreza energética como la incapacidad para un hogar de obtener una cantidad adecuada de servicios de energía por el 10% de la renta disponible. Esta autora reconoce como factores discriminantes que afectan a la aparición de este tipo de pobreza, el nivel de ingresos, el coste de la energía, así como la importancia de las tecnologías energéticas para mejorar la eficiencia. En este sentido, Reino Unido, pionero de estos

estudios y con estadísticas oficiales, establece como umbral para considerar si un hogar se encuentra en situación de pobreza energética, el límite del 10% de la renta disponible.

En la actualidad, la doctrina está ampliando el concepto de pobreza energética y su análisis (Romero Pérez, 2015; García Ochoa, 2014). Si en los inicios se utilizaba el concepto de “pobreza de combustible” ahora se habla de “pobreza energética”. En su medición se han ido incorporando, además de la calefacción, otros usos finales básicos (refrigeración, iluminación, etc.). Por otro lado, cuando se habla de “acceso a servicios energéticos” ya no se focaliza únicamente en las carencias energéticas de la vivienda habitual. Asimismo, no sólo los factores económicos son los causantes de la pobreza energética, sino que hay que tener en cuenta umbrales tecnológicos e incluso culturales. Finalmente, cada vez más se demanda que los servicios energéticos sean de calidad, lo que incluye que sean asequibles, seguros, ambientalmente sostenibles (Romero Pérez, 2015; García Ochoa, 2014).

3. Peculiaridades en América Latina y el Caribe

En ALyC existe un déficit de estudios sobre pobreza energética aún mayor que en Europa. Varias son las razones. En primer lugar, hasta hace poco la mayoría de los estudios sobre pobreza y desigualdad se centraban en el acceso a diversos recursos básicos para vivir. El acceso a la energía era considerado como una necesidad secundaria y se le excluía de este tipo estudios. En segundo lugar, para muchas zonas geográficas no existen datos fiables sobre el acceso y el uso que hacen los ciudadanos de la energía (Romero Pérez, 2015; Kozulj *et al.*, 2009).

Por último, la metodología de medición utilizada en Europa presenta carencias a la hora de usarla en ALyC (García, 2011; García Ochoa, 2014). Esto es debido a diferentes motivos. Por un lado, la pobreza energética está muy relacionada con las condiciones climáticas de cada lugar (Tirado y Jiménez, 2016). La determinación como umbral de pobreza energética de un porcentaje constante del ingreso, puede ser adecuado cuando las condiciones climáticas son similares en toda el área geográfica considerada, como por ejemplo en Reino Unido (García Ochoa, 2014). Sin embargo, en ALyC pueden presentarse diferentes tipos de climas incluso en un mismo país. Por otro

lado, las prácticas de consumo de energía pueden variar según los distintos usos y costumbres de la zona analizada. Como consecuencia, puede convivir un amplio rango de percepciones entre los ciudadanos sobre lo que consideran “ser pobres” en términos energéticos. A este respecto Healy (2004), propone que los indicadores cuantitativos de medición de la pobreza energética (económicos, tecnológicos y físicos), sean complementados con indicadores subjetivos (acerca de la percepción de las personas sobre sus necesidades de energía). No obstante, la utilización de estos indicadores subjetivos crea controversia ya que, según algunos autores, impediría una adecuada comparación de la pobreza energética entre países e incluso dentro de un mismo país (García Ochoa, 2014).

De los diferentes estudios realizados (Kozulj, R., 2009; García Ochoa, 2014; Romero Pérez, 2015), destacamos algunas peculiaridades relativas a la pobreza energética en el contexto latinoamericano:

a) El acceso universal a unos servicios energéticos de calidad (asequibles, fiables y sostenibles) no es tema prioritario para las políticas públicas. Esto se manifiesta también en la inexistencia de datos estadísticos fiables en algunos países.

b) En ALyC la pobreza energética existe y se muestra de manera diferente tanto en zonas rurales como en urbanas (donde en algunos países se presenta en mayor medida).

c) Los ciudadanos con menos recursos, gastan una mayor proporción de sus ingresos en servicios energéticos que las clases medias y altas, creando una mayor brecha de desigualdad.

d) Existe una gran diversidad geográfica, cultural y climática dentro incluso de una misma región dentro de cada país. Esto dificulta la realización de estudios agregados y comparativos entre países.

e) Es necesario incluir dentro del análisis de la pobreza energética y sus políticas, las interacciones entre las dimensiones energía-pobreza-medioambiente.

4. Caso de Estudio: España

La crisis económica global iniciada en 2008 supuso el fin del Estado de bienestar en muchos países europeos. Las políticas de austeridad, los recortes en el gasto público y en derechos sociales, el desempleo, elevaron considerablemente las cifras de personas en exclusión

social y, por ende, en situación de pobreza energética (Tirado y Jiménez, 2016; Llano Ortiz, 2017). A partir del año 2014, España inició un periodo de recuperación como así muestran los principales indicadores macroeconómicos (PIB per cápita, balanza de pagos, índice de desempleo). Sin embargo, otros indicadores de bienestar (Índices GINI, AROPE, S80/20) apuntan a la siguiente realidad: la reducción de la desigualdad y la pobreza está siendo más lenta que la recuperación económica. Por lo tanto, la mejoría económica no estaría afectando al ciudadano medio (Llano Ortiz, 2017).

Pese al reciente interés político sobre el tema⁶⁵, España no cuenta con estadísticas oficiales de pobreza energética. Uno de los informes más relevantes es el llevado a cabo por La Asociación de Ciencias Ambientales (ACA). En su informe del año 2018 Tirado Herrero *et al.* (2018) sigue las indicaciones del Observatorio Europeo de Pobreza Energética (EPOV)⁶⁶, quien propone utilizar, entre otros, cuatro indicadores primarios para medir la pobreza energética. Estos indicadores son calculados a partir de la Encuesta de Presupuestos Familiares (EPF) y de la Encuesta de Condiciones de Vida (ECV) de cada país. En concreto serían los siguientes:

- Porcentaje de población que se declara incapaz de mantener la vivienda a una temperatura adecuada (Figura 1A).
- Porcentaje de población que declara retrasos en el pago de facturas de la vivienda (Figura 2A).
- Gastos desproporcionados (2M): mide el porcentaje de población para el que los gastos reales en energía doméstica (como porcentaje de ingresos totales del hogar) está dos veces por encima de la mediana⁶⁷ (Tabla 1).

⁶⁵ En el año 2018 el Real Decreto-ley 15/2018 *de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores* dio paso a la publicación, en 2019, por el gobierno a propuesta del Ministerio de Transición Ecológica de la *Estrategia Nacional contra la Pobreza Energética 2019-2024*.

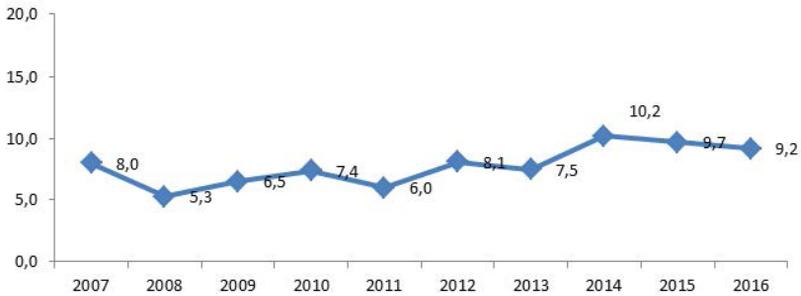
⁶⁶ El EPOV está formado por un consorcio de entidades europeas lideradas por la Universidad de Manchester. Apoyado por la Comisión Europea, tiene como principal objetivo fomentar el conocimiento sobre el alcance de la pobreza energética en Europa, así como las políticas y prácticas más innovadoras para abordarla.

⁶⁷ Por ejemplo, si en un país la mediana de gasto en energía por hogar es del 6% de sus ingresos, se contabilizarán aquellos hogares y personas que tengan que destinar más del 12% de su renta anual.

- Pobreza energética escondida (HEP): mide el porcentaje de población para el que el gasto total en energía doméstica es inusualmente bajo (menos de la mitad de la mediana nacional).

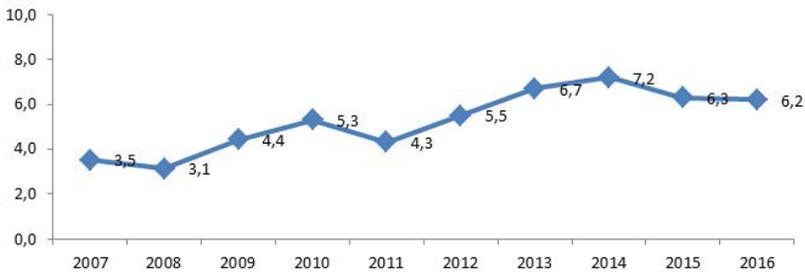
Las siguientes figuras y tabla expresan la evolución de estos indicadores en el caso español.

Figura 1A
Porcentaje de la población total que se declara incapaz de mantener la vivienda a una temperatura adecuada



Fuente: Eurostat.

Figura 2A
Porcentaje de población que declara retrasos en el pago de las facturas de la vivienda



Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE. ECV)

Los datos de la ACA (Tirado Herrero *et al.*, 2018) apuntan que en cifras agregadas, aproximadamente 13,4 millones de personas estuvieron afectadas en 2016 por condiciones asociadas a la pobreza energética, según los indicadores 2M y HEP. En la Tabla 1 se muestra la evolución desde el 2008.

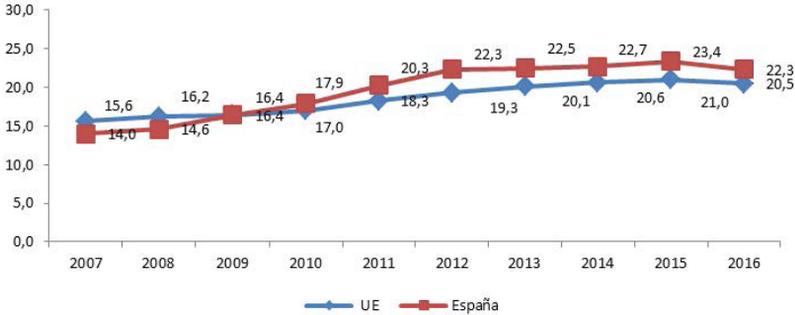
Tabla 1
Porcentaje de población que experimentan condiciones asociadas a la pobreza energética (2008-2017)

	% de población				
	2008	2014	2015	2016	2017
Con gastos energéticos desproporcionalmente altos (2M)	15,9	16,6	16,60	16,7	17,3
Pobreza energética escondida (HEP)	14,6	13,2	12,20	12,6	11,5

Fuente: Estrategia Nacional contra la Pobreza Energética 2019-2024.

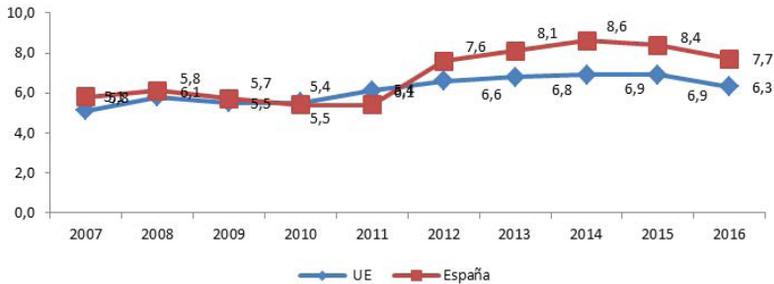
De los indicadores mostrados, se puede sacar una conclusión paralela a los indicadores de pobreza en general anteriormente citados: la recuperación económica no ha supuesto una reducción relevante de la pobreza energética sino una leve mejoría de los indicadores principales. Múltiples son los factores que pueden explicar esta situación. En este documento proponemos cuatro y se usarán indicadores complementarios. En primer lugar, siguiendo lo propuesto por el proyecto EPEE (2009), encontramos un aumento continuado de los precios tanto de la electricidad como del gas natural. Como se puede comprobar en las Figuras 3A y 4A, hasta los inicios de la crisis, los precios españoles eran similares a los de la media europea. Comenzada la crisis, los precios han ido aumentando y superando el promedio europeo.

Figura 3A
Comparativa de precios de la electricidad incluyendo todos los impuestos para el consumidor doméstico promedio en unidades de paridad de poder de compra (PPS/kWh)



Fuente: Eurostat.

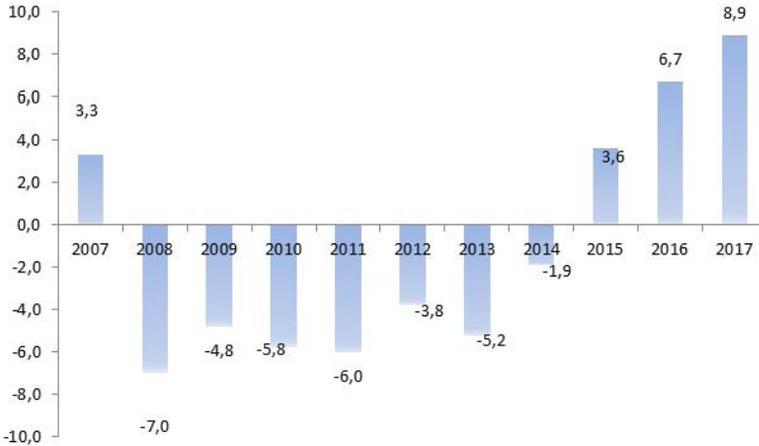
Figura 4A
Comparativa de Precios del gas natural incluyendo todos los impuestos para el consumidor doméstico promedio en unidades de paridad de poder de compra (PPS/kWh)



Fuente: Eurostat.

Otro de los principales gastos familiares es el destinado a pagar la vivienda, que ha subido exponencialmente desde el 2014. Se vuelve a hablar de “burbuja inmobiliaria” sobre todo en los precios del alquiler (Figura 5A).

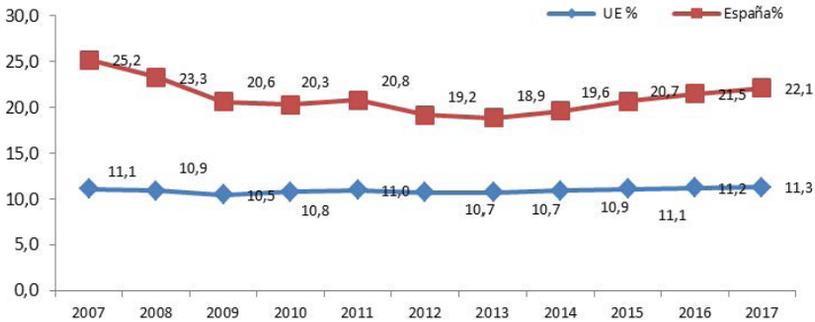
Figura 5A
Variación anual del precio medio de la vivienda en alquiler en España (%)



Fuente: Informe Fotocasa 2017 “La vivienda en alquiler en España” (Toribio, 2018).

Como tercer factor está la precariedad laboral. Si bien la tasa de desempleo ha descendido desde el 2014, en el año 2017 España vuelve a ser el país con mayor porcentaje de ciudadanos con contrato temporal de toda la UE (Figura 6A). En general, el empleo temporal suele relacionarse con una mayor precariedad que puede manifestarse, entre otros factores, en menores e intermitentes retribuciones.

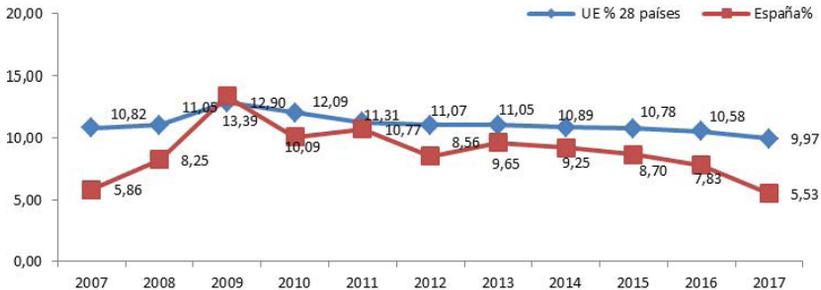
Figura 6A
Evolución de la tasa de temporalidad. Comparativa España-UE (28 países)



Fuente: Eurostat.

A partir de los indicadores expuestos donde aumentaron los gastos básicos (alquiler, electricidad, gas) y la precariedad laboral, no es de extrañar que la tasa de ahorro de los hogares haya caído a niveles inferiores de 2007 (Figura 7A).

Figura 7A
Tasa de ahorro de los hogares (2007-2018) España-UE (28 países). En % de renta disponible



Fuente: Eurostat.

5. Conclusiones

Uno de los principales problemas de la pobreza energética, es su adecuada medición a través de indicadores que posibiliten el desarrollo de políticas públicas para afrontarla. Las estadísticas nacionales o internacionales agregadas de energía, describen de una manera global el sistema, pero ocultan las disparidades y desigualdades en los usos de la energía que existen dentro de los límites nacionales. Existe una gran heterogeneidad tanto en la cantidad y el tipo de energía utilizada, así como en los niveles de acceso entre los diferentes países, regiones o incluso entre las zonas rurales y urbanas. Estas diferencias provienen de una gran diversidad de condiciones climáticas, de niveles de renta, de desarrollo tecnológico e incluso de costumbres y usos. Todo lo anterior hace que la medida de la pobreza energética sea compleja y necesite de estudios específicos y locales, además de una clara voluntad política al respecto.

El estudio del caso español pone de manifiesto, en primer lugar, que una buena coyuntura señalada por los indicadores macroeconómicos, puede no ir en paralelo con una reducción de la pobreza y de las desigualdades en el ámbito energético. En segundo lugar, la pobreza energética es un fenómeno multidimensional que debe ser medido con diversas baterías de indicadores, ya que no es causado por una única causa y produce múltiples efectos. En este sentido, las medidas específicas diseñadas para corregir la pobreza energética (control tarifario, subsidios, eficiencia de las instalaciones) deben ser complementadas con otras políticas estructurales relacionadas, como por ejemplo, el control de precio de la vivienda, la mejora en la calidad del empleo, el acceso a servicios sociales, entre otras.

Capítulo 4

Transferencia Tecnológica y Cambio Climático

Florencia Sayago
Silvina M. Mendilaharzu

1. Introducción

El cambio climático (CC) se ha presentado como un fenómeno global que afectará a todo el mundo. Pero no todos serán afectados de la misma manera, algunos grupos sufrirán en mayor grado las consecuencias negativas. El Convenio Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) utiliza el término “vulnerabilidad” para referirse a estos grupos. Las comunidades vulnerables se localizan en general en algunas determinadas zonas geográficas de África, Asia, América Latina y el Caribe, Oceanía, principalmente en áreas costeras, en regiones propensas a la sequía, en islas pequeñas. Los grupos vulnerables son también aquellos que tienen los menores recursos económicos y que tendrán menor capacidad de responder adecuadamente a los efectos del CC.

La Convención Marco establece un principio ético-jurídico basado en los valores de equidad y solidaridad entre todos los países. Es decir que hay una estrecha relación entre el deber ético de solidaridad internacional y los compromisos de desarrollo científico y tecnológico y su transferencia a los países y comunidades más vulnerables a los efectos del CC. Por otro lado, el Acuerdo de París aprobado en diciembre de 2015 en la COP 21 incluye un capítulo específico sobre “Desarrollo y transferencia de tecnología”.

En el presente trabajo investigaremos la vinculación entre conocimiento científico, mitigación y adaptación al CC y el concepto de justicia climática. Para ello analizaremos, también, el marco legal vigente (Latinoamérica y el Caribe).

2. El Cambio Climático en la región

Si bien América Latina y el Caribe puede no ser una gran emisora de gases de efecto invernadero (GEI), si se compara con otras regiones, está claro que sufre los efectos negativos del CC. Si las emisiones de GEI continúan aumentando es probable que la región sufra consecuencias aún más graves, lo que resultará en costos económicos más elevados. Un estudio reciente de la CEPAL muestra que entre 1970 y 2008, los desastres relacionados con el CC (tormentas, inundaciones, sequías, deslizamientos, temperaturas extremas e incendios forestales) costaron a la región aproximadamente 80.000 millones de dólares (Samaniego, 2009). Si América Latina y el Caribe no actúa para reducir los efectos de los eventos extremos durante las próximas décadas, estos podrían llegar a costarle hasta 250.000 millones de dólares al año 2100¹. En América Central ha aumentado el nivel del mar, se registran eventos climáticos con elevada frecuencia, provocando huracanes, inundaciones. En otras zonas se registran temperaturas extremas o sequías prolongadas.

De un tiempo a esta parte, las acciones de los gobiernos se vienen incrementando en orden a enfrentar estos eventos, mediante la ejecución de medidas de mitigación y adaptación. En la implementación (y obviamente en el éxito) de todas ellas, la ciencia y la técnica vienen jugando un rol fundamental. Sus avances son y serán determinantes para procurar frenar los efectos de este cambio.

3. Perspectivas regionales

América Latina y el Caribe es una región muy vulnerable a los efectos dañinos del CC y las inversiones en adaptación a este fenómeno deben ser una prioridad para el desarrollo económico y social. El problema inmediato es determinar cuánto y cómo invertir y acordar la forma en que las instituciones multilaterales, como el BID o la CEPAL, deberían apoyar estos esfuerzos. La región, que contribuye relativamente poco a las emisiones globales de GEI que aceleran el CC, posee

¹ Comisión Económica para América Latina y el Caribe – CEPAL- (2010). *Cambio Climático: una perspectiva regional*. http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/9/38539/2010-109-Cambio_climatico-una_perspectiva_regional.pdf. P. 14.

vastas zonas forestales que se pierden cada año y que seguirán amenazadas. Por este motivo, el cambio de uso del suelo y las emisiones de la deforestación se vuelven temas prioritarios para la región y el mundo. En 2008, los países de América Latina y el Caribe participaban con el 8,6% de la población mundial, el 8,2% del PIB mundial y el 12% de las emisiones totales de GEI. Si bien los niveles absolutos de emisiones en la región son bajos, esto no la exime de sus responsabilidades globales. En términos per cápita y del tamaño de sus economías, los países de América Latina y el Caribe contribuyen más a las emisiones de GEI que otros países en desarrollo, incluidos China y la India.

4. Principales efectos del Cambio Climático para América Latina y el Caribe²

- Mermas significativas en la productividad agrícola de algunas regiones, con consecuencias adversas para la seguridad alimentaria y las exportaciones.
- Cambios importantes en la calidad, cantidad y disponibilidad de recursos hídricos para el consumo humano, la agricultura y la generación eléctrica.
- Daños en zonas costeras por aumento del nivel del mar, lo que representa un costo para América Latina y el Caribe de entre el 0,54% y el 1,30% del PIB regional, por aumentos en el nivel del mar de un metro y cinco metros, respectivamente.
- Mayor frecuencia en el blanqueamiento coralino y mayor mortalidad en los arrecifes y en los servicios ecosistémicos asociados, con altos costos económicos, especialmente para el Caribe.
- Aumento del perjuicio económico por la mayor intensidad y frecuencia de huracanes y tormentas tropicales como resultado del incremento de las temperaturas del aire y de la superficie del mar.
- Pérdidas significativas de biodiversidad por la extinción de especies en la mayoría de las áreas tropicales y por la pérdida de servicios ecosistémicos.

² CEPAL (2010). *Cambio climático: una perspectiva regional, Comisión Económica para América Latina y el Caribe*. LC/L.3207, Santiago de Chile. P. 14.

- Reemplazo gradual de bosques tropicales por sabanas en la Amazonía.

5. Marco legal vigente en materia de mitigación y adaptación al Cambio Climático vinculado con Latinoamérica y el Caribe. Tecnología y Ciencia

5.1. Consideraciones generales

La CMNUCC, de la que prácticamente todos los países del mundo son Parte, es uno de los principales ámbitos en el que se celebran las negociaciones internacionales relativas a este fenómeno³. Su articulado incluye el tratamiento del desarrollo y la transferencia de la tecnología.

Conforme al artículo 4.3, los países desarrollados proporcionarán los recursos financieros, entre ellos los recursos para la transferencia de tecnología, que los países en desarrollo necesiten para satisfacer la totalidad de los gastos adicionales convenidos resultantes de la aplicación de las medidas.

El artículo 4.5 prevé que los países desarrollados tomen todas las medidas posibles para facilitar y financiar la transferencia de tecnologías y conocimientos prácticos ambientalmente sanos, o el acceso a ellos a otras Partes, especialmente las Partes que son países en desarrollo⁴. También estipula que los países desarrollados apoyarán el desarrollo y el mejoramiento de las capacidades y tecnologías endógenas de los países en desarrollo.

Por último, el artículo 4.7 establece que la medida en que los países en desarrollo lleven a la práctica sus compromisos, dependerá de la manera en que los países desarrollados lleven a la práctica efec-

³ Cabe destacar la debilidad de estos acuerdos, dada la negativa de los Estados de renunciar a su soberanía, y someterse a un organismo supranacional que pueda torcer el rumbo de los objetivos de un país. Puede observarse la actitud de Estados Unidos que, al cambiar su presidente, renunció al Acuerdo de París.

⁴ Khor, M. 2012 *¿Qué relación hay entre el cambio climático, la transferencia de tecnología y los derechos de propiedad intelectual y cuál es el estado actual de las negociaciones al respecto?* Documento de Investigación N°45. https://www.southcentre.int/wp-content/uploads/2013/08/RP-45_Climate-Change-Technology-and-IP_ES.pdf.

tivamente sus compromisos relativos a los recursos financieros y la transferencia de tecnología

En el ámbito de la ciencia, se observa que, hasta hace muy poco, la investigación era una ciencia aplicada; en la actualidad la ocurrencia vertiginosa de los cambios hace que los científicos se sientan obligados a comunicar resultados mientras los mismos están aún siendo investigados. Así lo expresa Carolina Vera, especialista argentina en Ciencias de la Atmósfera: “la sociedad no está alfabetizada en las ciencias del clima y que la predicción es una construcción social”⁵.

La regulación legislativa encarada por los países latinoamericanos, referida a esta materia, sólo se ve reflejada en las distintas normas referidas a la transferencia de tecnología. En general, todos los países han sancionado leyes de este tenor. La sanción de estas reglamentaciones no es nueva y no se debe específicamente al intento de mitigación o adaptación al CC. Son normas que se han dictado con mucha anterioridad. Pero, en general, no se observa ninguna que prevea, en sus mecanismos, la transferencia de tecnología usada para remediar los efectos del CC. Mucho menos, que existan acuerdos internacionales de este tipo que tengan en cuenta lo establecido en el Protocolo de Kyoto respecto de las responsabilidades comunes pero diferenciadas; esto es que, si bien todos los países han contribuido a generar GEL, se debe responder en la medida en que se han generado estos GEL. Puesto así, la responsabilidad de los países industrializados es mucho mayor a la de los países en desarrollo.

Pareciera que las grandes potencias del Norte aún no han asumido con la suficiente responsabilidad el hecho de tener un compromiso mayor al ser las principales causantes de la situación actual; no hay un mecanismo internacional que las obligue a ello. En la COP 21 de París los pequeños Estados insulares, que son particularmente vulnerables al CC, presionaron para incluir la responsabilidad de los países desarrollados por pérdidas y daños sufridos por las consecuencias del

⁵ Gacetilla de prensa publicada en el sitio web Universidades Hoy. “*El cambio climático y el aporte de la ciencia*”. 27/08/15. http://universidadeshoy.com.ar/despachos.asp?cod_des=63241&ID_Seccion=182&fecemi=27/08/2015&Titular=el-cambio-climaacutetico-y-el-aporte-de-la-ciencia.html.

CC. El acuerdo incluye una referencia sobre este tema, pero no crea ninguna responsabilidad legal o derechos a una indemnización.

Ninguna negociación internacional ha podido lograr este cometido. Hoy en día sólo algunos capitales internacionales agrupados en, por ejemplo, el BID, el Fondo Verde del Clima, Euroclima, GEF, u otros, son capaces de contribuir con algunos proyectos innovadores o con cierta transferencia de tecnología, y, en general se orientan a reducir las emisiones de GEI en cuestiones de mitigación, que es lo que, en definitiva les interesa, y no en cuestiones de adaptación a los nuevos eventos que hoy son una realidad y se vienen suscitando desde hace unos años y que aumentan la vulnerabilidad de las regiones más pobres⁶.

Se cree que, en el diseño de la normativa que debería regir a la hora de negociar acuerdos sobre transferencia de tecnología, se debería prever, entre sus postulados, poner especial atención en las políticas locales o regionales y en las condiciones sociales imperantes al momento de negociar estos acuerdos. Ello, sobre todo, si se intenta que una tecnología nueva sea lanzada en el seno de una comunidad, para lograr la apropiación local de las nuevas ideas. A esta conclusión llegaron investigadores de Naciones Unidas y de la Universidad de Tufts (EEUU), que revisaron 66 proyectos de transferencia de tecnologías bajas en carbono desde países desarrollados a países en vías de desarrollo. El trabajo consistió en saber cómo ocurrió la transferencia de tecnología en esos proyectos, revisando la documentación de cada uno de ellos, entrevistando grupos de interés relevantes como expertos académicos, líderes comunitarios, funcionarios públicos de los niveles local y nacional, ONGs y beneficiarios directos del proyecto⁷.

⁶ El artículo 4.1 establece que las Partes que son países desarrollados deberían seguir encabezando los esfuerzos y adoptando metas absolutas de reducción de las emisiones para el conjunto de la economía, mientras que las Partes que son países en desarrollo deberían seguir aumentando sus esfuerzos de mitigación, y se las alienta a que, con el tiempo, adopten metas de reducción o limitación de las emisiones para el conjunto de la economía.

⁷ Bonizella, B. *et al.* (2014). *Technology transfer for adaptation*. Publicado en Nature Climate Change. https://www.nature.com/articles/nclimate2305.epdf?referrer_access_token=U2NT1mFCl4zHoyojAl6f0tRgN0jAjWel9jnR3ZoTv0Oso7Z-p2or3TU8QgEHxpwDUZdTckJ_gScTXdt0L4Z8MRDgeSZpkXbFTZl24C-kMM-PKx3eVKOTYyfB7KogZ094JgXeDrQNHD2Kg-dLyVlwX-Nulrq-SYXJQQJcvad5753tiEPtcUKiT3TlqJGE3-4M_X9g9ApjizBxuSSGsyd9vpAiE7

Todo ello para identificar tendencias. La investigación demostró que los procesos que se basaron en las características locales de la comunidad fueron más exitosos que los que no las tuvieron en cuenta. “Estos hallazgos nos desafían a pensar más ampliamente sobre los tipos de tecnología necesarios para adaptarse al CC”, dicen los investigadores en su estudio. “La transferencia de tecnología, debe incluir transferencia de conocimiento: nuevas ideas, nuevas prácticas, nuevas técnicas” (Laura Kuhl, Universidad de Tufts). El grupo también encontró que los proyectos más exitosos tenían estrategias claras para diseminar la tecnología hacia la gente local. Por ejemplo, un proyecto en Etiopía utilizó fincas de demostración para mostrarles a los agricultores el valor de las variedades de cultivos resistentes a la sequía. Sin embargo, éste fue el único de los tres casos de estudio que incluyó tal estrategia.

Jenny Marcela Sánchez, investigadora especializada en innovación de la Universidad Nacional de Colombia, dice que los procesos de transferencia para países en desarrollo en general son “llave en mano”. “Usamos la tecnología y no comprendemos exactamente cómo funciona; lo que se transfiere es el uso, pero no el conocimiento para generarlo”, comenta en SciDev.Net. Pero aplaude este nuevo estudio, expresando que es un ejemplo de cómo se logra hacer la transferencia, cómo se adapta la tecnología y además cómo se documenta⁸.

En la Regulación Legal Internacional, se observan algunos acuerdos regionales en esta materia, surgidos entre varios actores interesados. En estos últimos años, son muy frecuentes las alianzas público-privadas con un fin determinado. Como ejemplo, el Acuerdo firmado entre el Sistema de Integración Centro Americano (SICA)⁹ y la Unión Europea para combatir los efectos del CC (junio de 2018), mediante el cual se impulsará la generación de energías renovables. El programa Fondo Verde también proveerá fondos para mejorar la eficiencia energética de las Pymes, e im-

5U4iTOSLYepS_6-tvqwqDf56ezYsOTnKX1xionk51E8d4J7nOjKnZTFZKA-bbwIMhDHoFVP5N1xODfdypl_wtXneUcZGkQhs4DrsHC&tracking_referrer=www.scidev.net.

⁸ *Transferencia de tecnología más exitosa de lo pensado*. Enlace al artículo en Nature Climate Change. La versión original de este artículo se publicó en la edición global de SciDev.Net <https://www.scidev.net/americas-latina/cambio-climatico/noticias/transferencia-de-tecnologia-a-m-s-exitosa-de-lo-pensado.html>.

⁹ https://www.sica.int/cambioclimatico/marco_juridico.aspx?IdEnt=879&Idm=1&IdmStyle=1.

pulsará la disponibilidad de fondos para mejorar la resiliencia al CC en zonas vulnerables. Estos fondos provienen de una donación de la UE, de un crédito del gobierno alemán, de otra suma aportada por el BCIE (Bco. Centroamericano de Integración Económica) y de otra ayuda proveniente del Fondo de Desarrollo Verde para inversiones en restauración de paisajes y desarrollo de ecosistemas integrados.

También el SICA ha firmado en marzo de 2019, una Declaración conjunta con la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA), que le permitirá a la región un abordaje más estratégico de los desafíos en torno al CC. El acuerdo abre oportunidades para la participación de científicos de los países del SICA en investigaciones de la NASA. En estos ejemplos se ve cómo estas alianzas público-privadas traen consigo la transferencia de tecnología. Y también queda claro que es necesario un esfuerzo conjunto entre varios, para poder trazar metas ambiciosas en cuestiones medioambientales tan urgentes.

Otro tipo de acuerdos son los que se están dando entre organismos subnacionales (provincias, municipios), o también alianzas público-privadas; este fenómeno se suscita, sobre todo, cuando estos actores no están de acuerdo con la política llevada a cabo por el gobierno nacional. Así, por ejemplo, las coaliciones de ciudades contra el CC (Under2, Red Argentina de Municipios por el Cambio Climático-RA-MCC) o la Alianza para la Acción Climática Argentina, formada por la Fundación Vida Silvestre Argentina, WWF/(Organización Mundial de Conservación) y Fundación Avina, un grupo que tiene como objetivo diseñar e implementar acciones conjuntas y coordinadas para cumplir con los compromisos asumidos por Argentina en el Acuerdo de París. También El Fondo Verde del Clima (GCF) es una alianza subnacional única, formada por 26 Estados y provincias de Brasil, Indonesia, México, Nigeria, Perú, España y Estados Unidos, formada desde finales de 2008. Cuando los une un objetivo común, se reúnen y trabajan en conjunto, inclusive a la hora de solicitar fondos a los organismos internacionales de ayuda.

La Organización de los Estados Americanos (OEA) ha implementado el Programa de creación de capacidad de mitigación de riesgos del Caribe (CHAMP)¹⁰, que buscó mejorar la capacidad de esta re-

¹⁰ http://www.oas.org/es/sla/ddi/tratados_acuerdos.asp.

gión para reducir la vulnerabilidad a los efectos de los peligros naturales, a través de políticas y planes nacionales de mitigación de riesgos (HMPP), por información generada por el mapeo de riesgos y la evaluación de vulnerabilidad (HAZMA), como toma de decisiones, apoyo a las intervenciones de mitigación de riesgos y mediante la promoción de prácticas de construcción más seguras en el sector de la construcción informal a través de capacitación y certificación. Las actividades se llevaron a cabo en cuatro Estados pilotos: Belice, Islas Vírgenes Británicas, Granada y Sta Lucía, y fueron implementadas por la Agencia de Respuesta a Emergencias por Desastres del Caribe (CDERA), con fondos de la Agencia Canadiense de Desarrollo Internacional (ACDI), y ejecutadas por la OEA. También en el ámbito de este organismo internacional se generó el Acuerdo Bilateral entre la OEA y el Instituto Madrileño de Formación por el que se propició la difusión de la implementación del Memorándum de entendimiento para el desarrollo de biocombustibles entre Brasil y EEUU.

Luego de Río 92, 12 naciones del continente americano se reunieron en Montevideo, Uruguay, para fundar el Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAI). En la Declaración de Montevideo, los 12 gobiernos solicitaron al Instituto que coordinara internacionalmente de la mejor manera posible la investigación científica y económica de la extensión, causas, y consecuencias del cambio global en las Américas. El Acuerdo para la Creación del IAI resultante, sentó las bases de las funciones del IAI como institución intergubernamental regional que promueve la investigación científica y el desarrollo de capacidades para brindar información a los tomadores de decisiones del continente y del mundo. Después, otros 7 países se unieron al tratado, con lo que el IAI tiene ahora 19 Partes de las Américas, que se reúnen una vez al año en la Conferencia de las Partes con el fin de supervisar y guiar las actividades del IAI.

5.2. Legislación nacional

En relación a las legislaciones nacionales en materia de CC relacionadas con la ciencia y la tecnología, nos hemos de referir a algunas naciones a modo de ejemplo, corroborando lo hasta aquí expuesto.

5.2.1. Legislación colombiana¹¹

En cuanto al marco jurídico del CC, este país en 1994 se convirtió en Estado parte, ratificando la CMNUCC. En 2000, aprobó el Protocolo de Kyoto por ley n°629. Luego, en 2011, emitió el Documento Conpes n°3700 que establece la Estrategia Institucional para la articulación de políticas y acciones en materia de CC. En 2016, ordenó el Decreto 298 por el cual se establece la organización y funcionamiento del Sistema Nacional de Cambio climático. En 2017 lanzó las bases de la política nacional de CC, aprobando el Acuerdo de París mediante la Ley 1844.

Respecto a la temática que nos ocupa, en Colombia no existe con rango de ley, alguna referencia exclusiva a la Ciencia y la Tecnología. A nivel de decreto pueden nombrarse, entre otros:

- a) Decretos que reglamentan la investigación científica sobre la diversidad biológica (año 2000 y 2003).
- b) Decretos de 2013 por los cuales se reglamentan las colecciones biológicas o permisos de recolección de especies silvestres con fines de investigación científica
- c) Decretos de la década del 90 en los cuales se reglamenta la creación de distintas instituciones de investigación científica.
- d) De la 3° Comunicación Nacional de Cambio Climático realizada por Colombia en el año, se destaca que a partir de 2010 comenzaron a relevarse las necesidades de tecnología para el relevamiento de datos, lo cual se evidencia en análisis de la situación imperante, capacitaciones, adquisición de equipamiento. Lo cual redundó en que a la fecha pueda consultarse on line varios parámetros importantes para monitorear el clima.

Particularmente, se destaca que en todas las acciones encaradas por la política ambiental del gobierno de este país, la educación ambiental tuvo singular importancia. Ello no debería incluirse en este análisis, pero es de destacar, por el logro posterior que obtienen 25 jóvenes quienes reclamaron al máximo Tribunal colombiano, respecto de la desforestación en la Amazonía (Caso Urgenda).

¹¹ La normativa citada ha sido consultada en el sitio web del Ministerio de Ambiente de Colombia. <http://www.minambiente.gov.co/index.php/normativa/81-normativa/2093#modificaciones-decretos-%C3%BAnico>.

5.2.2. Legislación cubana

Cid Soto y Pérez López¹², señalan que desde 1991, antes que hubiese un compromiso internacional para atacar las causas del CC, Cuba creó la Comisión Nacional sobre Cambio Climático, para estudiar el impacto de este fenómeno en la población, la agricultura, la producción de alimentos, la disponibilidad de agua dulce y la salud. En 1992 Fidel Castro planteó en la Cumbre de Río que “Una especie está en peligro de extinción: el hombre”, afirmación que ayudó a priorizar las investigaciones sobre el tema. A partir de este momento, Cuba en su política ambiental ha incluido siempre la consideración de la mitigación y adaptación al CC.

En materia de normativa, nombran a la Ley 81, o Ley de Medio Ambiente, indicando que Cuba es parte de la CMNUCC desde el 5 de enero de 1994, que ratificó el Protocolo de Kyoto el 30 de abril de 2002, por tanto, en su legislación interna acoge los parámetros establecidos para la reducción de los gases contaminantes causantes del efecto invernadero. El objeto de dicha ley es “establecer los principios que rigen la política ambiental y las normas básicas para regular la gestión ambiental del Estado y las acciones de los ciudadanos y la sociedad en general, a fin de proteger el medio ambiente y contribuir alcanzar los objetivos del desarrollo sostenible del país” (art. 1).

La Resolución 69/2000 del CITMA establece un incentivo arancelario en caso de importaciones de tecnología para el control y tratamiento de residuales y emisiones;

La Resolución n° 126/2007 regula el procedimiento para la evaluación de los estudios de factibilidad de las inversiones vinculadas a las esferas de la ciencia, la tecnología y el medio ambiente.

Para evaluar estos proyectos, a diferencia de otros países de Latinoamérica, Cuba considera el desempeño positivo o no, del país inversionista en relación con sus obligaciones frente a la CMNUCC, particularidad que ningún otro país de la Región tiene dentro de sus considerandos para aprobación de proyectos de Mecanismo para un

¹² Cid Soto, J. y MsC. Pérez López, L. (2015). *Mecanismos jurídicos para afrontar el cambio climático. Consideraciones acerca de su regulación*. Trabajo de Diploma en opción al título Lic. en Derecho. Facultad de Derecho. Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas.

Desarrollo Limpio (MDL) y en donde la base de la evaluación es la contribución de las actividades de proyecto al desarrollo sostenible.

Hasta el momento no se ha tenido mucho éxito en atraer inversionistas para estos proyectos y la mayor parte de los mismos no han avanzado mucho. Si bien la implementación del MDL inició en una etapa relativamente tardía, ha avanzado rápidamente en aspectos tales como procedimiento, normativa y reglamentación, aunque se percibe la necesidad de optimizar los documentos regulatorios que permitan una mayor claridad, transparencia y eficiencia en el procedimiento de evaluación y aprobación nacional de proyectos. Este procedimiento es complejo y poco claro en los objetivos y criterios de cada etapa de la evaluación.

5.2.3. Legislación mexicana¹³

Consideramos que este país, a la sazón, es el más avanzado en materia legislativa. Es también el que, a través de una Evaluación estratégica, ha revisado el avance subnacional de la Política Nacional de Cambio Climático.

México firma la CMNUCC en 1992 y ese mismo año es aprobada unánimemente por la Cámara de Senadores del Honorable Congreso de la Unión. La Convención fue ratificada ante la ONU en 1993 y entró en vigor el 21 de marzo de 1994. El Protocolo de Kyoto se adoptó en 1995; y el 14 de septiembre de 2016 la Cámara de Senadores aprobó el Acuerdo de París.

En junio de 2012, se sancionó en México la Ley General de Cambio Climático, luego modificada en 2018. Esta ley busca garantizar el derecho a un medio ambiente sano y establecer la concurrencia de facultades de la federación, las entidades federativas y los municipios en la elaboración y aplicación de políticas públicas para la adaptación al CC y la mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero (GYCEI); regular las emisiones de GYCEI para lograr la estabilización de sus concentraciones en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático; regular las acciones para la mitigación y adaptación al CC; reducir la

¹³ La normativa citada ha sido consultada en el sitio web del Gobierno de México. <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/contexto-internacional-17057>

vulnerabilidad de la población y los ecosistemas del país frente a los efectos adversos del CC, así como crear capacidades nacionales de respuesta al fenómeno; fomentar la educación, investigación, desarrollo y transferencia de tecnología e innovación y difusión en materia de adaptación y mitigación al CC; establecer las bases para la concertación con la sociedad, y promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable y de bajas emisiones de carbono.

Además, la Ley crea el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático como un organismo público descentralizado de la administración pública federal, con personalidad jurídica, patrimonio propio y autonomía de gestión, sectorizado en la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Asimismo, norma la Política Nacional el Sistema Nacional, la Comisión Intersectorial y el Consejo de CC. De igual manera define como instrumentos de planeación la Estrategia Nacional de CC, el Programa de CC y un Sistema de Información sobre el CC. Finalmente, crea el Fondo para el CC para apoyar la implementación de acciones para enfrentar el CC.

5.2.3.1. *Instrumentos de política pública en materia de CC por entidad federativa*¹⁴

En lo referido a ciencia y tecnología, entre las funciones otorgadas por esta normativa a los distintos órganos que componen el Sistema Nacional de Cambio Climático, en varios artículos se determina que los distintos niveles (federación, entidades federativas y municipales) deben fomentar la educación, la investigación, el desarrollo y la transferencia de tecnología e innovación y difusión (arts. 2, 7, 8,9).

El art. 13 determina la creación del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, cuyos objetivos son, entre otros: I. Coordinar y realizar estudios y proyectos de investigación científica o tecnológica con instituciones académicas, de investigación, públicas o privadas, nacionales o extranjeras en materia de CC, protección al ambiente y preservación y restauración del equilibrio ecológico; II. Brindar apoyo técnico y científico a la secretaría para formular, conducir y evaluar

¹⁴ <https://cambioclimatico.gob.mx/instrumentos-de-politica-publica-en-materia-de-cambio-climatico-por-entidad-federativa/>.

la política nacional en materia de equilibrio ecológico y protección del medio ambiente; III. Promover y difundir criterios, metodologías y tecnologías para la conservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales;

El art. 31, al referirse a la política nacional de Mitigación, establece que la misma, a la hora de diseñar los planes, programas, acciones, instrumentos económicos, deberá tomar como referencia, entre otros, a los escenarios y líneas de base que se establezcan en los instrumentos previstos en esta Ley, considerando las contribuciones determinadas nacionales (NCD) en cumplimiento de los objetivos del Acuerdo de París, el acceso a recursos financieros, la transferencia de tecnología y el desarrollo de capacidades. También entre los objetivos que debe tener la política pública para la mitigación, el art. 33 dispone la obligación de promover, entre otras cosas, la transferencia de tecnología.

Por otra parte, el art. 34 prevé que las Entidades federativas y los Municipios promoverán, entre otros objetivos, Fomentar prácticas de eficiencia energética y promover el uso de fuentes renovables de energía; así como la transferencia de tecnología de bajas en emisiones de carbono, de conformidad con la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía y la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento para la Transición Energética.

5.2.3.2. *Avance de la Política de Cambio Climático - Evaluación estratégica*¹⁵

En febrero de 2019, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático de México (INECC), de acuerdo al reglamento que lo regula, emitió un documento de Evaluación Estratégica del Avance subnacional de la Política Nacional de Cambio Climático (PNCC), realizado de acuerdo al Programa Anual de Evaluación (PAE). Sólo concentró la atención en 6 entidades federativas y 3 municipios por cada una de esas entidades. La selección se realizó considerando los siguientes indicadores: regiones del país, población, emisiones de CO₂ y

¹⁵ <https://cambioclimatico.gob.mx/evaluacion-estrategica-del-avance-subnacional-de-la-politica-nacional-de-cambio-climatico/>.

actividades económicas. Para los municipios, se incluyó un municipio urbano, un peri-urbano y uno rural. En líneas generales, reconoció:

- Hay avances respecto de la información pública gubernamental disponible para hacer frente al CC.
- Se ha construido una Plataforma federal para atender el fenómeno del CC pero no se ejercen las funciones, ni se da seguimiento a las acciones de mitigación y adaptación.
- En materia de energía: No hay planeamiento adecuado, aun no es posible conocer las emisiones de las fuentes del sector de generación de energía eléctrica, y hay oportunidades desaprovechadas por los municipios para generar energía limpia, que son impostergables. El transporte es la principal fuente de emisión de GYCEY. El gobierno federal, estadual y municipal está obligado a promover el transporte sustentable, pero la relación entre estos niveles y el sector de CC es inexistente.
- No hay casi relación entre los programas de calidad de aire y la PNCC.
- La información sobre la generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) en México no es confiable.
- En adaptación no hay un lenguaje uniforme, en cuanto a vulnerabilidad, resiliencia y enfoques para la adaptación.
- No hay evidencia que el incremento de los riesgos y daños que puede causar el CC, estén plenamente entendidos por las comunidades más vulnerables ni por las autoridades responsables
- La creación y fomento del desarrollo de capacidades en los Estados y municipios, para hacer frente al CC, es una necesidad urgente para disminuir la vulnerabilidad y para generar acciones en sectores claves para reducir emisiones de GYCEY.

Asimismo recomendó:

- Incluir la transversalidad del CC en la política de los sectores analizados, dado que las acciones de gobierno están lejos de conformar una política sistemática y consistente con los compromisos adquiridos por México.
- Acciones específicas referidas a cada sector y nivel analizados, para revertir las falencias que se detectaron.

- Legislación: Se identificó que, de las 32 entidades federativas, 3 no tienen una ley en materia de CC; se encontró que 6 han modificado sus leyes ambientales incluyendo al CC, mientras que 23 sí cuentan con leyes específicas en materia de CC.
- En cuanto a atribuciones municipales para hacer frente al CC, en las 23 leyes estatales de esa materia se desglosan facultades específicas para los municipios, incluyendo aquellas para llevar a cabo acciones de mitigación y de adaptación a través de programas municipales, así como para desarrollar inventarios de emisiones de GYCEI.
- De 32 entidades federales, se relevó que 25 de ellas cuentan con programa estatal de CC, y que 29 cuentan con inventario estatal de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero (GYCEI).
- Para las 32 entidades federativas hay información en el Atlas Nacional de Riesgos disponible en línea. Además, 17 Estados tienen en sus sitios electrónicos Programas Estatales de Riesgos y/o de peligros relacionados con fenómenos naturales¹⁶.
- No es posible conocer las emisiones de las fuentes puntuales del sector de generación de energía eléctrica. Esto debido a que la información del Registro Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (RENE) no se encuentra públicamente disponible.
- La evaluación muestra que en la atención a la vulnerabilidad prevalece un enfoque derivado de la Ley General de Protección Civil (LGPC), reactivo a todo tipo de riesgos, mientras que la Ley General de Cambio Climático de México (LGCC) considera los riesgos actuales y futuros asociados al CC. Los 6 Estados seleccionados para esta evaluación cuentan con un Atlas de Riesgo público realizados bajo el enfoque de la LGPC antes mencionada. A pesar de ser un instrumento fundamental para la toma de decisiones, el Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático no está sustentado en la LGCC. Dicho

¹⁶ <https://www.gob.mx/inecc/acciones-yprogramas/atlas-nacional-de-vulnerabilidad-ante-el-cambio-climatico-anvcc-80137>.

documento conceptualiza la vulnerabilidad y el riesgo ante el CC con un enfoque distinto al establecido en la LGPC.

- La Federación debe elaborar escenarios de riesgo climático y emitir criterios para ser incorporados en los atlas de riesgos estatales y municipales conforme lo ordena la LGCC.
- En el orden federal, se recomienda a la Secretaría de Medio Ambiente y Rec. Naturales, actualizar la normatividad para incluir la gestión y aprovechamiento del CH₄ en los sitios de disposición de residuos, así como orientar recursos presupuestales específicos para la reducción de GYCEI e introducir tecnologías climáticamente relevantes para el procesamiento de RSU.
- Específicamente, en lo que concierne a la Ciencia y la Técnica, recomendó fortalecer una cultura climática a partir del conocimiento científico y el desarrollo de capacidades, en particular en las comunidades con mayor grado de vulnerabilidad. Además, se pide a las autoridades competentes, dar acompañamiento técnico a las autoridades municipales con mayores niveles de pobreza y vulnerabilidad, para que puedan hacer frente a los eventos hidrometeorológicos extremos con un enfoque preventivo.

5.2.4. Legislación Brasileña¹⁷

La Constitución Federal Brasileira (1988) establece que la unión federal está facultada para legislar concurrentemente sobre materias de bosques, conservación de la naturaleza, protección del medio ambiente y defensa del suelo y los recursos naturales (art. 24), competencia concurrente que se extiende al tema de CC, tanto para mitigación como para adaptación.

Basada en las facultades otorgadas por el art. 24 de la Constitución Brasileira (de 1988), en 1999 se creó la Comisión Interministerial del Cambio Global del Clima-CIMGC, la que luego fue sucedida por el Comité Interministerial sobre Cambio Climático-CIM (2007) y el Foro Brasileño sobre CC (año 2000).

¹⁷ Portal Regional para la Transferencia de Tecnología y la Acción frente al Cambio Climático en América Latina y el Caribe – REGATTA, por sus siglas en inglés.

Brasil comenzó a desarrollar políticas de CC a nivel nacional con el fin de elaborar un Plan Nacional sobre Cambio Climático, el cual identifica oportunidades de mitigación en los diferentes sectores económicos y también identifica impactos, mapeo de vulnerabilidades y posibilidades de adaptación. Finalizó en 2008.

En 2009 se adoptó la Política Nacional sobre CC y su reglamentación (Ley n° 12.187/2009 y Decreto Reglamentario n° 7390/2010), la cual incluye el compromiso voluntario de reducciones de las emisiones de gases invernaderos y directrices para incorporar la adaptación en todos los niveles de gobierno y la planificación para el desarrollo de una economía baja en carbono. También determina la necesidad de adoptar planes sectoriales de mitigación y adaptación.

Además, la Ley establece el compromiso nacional voluntario de reducción de emisiones del 36,1 al 38,9 por ciento, comparada con la evolución proyectada hasta 2020, y su decreto reglamentario pone un plazo para la adopción de planes sectoriales sobre mitigación y adaptación. Dentro de las directrices sobre adaptación, por ejemplo, se plantea la necesidad de promover la investigación científica y técnica para identificar vulnerabilidades y adoptar medidas de adaptación adecuadas.

Si bien el enfoque predominante en el marco legal brasileño se encuentra en el área de mitigación, el país está trabajando sobre la vulnerabilidad y la identificación de impactos, a través del Panel Brasileño sobre el Cambio Climático (P BMC), el cual tiene un grupo de trabajo que se enfoca en la determinación de impactos, mapeo de zonas de vulnerabilidad y adaptación. El desarrollo de modelado climático y del Plan de Gestión de Riesgo de Eventos Extremos, así como de acciones a nivel local, también son ejemplos de iniciativas en el área de adaptación al CC.

En el ámbito de varios Estados de la Federación se adoptaron también leyes relacionadas con el CC que, entre otros aspectos, incentivan la reducción de emisiones, estimulan la protección de bosques y promueven el desarrollo y la adopción de tecnologías energéticamente menos intensivas. Algunos Estados también han creado sus políticas locales, estableciendo normas para incentivar acciones de mitigación y adaptación (ej: Sao Paulo y Rio de Janeiro). Según una publicación del Instituto de Investigación de Economía Aplicada IPEA (2011), de

las 27 unidades de la Federación, diez ya habían creado sus políticas de CC y cinco tenían proyectos de ley, las cuales incorporan medidas de mitigación y acciones adaptativas ajustadas a las vulnerabilidades de cada región.

5.2.4.1. *Acuerdos Internacionales y acciones relacionadas*

Brasil ratificó la CMNUCC (1994) y el Protocolo de Kyoto (2002) así como la Convención sobre la Diversidad Biológica (CDB, 1994) y el Convenio de Naciones Unidas sobre el Combate a la Desertificación (UNCCD, 1997). Brasil ha presentado cinco informes nacionales al UNCCD. El quinto, presentado en 2012 informa sobre indicadores específicos referidos a la desertificación y el manejo de suelos. También ha presentado cuatro informes nacionales al CDB (el cuarto en 2010), y su estrategia nacional de biodiversidad en 2008. Dentro de la CMNUCC, Brasil presentó su segunda comunicación nacional. La comunicación nacional, en lo relativo a adaptación, enfatiza el desarrollo de mecanismos y modelos para llevar a cabo escenarios futuros, mapear la vulnerabilidad de diferentes sectores, e identificar cursos de acción posibles para enfrentarlos. Asimismo, basado en las metas adoptadas en el marco de la Política Nacional sobre Cambio Climático Brasil ha presentado ante la CMNUCC acciones nacionales apropiadas de mitigación (NAMAs) las cuales cuantifican las metas para lograr el compromiso voluntario de reducción de emisiones de este país, con esfuerzos en los sectores de reducción de la deforestación, restauración de pasturas naturales, sistemas silvopastoriles integrados, siembra directa, fijación biológica de nitrógeno, eficiencia energética, uso de biocombustibles, hidroelectricidad, fuentes de energía alternativas y uso de carbón vegetal de plantaciones (no bosque nativo).

5.2.4.2. *Marco institucional y mecanismos de coordinación*

Además de las autoridades y organismos determinados por Ley, que ejecutan la política nacional referida al CC, importa aquí destacar al PBMC, creado por los ministerios de Ciencia y Tecnología y de Medio Ambiente (Portaria Interministerial MCT/MMA n° 356, 2009). Se estableció siguiendo la estructura del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC). EL PBMC reúne y analiza la información científica

existente sobre el CC en Brasil y publica regularmente los resultados de sus evaluaciones. Otros organismos científicos que trabajan sobre vulnerabilidad y adaptación incluyen el Centro de Previsión del Tiempo y Estudios del Clima (CPTEC/INPE), vinculado al Ministerio de Ciencia y Tecnología, una de las principales instituciones encargadas de la investigación sobre el CC y la Rede Clima que reúne instituciones de investigación y enseñanza bajo la órbita del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

5.2.4.3. Aspectos internacionales - Fondo de Adaptación

Sólo se destaca aquí los fondos referidos a ciencia y tecnología, recibidos del Banco Interamericano de Desarrollo. Brasil tiene proyectos relacionados con la bioenergía, manejo presupuestario y fiscal para el CC, energía fotovoltaica, investigación y desarrollo en temas de CC y mecanismos de garantía para la eficiencia energética.

El presupuesto anual brasileño asigna recursos a los planes y fondos derivados de la legislación sobre CC. Existen, además, líneas presupuestarias específicas para la investigación y desarrollo de tecnologías para la adaptación de los agronegocios a los cambios globales, así como para implementar el plan de desarrollo de una agricultura de baja emisión de carbono, el cual incluye el fortalecimiento de la capacidad de adaptación y resiliencia de los sistemas agropecuarios. –

5.2.5. Legislación Argentina¹⁸

La República Argentina ha ratificado la principal normativa internacional vigente en materia de Cambio Climático. (CMNUCC, Protocolo de Kyoto, Acuerdo de París). En materia de ciencia y tecnología se observan avances en materia de generación de energías alternativas. De toda la legislación que se ha dictado, sólo se nombran las más relevantes:

- Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación en los Países Afectados por Sequía Grave o Desertifica-

¹⁸ Biblioteca del Congreso de la Nación (2019) *Dossier Legislativo 182 – Medio Ambiente y Cambio climático*. <https://bcn.gob.ar/uploads/Dossier-182-Medio-Ambiente-y-Cambio-Climatico.pdf>.

ción, en Particular en África. Adoptada en París, República Francesa, 17 junio 1994. Aprobada por Ley N° 24.701. Sancionada: 25 septiembre 1996. Promulgada de Hecho: 18 octubre 1996.

- Ley n° 24.271. Aprueba el Acuerdo para la Creación del Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global, suscripto en Montevideo, República Oriental del Uruguay, 13 mayo 1992. Sancionada: 3 noviembre 1993. Promulgada: 26 noviembre 1993.
- Ley n° 24.295, con el objeto de llevar a cabo acciones vinculadas con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, apoyando actividades a desarrollarse por medio de los mecanismos previstos a tal fin por el Protocolo de Kyoto. (Boletín Oficial de la República Argentina. Buenos Aires, 23 julio 1998, p. 2).
- Ley n° 25.019. Declara de interés nacional la generación de energía eléctrica de origen eólico y solar en todo el territorio nacional. Sancionada: 23 septiembre 1998. Promulgada Parcialmente: por Decreto n° 19 octubre 1998. (Boletín Oficial de la República Argentina. Buenos Aires, 26 octubre 1998, p. 1).
- Resolución n° 307, 21 abril 1999 (Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable). Aprueba el “Proyecto ARG/99/003/A/03/99 - Adopción de las Metas de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero para la República Argentina”, a llevarse a cabo en el marco del Convenio firmado entre la Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (Boletín Oficial de la República Argentina. Buenos Aires, 6 mayo 1999, p. 15).
- Decreto n° 2.213, 4 noviembre 2002. Designa a la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable como autoridad de aplicación de la Ley N° 24.295 que aprueba la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
- Ley n° 26.093. Dispone el Régimen de Regulación y Promoción para la Producción y Uso Sustentables de Biocombustibles. Sancionada: 19 abril 2006.
- Ley n° 26.123. Declara de interés nacional el desarrollo de la tecnología, la producción, el uso y aplicaciones del hidrógeno como combustible y vector de energía. Sancionada: 2 agosto 2006.

- Ley n° 26.190. Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica. Sancionada: 6 diciembre 2006.
- Ley n° 26.334. Aprueba el Régimen de Promoción de la Producción de Bioetanol. Sancionada: 4 diciembre 2007.
- Ley n° 26.473. Prohíbe la importación y comercialización de lámparas incandescentes de uso residencial general en todo el territorio de la República Argentina. Sancionada: 17 diciembre 2008.
- Ley N° 27.191: Energías Renovables
- Decreto n° 531, 30 marzo 2016. Reglamenta el Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica -Leyes N° 26.190 y 27.191-. (Boletín Oficial de la República Argentina. Buenos Aires, 31 marzo 2016, p. 2).
- Decreto n° 1.247, 7 diciembre 2016. Aprueba el Modelo de Convenio de Financiamiento No Reembolsable para Inversión del Fondo para el Medio Ambiente Mundial para la ejecución del Proyecto “Eficiencia Energética y Energía Renovable en la Vivienda Social Argentina” con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (Boletín Oficial de la República Argentina. Buenos Aires, 12 diciembre 2016, p.
- Declaración de los Estados Partes y Estados Asociados del Mercosur sobre su Compromiso con el Acuerdo de París. Suscripta en la L Reunión Ordinaria del Consejo del Mercado Común, en Mendoza, Argentina, 21 julio 2017.
- Ley n° 27.424. Establece el Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable Integrada a la Red Eléctrica Pública. Sancionada: 30 noviembre 2017.
- Ley n° 27.520. Ley de Presupuestos Mínimos de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático Global.

6. El Movimiento por la Justicia Climática

El término Justicia Climática es utilizado básicamente en dos sentidos. El primero se relaciona con la perspectiva del CC como un asunto ético y político. Este posicionamiento explora los vínculos entre los

efectos del CC y la justicia social, los derechos humanos y el derecho al desarrollo.

En un sentido más restringido se lo utiliza también como sinónimo de Litigio Climático, entendido como aquellos casos que han sido llevados ante instancias administrativas, judiciales o investigativas, que presentan cuestiones de hecho o de derecho de aspectos científicos del CC o esfuerzos de mitigación y adaptación al CC¹⁹ ²⁰.

Las posibilidades de este tipo de litigios están mejorando por dos razones. En primer lugar, una mayor cantidad de gobiernos han contraído compromisos específicos sobre acción climática, lo que permite que se les exija el cumplimiento de estos objetivos. En segundo lugar, la ciencia del clima está mejorando, lo que implica que es más fácil atribuir daños específicos (por ejemplo, eventos climáticos extremos) al CC, reafirmando así los argumentos de responsabilidad.

Por otro lado, la Justicia Climática, como una rama de la Justicia Ambiental, posee dos dimensiones en cuanto a su alcance temporal: la equidad intergeneracional, es decir, la justicia entre generaciones, bajo el principio de desarrollo sustentable o sostenible, el cual exige que “las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras”, contenido por ejemplo, en el art. 41 de la Constitución Nacional argentina. La segunda dimensión es la equidad intrageneracional, entre coetáneos. La justicia intergeneracional nos exige un uso responsable y equitativo de los bienes ambientales.

Existen distintas circunstancias ambientales, diplomáticas y políticas que hacen que los esfuerzos de Justicia Climática sean cada vez más relevantes, como los que se señalan:

- Impactos tales como olas de calor y destructivas tormentas costeras están creciendo en frecuencia y severidad como resultado de las emisiones ocasionadas por los seres humanos. Los costos

¹⁹ Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2017). *El estado del litigio en materia de cambio climático - una revisión global* ISBN No.: 978-92-807-3656-4, p. 10.

²⁰ La mayoría de los litigios en materia de cambio climático se presenta en los países desarrollados del hemisferio norte, y en Australia y Nueva Zelanda. Sin embargo, ya hay casos en el Hemisferio Sur (Sudáfrica, Nigeria y Colombia).

de estos impactos son significativos para los gobiernos, los actores privados y las comunidades que tienen que enfrentarlos.

- Los legisladores en los planos nacional e internacional han luchado por desarrollar medios efectivos para enfrentar las causas subyacentes y los efectos del CC. Políticas para la mitigación y adaptación al CC han aparecido lentamente, y, con frecuencia, han establecido metas con base en factibilidades políticas y no con base en el consenso de una comprensión científica de lo que se requiere para estabilizar el clima a un nivel aceptable.
- Legisladores en los ámbitos nacional e internacional han creado ciertos marcos jurídicos para responder eficazmente ante el CC. Muchas naciones cuentan con legislación o políticas para enfrentar aspectos relativos al problema climático, mientras que el Acuerdo de París establece un catálogo de compromisos nacionales con el objetivo de evitar que el calentamiento global promedio supere 1.5 °C y 2 °C. Los litigantes han comenzado a recurrir a esta codificación al argumentar la suficiencia o insuficiencia de los esfuerzos realizados por los gobiernos nacionales para proteger los derechos individuales frente al CC y sus impactos.

El fracaso en mitigar el CC y evitar sus peores impactos negativos, dañaría desproporcionadamente a los que son más vulnerables a los cambios en las pautas pluviométricas o los niveles del mar. Los pobres son los más vulnerables al CC y su contribución per cápita a las emisiones de gases de invernadero es relativamente pequeña. Por otra parte, las generaciones futuras todavía no han contribuido al CC pero se prevé que sufran sus efectos: su protección puede considerarse un imperativo de equidad.

Así pues, la mitigación del CC puede verse como un problema de reparto de recursos en el que las emisiones nacionales están sujetas a los principios de justicia distributiva (Caney, 2005; Vanderheiden, 2008). Con el CC, el recurso que debe compartirse entre los Estados, y en el interior de los mismos, es la capacidad de absorber emisiones, en otras palabras la capacidad de la Tierra de absorber las emisiones de GEI de modo que no se acumulen en la atmósfera y afecten al clima. Esto también determinaría el nivel más allá del cual nuevas emisiones tendrían un impacto nocivo en el clima. Gran parte de esta capacidad se encuentra dentro de las fronteras nacionales en forma

de sumideros de carbono (como los bosques), que pueden mejorarse o complementarse con tecnologías de secuestro artificial. Sin embargo, estos son recursos compartidos en la medida en que los sumideros de carbono absorben los GEI independientemente de su origen. La fijación del tope o nivel máximo nacional de las emisiones puede verse como una forma de asignación de partes del recurso, inspirada en principios de justicia²¹.

6.1. Dos “*leading case*”

El litigio climático busca redistribuir los costos sociales del CC, responsabilizando a los actores corporativos y a los gobiernos o protegiendo a comunidades que son vulnerables. La mayoría se basan en derechos constitucionales, como el derecho a la vida y, en algunas jurisdicciones, el derecho a un ambiente sano. También se apoyan en la responsabilidad civil extracontractual y el deber de diligencia, la falta de regulación o la omisión en el cumplimiento de leyes y regulaciones ambientales.

A continuación analizaremos los dos últimos litigios climáticos más relevantes para el movimiento de Justicia Climática.

6.1.1. El caso Urgenda

El 24 de junio de 2015 la Fundación Urgenda, una organización ambientalista holandesa, junto a 900 ciudadanos demandaron al gobierno de los Países Bajos alegando que la revisión que recientemente había hecho de las metas de reducción de emisiones de GEI implicaba una violación a su deber emanado de la constitución de velar por la ciudadanía. La Corte en La Haya, concordando con los demandantes, ordenó que para 2020 el Estado holandés limitara emisiones de GEI a 25% por debajo de los niveles de 1990, encontrando que el compromiso declarado del gobierno para reducir emisiones en 17% era insuficiente para satisfacer la justa contribución del Estado para alcanzar la meta, codificada en el Acuerdo de París, de mantener el incremento de la temperatura mundial en 2 °C con respecto a las condiciones previas

²¹ CICS/UNESCO (2015). *Informe mundial sobre ciencias sociales 2013. Cambios ambientales globales*. UNESCO, París.

a la Revolución Industrial. La Corte concluyó que el Estado tenía el deber de tomar medidas para mitigar el CC debido a la “severidad de las consecuencias del CC y el gran riesgo de ocurrencia del CC”. Los principios invocados fueron: el principio de “no causar daño” del derecho internacional; la doctrina de “negligencia peligrosa” (hazardous negligence); el principio de equidad, el principio precautorio y el principio de sustentabilidad consagrados en el CMNUCC, y el principio de un nivel de protección alto, el principio precautorio y el principio de prevención consagrados en la política climática europea²².

Los hechos planteados en la demanda se basaron en abundante evidencia científica proveniente de organismos científicos con experiencia en la materia: el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), la Agencia de Ambiente de Holanda, el Ministerio de Salud de Holanda, la Universidad de Estocolmo (Svante Artenius), el Observatorio de Mauna Loa (Charles Keeling), la Universidad de San Diego (Roger Revelle), el Programa de Naciones Unidas para el Ambiente (UNEP), la Organización Meteorológica Mundial (WMO), la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), la Comisión de la Unión Europea, entre otros.

6.1.2. El Caso de la Amazonia Colombiana

En 2017, 25 niños, niñas y jóvenes demandaron al Estado colombiano procurando frenar el aumento de la tasa de deforestación de Colombia, que significó la pérdida de 178.597 hectáreas de bosque. La Contribución Nacional Determinada de Colombia comprometió una reducción del 20% de las emisiones proyectadas para el año 2030, lo cual incluye la disminución de la tasa neta de deforestación a cero en la Amazonia Colombiana al año 2020. De acuerdo a la ley nacional de Colombia 1753 de 2015, el gobierno está obligado a reducir la tasa anual de deforestación del país. Los actores argumentaron que la omisión de Colombia de adoptar medidas eficientes para alcanzar el objetivo de la deforestación neta cero ha afectado y afectará sus derechos individuales y colectivos.

²² Urgenda Foundation v. Kingdom of the Netherlands, [2015] HAZA C/09/00456689, apelación presentada.

La Corte Suprema sostuvo que “el derecho fundamental a la vida, la salud, las necesidades básicas, la libertad y la dignidad humana está vinculado y determinado significativamente por el ambiente y el ecosistema”.

Luego de determinar que el caso era admisible, la Corte analizó la Constitución de Colombia de 1991 y concluyó que sus conceptos, junto con la jurisprudencia previa, el derecho internacional y las investigaciones académicas, elevaban al medio ambiente saludable al nivel de un derecho fundamental. Respecto de la deforestación de la región amazónica, la Corte determinó que el gobierno no había abordado efectivamente el problema a pesar de sus obligaciones. Por ello, ordenó a las autoridades competentes (con la participación de los actores, las comunidades afectadas y el público general) formular una serie de planes de acción, incluyendo un pacto intergeneracional, para combatir la deforestación, las emisiones de GEI y el CC respecto de la Amazonia colombiana.

Sin embargo, encontramos que el sector forestal es el que más GEI genera en el país (36% del total) debido, principalmente, a la deforestación. Esto mostraba que sería muy difícil que Colombia pudiera reducir las emisiones si no controlaba su principal fuente emisora.

6.2. La Justicia Climática y los derechos de los trabajadores

Según datos de 2009 de la Confederación Sindical Internacional (CSI) y la Fundación Sustainlabour, la participación sindical en el proceso de la CMNUCC aumentó gradualmente de 9 representantes sindicales en el año 2001, hasta llegar a 400 en 2008. En un principio, las organizaciones más activas en dicho foro, bajo el paraguas de la CSI, eran mayoritariamente de los países desarrollados. En los últimos años se ha incrementado la participación de los representantes sindicalistas de los países en desarrollo, frente a la evidencia de las consecuencias del CC y la necesidad de implementar medidas y estrategias de adaptación en sus países.

La CSI y la Comisión Sindical consultiva ante la organización para la cooperación y el desarrollo económico (OCDE) participaron desde un inicio en las negociaciones sobre la implementación del Protocolo de Kyoto y defendieron ante la comunidad internacional la necesidad

de incluir la perspectiva de los trabajadores para alcanzar un consenso mundial sobre el combate al CC.

Las COP de Nairobi (COP12), Bali (COP13) y Poznan (COP14), fueron claves para confirmar la visión sindical sobre el CC, e incorporar en la discusión a un importante número de organizaciones sindicales del Sur. Este diálogo se convirtió en una oportunidad para clarificar la dirección de los próximos pasos del movimiento sindical internacional en el proceso. Otro logro importante del movimiento sindical es haber sido reconocido como grupo oficial de la CMNUCC durante la COP 14 realizada en Poznan, 2008.

El nivel de compromiso y participación creciente del movimiento sindical permitió llegar a la COP 15 de Copenhague con una posición unificada y la demanda de un conjunto básico de políticas relevantes que fue defendida con fuerza y de manera coordinada a nivel internacional y en los respectivos países. Sin embargo, no debe pasarse por alto la dificultad de alcanzar una posición común, o una perspectiva compartida por todos, de cara a su implementación.

La heterogeneidad del movimiento sindical mundial, que representa a sindicatos y trabajadores de distintos sectores económicos, que provienen de países con diferentes contextos y antecedentes sociales, históricos, culturales, económicos y políticos, marca la complejidad de un proceso que pretende alcanzar pactos alrededor de posiciones compartidas en un tema de alcance mundial. Al mismo tiempo, esta heterogeneidad aporta fortaleza. La posibilidad de llegar a un acuerdo, partiendo de posiciones y contextos muy diferentes, es un mensaje esencial y único que el movimiento sindical aporta al ámbito internacional: es posible llegar a acuerdos de gran envergadura tomando como base los principios de responsabilidad, equidad y solidaridad.

6.2.1. El movimiento sindical internacional en Copenhague

La Declaración de la Confederación Sindical Internacional — CSI— a la COP 15, titulada “Los sindicatos y el CC. Equidad, justicia y solidaridad en la lucha contra el CC”, sintetiza la posición del movimiento sindical internacional respecto de las negociaciones de CC.

Sumándose a la demanda general de la sociedad civil mundial por un acuerdo “ambicioso, justo y vinculante”, los sindicatos centraron

su estrategia en la inclusión del concepto de “Transición Justa” dentro del texto de la negociación, con numerosas acciones a nivel nacional e internacional para conseguir el apoyo de gobiernos y otros grupos sociales.

Desde la perspectiva sindical, una transición justa sería aquella que garantice que la transformación hacia una economía baja en generación de carbono se dé con un proceso inclusivo en el que no sean los trabajadores y trabajadoras quienes paguen los costos de la transición. Ella está basada en los siguientes principios:

- **Diálogo social:** el diálogo y la participación de los actores sociales relevantes, desde la etapa del diseño hasta la implementación, es fundamental para el éxito de las políticas de CC. La CSI plantea en su Declaración a la COP 15 que “...los gobiernos deben institucionalizar redes formales de consulta para el intercambio de información y el diálogo con los trabajadores/as que resultarán más afectados...”. Este tipo de espacios ayudará a comprender las preocupaciones de los distintos actores sociales y permitirá construir alternativas consensuadas, disminuyendo el riesgo de conflicto.
- **Investigación y anticipación:** es necesario profundizar el estudio de los impactos de las políticas de CC en el mundo laboral, a nivel nacional, regional y sectorial. Este análisis debe ser realizado de manera sistemática y previamente a la implementación de dichas políticas, puesto que permitirá anticiparse a las posibles consecuencias, verificar la adecuación de las medidas, rediseñarlas y mejorarlas si fuera el caso.
- **Protección:** se debe promover el desarrollo de programas de formación y recalcificación profesional para una economía baja en generación de carbono, mediante la utilización eficiente de los recursos, incluyendo la protección de los trabajadores que se vean afectados por los cambios, a través de políticas activas de formación, empleo y seguridad laboral, así como la implementación de planes para el mantenimiento de los ingresos, servicios de colocación, entre otros.

Además, los principales puntos defendidos en la COP 15 por los sindicatos fueron:

- **Mitigación:** en su Declaración, el movimiento sindical demanda a las partes de la CMNUCC la implementación de “acciones

de mitigación ambiciosas, compartidas y distribuidas de manera equitativa entre países y dentro de cada país (...) en base a las diferentes responsabilidades y a las respectivas capacidades”. La CSI postula que los niveles de reducción de emisiones por parte de los países industrializados deben ser acordes con el escenario propuesto por el IPCC, es decir, tomando como referencia a los niveles de 1990, una reducción del 85% para el 2050, y del 25%-40% para el 2020.

- **Financiamiento para la adaptación:** en consonancia con las estimaciones del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Oxfam y la propia Convención, en su Declaración los sindicatos demandan la movilización de “al menos 200.000 millones de euros (de fondos públicos) para la planificación y aplicación de medidas de adaptación en los países en desarrollo”, entre el 2013 y el 2017. Estos recursos, además de ser adicionales a los Fondos de Ayuda Oficial al Desarrollo (AOD), deben ser previsibles y suficientes, y ser administrados democráticamente en el marco de la CMNUCC. No pueden transformarse en créditos o representar cualquier otro tipo de carga financiera para los países en desarrollo en el futuro. La fuente principal de estos fondos debe provenir de un sistema impositivo justo y progresivo.
- **Promoción de los empleos “verdes”,** incluyendo “inversiones industriales sostenibles a largo plazo, destinadas a retener y crear empleos decentes y medioambientalmente sostenibles, convertir en “verdes” los lugares de trabajo y desarrollar y hacer uso de nuevas tecnologías bajas en carbono”. Para ello, el movimiento sindical propone estrategias ambiciosas de negociación colectiva a nivel nacional e internacional, reconociendo al tripartismo como modelo válido de diálogo y construcción de consensos entre trabajadores/as, gobiernos y empresas privadas.

7. La transferencia de tecnología en los tratados internacionales de cambio climático

El desarrollo y la transferencia de tecnologías para apoyar la acción nacional y sub nacional sobre el CC ha sido un elemento esencial desde el inicio del proceso de la CMNUCC.

En 1992 el Convenio, incluía disposiciones específicas sobre tecnología en el texto original, como muestra la Tabla 1.

Tabla 1
Disposiciones específicas sobre CC y Tecnología en el CMNUCC

CMNUCC	<p>Artículo 4. COMPROMISOS. 1. Todas las Partes, teniendo en cuenta sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y el carácter específico de sus prioridades nacionales y regionales de desarrollo, de sus objetivos y de sus circunstancias, deberán: c) Promover y apoyar con su cooperación el desarrollo, la aplicación y la difusión, incluida la transferencia, de tecnologías, prácticas y procesos que controlen, reduzcan o prevengan las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal en todos los sectores pertinentes, entre ellos la energía, el transporte, la industria, la agricultura, la silvicultura y la gestión de desechos; g) Promover y apoyar con su cooperación la investigación científica, tecnológica, técnica, socioeconómica y de otra índole, la observación sistemática y el establecimiento de archivos de datos relativos al sistema climático, con el propósito de facilitar la comprensión de las causas, los efectos, la magnitud y la distribución cronológica del CC, y de las consecuencias económicas y sociales de las distintas estrategias de respuesta y de reducir o eliminar los elementos de incertidumbre que aún subsisten al respecto; h) Promover y apoyar con su cooperación el intercambio pleno, abierto y oportuno de la información pertinente de orden científico, tecnológico, técnico, socioeconómico y jurídico sobre el sistema climático y el CC, y sobre las consecuencias económicas y sociales de las distintas estrategias de respuesta;</p>
	<p>5. Las Partes que son países en desarrollo y las demás Partes desarrolladas que figuran en el anexo II tomarán todas las medidas posibles para promover, facilitar y financiar, según proceda, la transferencia de tecnologías y conocimientos prácticos ambientalmente sanos, o el acceso a ellos, a otras Partes, especialmente las Partes que son países en desarrollo, a fin de que puedan aplicar las disposiciones de la Convención. En este proceso, las Partes que son países desarrollados apoyarán el desarrollo y el mejoramiento de las capacidades y tecnologías endógenas de las Partes que son países en desarrollo. Otras Partes y organizaciones que estén en condiciones de hacerlo podrán también contribuir a facilitar la transferencia de dichas tecnologías</p>
	<p>Artículo 5. INVESTIGACION Y OBSERVACION SISTEMATICA. Al llevar a la práctica los compromisos a que se refiere el inciso g) del párrafo 1 del artículo 4 las Partes: a) Apoyarán y desarrollarán aún más, según proceda, los programas y redes u organizaciones internacionales e intergubernamentales, que tengan por objeto definir, realizar, evaluar o financiar actividades de investigación, recopilación de datos y observación sistemática, tomando en cuenta la necesidad de minimizar la duplicación de esfuerzos; b) Apoyarán los esfuerzos internacionales e intergubernamentales para reforzar la observación sistemática y la capacidad y los medios nacionales de investigación científica y técnica, particularmente en los países en desarrollo, y para promover el acceso a los datos obtenidos de zonas situadas fuera de la jurisdicción nacional, así como el intercambio y el análisis de esos datos; y c) Tomarán en cuenta las necesidades y preocupaciones particulares de los países en desarrollo y cooperarán con el fin de mejorar sus medios y capacidades endógenas para participar en los esfuerzos a que se hace referencia en los apartados a) y b).</p>

Desde 1997 hasta 2001, a partir de este trabajo inicial, los países intensificaron sus esfuerzos para participar en un proceso consultivo

sobre desarrollo y transferencia de tecnología climática. Se realizaron talleres regionales en Asia y el Pacífico, África y América Latina y el Caribe, explorando una amplia gama de temas relacionados con la tecnología climática a nivel nacional, regional e internacional²³.

Todos los tratados posteriores, como el de Kyoto y el Acuerdo de París, incluyeron referencias sobre el tema, como muestra la Tabla 2.

Tabla 2
Disposiciones específicas sobre CC y tecnología en
el Protocolo de Kyoto y Acuerdo de París

Protocolo de Kyoto	<p>Artículo 10. Todas las Partes, teniendo en cuenta sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y las prioridades, objetivos y circunstancias concretos de su desarrollo nacional y regional, sin introducir ningún nuevo compromiso para las Partes no incluidas en el anexo I:</p> <p>c) Cooperarán en la promoción de modalidades eficaces para el desarrollo, la aplicación y la difusión de tecnologías, conocimientos especializados, prácticas y procesos ecológicamente racionales en lo relativo al CC, y adoptarán todas las medidas viables para promover, facilitar y financiar, según corresponda, la transferencia de esos recursos o el acceso a ellos, en particular en beneficio de los países en desarrollo, incluidas la formulación de políticas y programas para la transferencia efectiva de tecnologías ecológicamente racionales que sean de propiedad pública o de dominio público y la creación en el sector privado de un clima propicio que permita promover la transferencia de tecnologías ecológicamente racionales y el acceso a éstas;</p> <p>d) Cooperarán en investigaciones científicas y técnicas y promoverán el mantenimiento y el desarrollo de procedimientos de observación sistemática y la creación de archivos de datos para reducir las incertidumbres relacionadas con el sistema climático, las repercusiones adversas del CC y las consecuencias económicas y sociales de las diversas estrategias de respuesta, y promoverán el desarrollo y el fortalecimiento de la capacidad y de los medios nacionales para participar en actividades, programas y redes internacionales e intergubernamentales de investigación y observación sistemática, teniendo en cuenta lo dispuesto en el artículo 5 de la Convención;</p> <p>Artículo 11. 2. las Partes que son países desarrollados y las demás Partes desarrolladas incluidas en el anexo II de la Convención: b) Facilitarán también los recursos financieros, entre ellos recursos para la transferencia de tecnología, que necesiten las Partes que son países en desarrollo para sufragar la totalidad de los gastos adicionales convenidos que entrañe el llevar adelante el cumplimiento de los compromisos ya enunciados en el párrafo 1 del artículo 4 de la Convención y previstos en el artículo 10 y que se acuerden entre una Parte que es país en desarrollo y la entidad o las entidades internacionales a que se refiere el artículo 11 de la Convención, de conformidad con ese artículo.</p>
--------------------	--

²³ UN. *Technology and the UNFCCC Building the foundation for sustainable development*. 2015. P. 4. http://unfccc.int/ttclear/misc_/StaticFiles/gnwoerk_static/NAD_EBG/54b3b39e25b84f96aeada52180215ade/b8ce50e79b574690886602169f4f479b.pdf

Acuerdo de París	Artículo 5. INVESTIGACION Y OBSERVACION SISTEMATICA. Al llevar a la práctica los compromisos a que se refiere el inciso g) del párrafo 1 del artículo 4 las Partes: a) Apoyarán y desarrollarán aún más, según proceda, los programas y redes u organizaciones internacionales e intergubernamentales, que tengan por objeto definir, realizar, evaluar o financiar actividades de investigación, recopilación de datos y observación sistemática, tomando en cuenta la necesidad de minimizar la duplicación de esfuerzos; b) Apoyarán los esfuerzos internacionales e intergubernamentales para reforzar la observación sistemática y la capacidad y los medios nacionales de investigación científica y técnica, particularmente en los países en desarrollo, y para promover el acceso a los datos obtenidos de zonas situadas fuera de la jurisdicción nacional, así como el intercambio y el análisis de esos datos; y c) Tomarán en cuenta las necesidades y preocupaciones particulares de los países en desarrollo y cooperarán con el fin de mejorar sus medios y capacidades endógenas para participar en los esfuerzos a que se hace referencia en los apartados a) y b).
------------------	---

Desde el 13° período de sesiones de la Conferencia de las Partes de la CMNUCC que se celebró en Bali en diciembre de 2007, muchos países en desarrollo y grupos integrados por estos, han presentado propuestas sobre el desarrollo y la transferencia de tecnología en las rondas de negociaciones de la CMNUCC. La más importante es la que presentó el Grupo de los 77 y China en septiembre de 2008. El punto principal de esta propuesta, era establecer un nuevo mecanismo de tecnología en virtud de la CMNUCC para acelerar el desarrollo y la transferencia y respaldar la aplicación efectiva de las disposiciones de la CMNUCC relativas a la tecnología y el financiamiento.

La propuesta establece los motivos, los criterios y las disposiciones institucionales para instaurar un nuevo mecanismo de tecnología que incluya un nuevo Órgano ejecutivo de tecnología, un fondo multilateral para las tecnologías del clima, un plan de acción sobre tecnología y actividades con derecho a recibir financiación. Los obstáculos a la transferencia también impiden la adopción de la tecnología por parte de los países en desarrollo. Por lo tanto, se debe garantizar urgentemente el acceso a estas tecnologías estableciendo un equilibrio entre las recompensas a los innovadores y el bien común de la humanidad. Algunas formas de lograrlo son los mecanismos de desarrollo conjunto de tecnologías y los sistemas de intercambio de derechos de propiedad intelectual²⁴.

²⁴ Khor, Martin (2012). *¿Qué relación hay entre el cambio climático, la transferencia de tecnología y los derechos de propiedad intelectual y cuál es el estado actual de las negociaciones al respecto?* Documento de Investigación N° 45. Editado

En 2007, los países agregaron cuatro subtemas al tema de los mecanismos: financiamiento innovador; cooperación internacional; desarrollo endógeno de tecnologías; e investigación colaborativa y desarrollo.

En diciembre de 2010, en Cancún, el GTE-CLP de la CMNUCC decidió establecer un Mecanismo Tecnológico (conocido oficialmente como el Marco de Acciones para mejorar la aplicación del artículo 4, párrafo 5, del Convenio) bajo la supervisión de la Conferencia de las Partes que tendría dos componentes: a) un Comité Ejecutivo de Tecnología (CET)²⁵; y b) un Centro y Red de Tecnología del Clima (CRTC).

La decisión de la Conferencia de las Partes también determinó que el CET siguiera poniendo en práctica el marco para la adopción de medidas significativas y eficaces con el fin de promover la aplicación del párrafo 5 del artículo 4 de la Convención (que aborda la transferencia de tecnología y el desarrollo de capacidad y tecnologías endógenas en los países en desarrollo). Las esferas prioritarias que se podrían examinar en el marco de la Convención podrían incluir:

- el desarrollo y el fortalecimiento de la capacidad y las tecnologías endógenas de las Partes que son países en desarrollo;
- el despliegue y la difusión de tecnologías ecológicamente racionales y conocimientos especializados;
- el aumento de la inversión pública y privada en el sector de la tecnología;
- el despliegue de tecnologías materiales e inmateriales para la aplicación de medidas de adaptación y mitigación;
- el mejoramiento de los sistemas de observación del CC y la gestión de la información correspondiente;
- el fortalecimiento de los sistemas de innovación nacionales y los centros de innovación tecnológica; y

por El Centro del Sur, año 2012. P. 36. https://www.southcentre.int/wp-content/uploads/2013/08/RP-45_Climate-Change-Technology-and-IP_ES.pdf.

²⁵ Cada año, el Comité Ejecutivo de Tecnología desarrolla mensajes clave y recomendaciones sobre políticas de tecnología climática, destinados a los formuladores de políticas y estrategias nacionales de acción climática.

- la elaboración y ejecución de planes nacionales de tecnología para la mitigación y la adaptación.

Por su parte, el CRTC tiene como objetivo brindar asistencia rápida y de corta duración que permita conectar proyectos pequeños a proyectos de mayor alcance. La asistencia se centra en todas las etapas del ciclo de la tecnología, no solo en la implementación. El CTCN ofrece tres servicios:

1. Asistencia técnica. Es un proceso rápido y corto para los países. Es necesario apoyar al punto focal de cada uno de los países en la preparación de proyectos de índole técnica. Se pueden generar propuestas de hasta US\$250,000, las cuales pueden ser vinculadas a entidades académicas, públicas o privadas a nivel local, nacional o regional
2. Intercambio de conocimientos. Este se realiza por medio de un portal de tecnología del clima. Se organizan seminarios virtuales (webinars) sobre diferentes temas y foros regionales para actualizar a los países y fortalecer el intercambio de información.
3. Colaboración y creación de redes. El CTCN es una plataforma que ayuda a movilizar experiencia técnica de la academia, la sociedad civil, las instituciones financieras y el sector privado para ofrecer soluciones de tecnología, desarrollo de capacidades y asesoramiento sobre la implementación en los países de desarrollo.

El trabajo en la financiación de la tecnología también llevó a la creación en 2008 del Programa Estratégico Poznan del Fondo para el Medio Ambiente Mundial sobre transferencia de tecnología. El programa tiene tres componentes:

- Evaluación de necesidades tecnológicas.
- Pilotaje de proyectos tecnológicos prioritarios vinculados a las evaluaciones de las necesidades de tecnología (Technology Need Assessment-TNA's)²⁶.

²⁶ Un Evaluación de Necesidades Tecnológicas es una actividad impulsada por el país para ayudar a identificar y analizando las necesidades tecnológicas prioritarias para mitigar y adaptarse al cambio climático, particularmente en países en vías de desarrollo. Este análisis puede conformar la base para desarrollar

- Difusión de la experiencia del GEF (Fondo Global para el Medio Ambiente) y tecnologías exitosas y ambientalmente demostradas.

De acuerdo al último Reporte del GEF a la COP 2017 de Bonn²⁷, en la región se financiaron proyectos para generación de energía a partir de fuentes renovables, en Jamaica, Brasil, México, Colombia y Chile.

7.1. *El Acuerdo de París*

Acordado por los países en París en 2015, el Acuerdo establece el escenario para el desarrollo y la transferencia de tecnología climática que se necesita con urgencia. En particular, los países anclaron el Mecanismo de Tecnología dentro del Acuerdo de París y decidieron que sería un elemento clave en la implementación del mismo. También fortalecieron el Mecanismo solicitando trabajo adicional en investigación, desarrollo y demostración de tecnología, así como capacidades y tecnologías endógenas. Además, el Acuerdo de París estableció un marco de tecnología para proporcionar orientación general al Mecanismo de Tecnología.

El Acuerdo de París define una visión a largo plazo sobre la tecnología climática. De acuerdo al artículo 10, apartado 1, “Las Partes comparten una visión a largo plazo sobre la importancia de realizar plenamente el desarrollo y la transferencia de tecnología con el fin de mejorar la resistencia al CC y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero”.

En términos de desarrollo y transferencia de tecnologías, el Artículo 10.4 establece un nuevo marco tecnológico que impartirá orientación general al Mecanismo Tecnológico en su labor de promover y facilitar el fortalecimiento del desarrollo y la transferencia de tecnología a fin de respaldar la aplicación del Acuerdo. Ese Mecanismo estará también ahora al servicio del Acuerdo de París. Ese marco debería facilitar, también, la realización y actualización de evaluaciones de

carteras de proyectos y programas de EST que facilitarán la transferencia de tecnologías y know-how, de acuerdo con el artículo 4.5 de la Convención.

²⁷ UN. FCCC/CP/2017/7. *Report of the Global Environment Facility to the Conference of the Parties*. Pp. 100 y 101. <https://unfccc.int/resource/docs/2017/cop23/eng/07.pdf>.

las necesidades de tecnología en los países en desarrollo, y una mejor puesta en práctica de sus resultados, en particular los planes de acción tecnológica y las ideas de proyectos, mediante la preparación de proyectos financiables. Una cuestión que los países en desarrollo impulsaban en el marco de las negociaciones de París, era el establecimiento de una clara vinculación entre tecnología y financiamiento. El párrafo cinco del artículo 10 reconoce que es indispensable posibilitar, alentar y acelerar la innovación no solamente mediante el apoyo a través del Mecanismo Tecnológico sino también con medios financieros. Este vínculo había sido en efecto objeto de debate entre países en desarrollo y desarrollados durante un tiempo prolongado.

8. La brecha tecnológica en materia de mitigación y adaptación al cambio climático. Oportunidades tecnológicas

Es cada vez más evidente que el desarrollo sostenible requiere de la articulación entre acciones locales o micro (escala a la que se expresan muchos de los problemas y se materializan las soluciones) y acciones macro nacionales e internacionales (políticas, acuerdos, instrumentos económicos, que contribuyen a proveer un contexto propiciatorio y potenciador de las acciones micro). Esto hace que la búsqueda del desarrollo sostenible común requiera de la participación de todos los pueblos en un esfuerzo de cooperación mutua, y el trabajo a escalas múltiples desde lo local a lo nacional a lo regional a lo global.

En términos de la contribución de América Latina y el Caribe al desarrollo de la ciencia y tecnología para el desarrollo sostenible (CTDS), se plantean dos líneas complementarias: 1) considerar las especificidades de la región en términos de obstáculos y de oportunidades para la CTDS en América Latina y el Caribe; y 2) aportar al diálogo global el pensamiento latinoamericano y caribeño, no sólo sobre la problemática de la región, sino sobre los problemas globales y los problemas universales de la CTDS²⁸.

²⁸ CEPAL. *Ciencia y tecnología para el desarrollo sostenible Una perspectiva latinoamericana y caribeña. Taller Regional Latinoamericano y Caribeño sobre Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Sostenible* Santiago de Chile, 2002. P. 13.
https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6538/1/S0316_es.pdf

Al analizar desde esta perspectiva los temas sectoriales del CC, claramente surgen dos áreas de intervención prioritaria: la agricultura y las energías renovables.

9. Agricultura y Energías Renovables

9.1. Agricultura

Señalan los expertos de la FAO que “*la evolución de la agricultura en el futuro estará definida por su respuesta al CC*”. El cambio surgirá tanto en término de tecnologías como de instituciones.

De acuerdo al IPCC las proyecciones indican que el CC socavará la seguridad alimentaria. En razón del CC proyectado para mediados del siglo XXI y posteriormente, la redistribución global de las especies marinas y la reducción de la biodiversidad marina en las regiones sensibles dificultará el mantenimiento sostenido de la productividad pesquera y otros servicios ecosistémicos. En relación con el trigo, el arroz y el maíz en las regiones tropicales y templadas, las proyecciones señalan que el CC sin adaptación tendrá un impacto negativo en la producción con aumentos de la temperatura local de 2 °C o más por encima de los niveles de finales del siglo XX, aunque puede haber localidades individuales que resulten beneficiadas de este aumento²⁹.

Los sistemas agrícolas y alimentarios tienen un gran potencial de adaptación que puede conllevar el aumento de la resiliencia en la producción y el suministro de alimentos a la vez que protege y mejora los recursos naturales. Asimismo, estos sistemas ofrecen un potencial considerable de mitigación del CC, tanto en forma de reducción de la intensidad de las emisiones por unidad de producción, como de fija-

²⁹ Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), 2014: *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 157 pp. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf

ción de carbono en el suelo y biomasa³⁰. La agricultura y el uso de la tierra, el cambio del uso de la tierra y la actividad forestal se encuentran entre los sectores más citados en las contribuciones de los países en favor de la mitigación (como metas o medidas).

El núcleo del actual desafío tecnológico está constituido por producir más, mejores y más variados alimentos y productos agrícolas no alimentarios a través de procesos productivos que generen menos GEI y otros contaminantes, usen más eficientemente el agua y la energía, ocupen básicamente la misma cantidad de tierra, respondan a nuevos estrés bióticos y abióticos provocados por el CC y estén sometidos a una mayor vigilancia de la sociedad en relación a las tecnologías utilizadas³¹.

Las aplicaciones de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), de la biotecnología, de la nanotecnología y de las convergencias entre ellas, abren inéditas oportunidades a la realización del paradigma tecnológico enunciado y están reinventando la forma de hacer agricultura. La agricultura cada vez más está siendo innovada por actores de “fuera del sector”, impulsada a partir de lógicas de precisión y con plantas intensivas en mejoramiento genético.

9.2. Energías Renovables

La preocupante situación energética mundial presenta nuevos desafíos sin soluciones ciertas, que van agravando la matriz energética actual, acentuando los conceptos tradicionales de generación y distribución de energía eléctrica. Frente a factores como el aumento diario de la demanda energética, el aumento gradual de los costos de generación, la necesidad de reemplazar gradualmente el recurso del petróleo,

³⁰ De los 189 países que aportaron Contribuciones Nacionales Determinadas (hasta 2016), el 89% incluye la agricultura o el uso de la tierra, el cambio del uso de la tierra y la actividad forestal como sector en sus contribuciones en favor de la mitigación y la adaptación. FAO (2016.) *The agriculture sectors in the Intended Nationally Determined Contributions: Analysis*. Disponible en el enlace <http://www.fao.org/3/a-i5687e.pdf>.

³¹ CEPAL (2016). *Ciencia, tecnología e innovación en la economía digital La situación de América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile. http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40530/S1600833_es.pdf?sequence=3&isAllowed=y

y el calentamiento global, hacen cada día más urgente un cambio en la política energética mundial. Esto ha desencadenado un aumento en los esfuerzos para reemplazar las tecnologías generadoras eléctricas tradicionales por nuevas tecnologías menos contaminantes.

La región de América Latina y el Caribe es rica en recursos energéticos renovables. Se estima que apenas un 22% del potencial hidroeléctrico y un 4,2% de las restantes energías renovables son aprovechadas en la actualidad. A pesar de ello, el 58% de la energía eléctrica producida es hidroeléctrica y un 3% proviene de otras fuentes renovables como la biomasa, geotérmica, solar y eólica.

10. Conclusiones

Es claro que no todos los problemas del desarrollo sostenible tienen una solución tecnológica; de hecho, las raíces profundas de la insostenibilidad ecológica y social de los patrones de desarrollo mundiales están más asociadas a las asimetrías de poder económico, político y militar que caracterizan nuestra era, que a factores de orden técnico o demográfico; en todo caso, el esfuerzo aquí implica una concentración en aquellos temas del desarrollo sostenible en los cuales la CyT puede jugar un papel importante.

Ello pone de manifiesto el objetivo central de reducir la desigualdad en la región, cuya existencia y persistencia representa una condición inadmisibles y contraria a todo sentido ético y a la propia lógica del ansiado desarrollo. En el caso de los recursos naturales, la centralidad del concepto de igualdad favorece el surgimiento de una mirada más amplia de dichos recursos, en la medida en que se trata de dotaciones que se constituyen en salvaguarda económica del presente y el futuro de los países de la región. Avanzar hacia la equidad implica activar esfuerzos para mejorar la distribución de la riqueza, más allá de la asistencia prioritaria que requieren los sectores más vulnerables de la sociedad. En este escenario, aspectos como el acceso y la propiedad de los recursos naturales y la apropiación y distribución de las rentas provenientes de su explotación, deben desempeñar un rol coherente con la búsqueda de la igualdad intra- e intergeneracional.

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

Para empezar el presente capítulo, es necesario indicar que la postura epistemológica se basa en el pragmatismo, así como el enfoque sistémico en los que se incorpora los componentes de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) de la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI).

Desde un punto de vista general, se considera a las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) como el “conjunto de medios que giran en torno a la información y al conjunto de descubrimientos que sobre las mismas se vayan generando” presentado por Julio Cabero en la compilación de la Editorial NUR (2003, p. 46), otra definición que amplía esta concepción se refiere a la agrupación de “elementos y las técnicas utilizadas en el tratamiento y la transmisión de las informaciones, principalmente de informática, internet y telecomunicaciones” Vilaplana, J. (2012), este último concepto será utilizado a lo largo del trabajo, dado que no solo se refiere como herramienta sino como contexto.

De esta forma, la Inteligencia Artificial (IA) se encuentra dentro de las TIC, sin embargo, sus implicancias en lo que respecta a la transformación digital y la innovación trascienden los espacios y las disciplinas de una manera disruptiva, así como también vienen a transformar la sociedad y la cultura, planteando nuevos dilemas morales y cambios normativos cuya temática será abordada en este capítulo.

2. La Inteligencia Artificial en la sociedad moderna

2.1. *¿Qué es la Inteligencia Artificial? Orígenes y estado del arte*

Existen numerosas definiciones de IA, dependiendo del autor o el campo de especialización. Una idea aproximada de lo que implican estas técnicas puede abstraerse a partir de las siguientes definiciones:

- “La IA es el estudio de los cálculos que permiten percibir, razonar y actuar” (Russell, S., Norvig, P., 1994).
- “La IA es la rama de la ciencia de la computación que estudia la resolución de problemas no algorítmicos mediante el uso de cualquier técnica de computación disponible, sin tener en cuenta la forma de razonamiento subyacente a los métodos que se apliquen para lograr esa resolución” (Quijada Bellorín, 2007).
- El arte de crear máquinas con capacidad de realizar funciones que realizadas por personas requieren inteligencia (Kurzweil, 1990).

Quizás una de las aproximaciones más puntuales hacia una definición de IA sea la de Turing (Turing, 1950). quien sostuvo: “a la pregunta de ¿las máquinas pueden pensar? Creo que no tiene sentido esta discusión. Sin embargo, considero que antes del fin de siglo la opinión especializada se modificara mucho acerca de este tema, ya que será posible hablar de máquinas pensantes sin suponer algo que sostenga lo contrario...”.

El agrupamiento a partir de la conceptualización de estas definiciones permite concluir que la IA es una técnica que puede ser agrupada dentro de cuatro sistemas computacionales:

1. Sistemas que piensan como seres humanos.
2. Sistemas que piensan racionalmente.
3. Sistemas que actúan como seres humanos.
4. Sistemas que actúan racionalmente.

La IA nace como resultado de la confluencia de dos corrientes diversas:

- Por un lado, la científica, que tenía como objetivo intentar comprender los mecanismos de la inteligencia humana empleando para ello, como modelo de simulación, las computadoras.
- Por otro lado, la técnica, que pretendía equipar a las computadoras con capacidades de pensamiento lo más similares a las humanas, pero sin la pretensión de imitar con toda exactitud los pasos que sigue el ser humano para llevar a cabo dichas actividades intelectuales.

El uso de la IA tiene dos aspectos, uno como ciencia cognitiva y otro como tecnología informática, siendo sus características particulares:

- Información simbólica preferente a la numérica.
- Métodos heurísticos preferentes a los algorítmicos.
- Uso de conocimiento específico-declarativo.
- Informaciones incompletas o con incertidumbre.
- Multidisciplinaridad.

La clasificación de campos de aplicación de la IA, según lo describe la Association for Computing Machinery (ACM) son los siguientes:

- Programación automática: Verificación y síntesis.
- Razonamiento automático.
- Representación del conocimiento.
- Metodología de la programación en IA.
- Aprendizaje.
- Procesamiento del lenguaje natural.
- Resolución de problemas, métodos de control y búsqueda.
- Robótica.
- Interpretación de imágenes y visión artificial.
- IA distribuida.

En nuestros días la IA se convirtió en una industria que facilita el desarrollo, aporta soluciones a distintos tipos de problemas (desde asistentes para celulares hasta conducción de vehículos inteligentes), cuya complejidad es variable.

Habiendo puesto en contexto el origen, uso y campos de aplicación de la IA, es posible describir el estado del arte y los alcances previstos para las diferentes técnicas que la componen.

3. Inteligencia Artificial Blanda o Inteligencia Artificial Dura

3.1. *Definiciones teóricas. Antecedentes históricos*

EL origen de la IA se remonta al año 1943, ya que fue ese año que se realizaron tres publicaciones teóricas que sentaron las bases de la IA:

- Wiener, Rosenblueth y Bigelow, desde el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), sugirieron distintas formas de conferir fines y propósitos a las máquinas. (Wiener, N., Rosenblueth, A. and Bigelow, J., 1943)
- McCullock y Pitts (1943), Colegio de Medicina de la Univ de Illinois y MIT, pusieron de manifiesto que las máquinas podían emplear conceptos de lógica y abstracción, y demostraron que cualquier ley de entrada-salida podría ser modelada como una red neuronal.
- Craik, de la Universidad de Cambridge, propuso que las máquinas empleasen modelos y analogías en la resolución de problemas (Craik, 1943).

Con posterioridad, ya en la década de 1950, aparecen los primeros programas de cálculo formal (permitían a las computadoras manipular símbolos, siendo que hasta este momento solo eran utilizadas como máquinas de calcular). Más tarde veríamos que el nombre de IA nacía dentro del campo de la informática, a partir de la aparición del primer programa capaz de demostrar teoremas de lógica de proposiciones (“Logic Theorist” creado por Newell, Shaw y Simon (Gugerty. 2006), posterior Premio Nobel de Economía). El programa fue presentado en la conferencia de investigadores celebrada en el colegio de Dartmouth en el año 1956.

Durante el verano de 1956, John McCarthy (Dartmouth College), Marvin L. Minsky (MIT), Nathaniel Rochester (International Business Machines Corporation. IBM) y Claude Shannon (Bell Laboratories) llevaron a cabo el Proyecto de Investigación de Verano en el Dartmouth College. La temática desarrollada se basó en los

principios fundacionales de IA. La IA como disciplina de investigación “se basa en la hipótesis de que cada enfoque del aprendizaje puede describirse de manera tan precisa que una máquina pueda simularlo”. Este particular avance sucedió como consecuencia de la carencia de algoritmos que fuesen capaces de describir una cierta serie de actividades cognitivas como el reconocimiento visual de un objeto, la comprensión de los lenguajes naturales (hablados o escritos), el diagnóstico de enfermedades en el ser humano o de averías en las máquinas, etc.

3.2. Los empleos del futuro. La ley de las 4 D de la Robotización (Dull, Dirty, Dangerous and Dear)

Se postulan muchas especulaciones acerca de cómo la IA y su implementación en robots impactarán, positiva y negativamente, en nuestras vidas en el futuro cercano. La ciencia ficción muestra desde el siglo XX como los robots marcan el inicio de la muerte de los humanos en una sociedad en la que son dominados.

A partir de la recopilación de opiniones de expertos en el tema, se puede observar que la discusión gira entorno a que creen que los robots se encargarán de las tareas aburridas (dull), sucias (dirty) y peligrosas (dangerous) de los seres humanos (teoría conocida como las 3 Ds de la robotización). Andrew McAfee y Erik Brynjolfsson (2018) postulan una “cuarta D”, prediciendo que los robots se harán cargo de tareas costosas.

Si bien la sociedad puede determinar el valor de la intervención de los robots en las tareas 4-D (Dull o aburrido, Dirty o sucio, Dangerous o peligroso, y Dear o querido), la pregunta obvia es ¿qué pasará con los empleados que hacen esos trabajos para nosotros cuando los colegas de robots se hagan cargo? (Marr, 2017). A modo de descripción, se detallan aspectos particulares de cada “D”:

- Dull o Aburrido

Hay muchas tareas repetitivas y tediosas para las que los robots están calificados de forma única. Cuando se ocupan de esto, libera a la fuerza laboral humana para centrarse en actividades más creativas e interesantes.

- Dirty o Sucio

Hay trabajos sucios, los cuales la mayoría de los cuales el ser humano promedio no conoce realmente, que solo tienen que hacer para que nuestro mundo funcione. Los robots son el sustituto perfecto para los seres humanos en trabajos sucios, ya que incluyen un reconocimiento de alcantarillado, ordeño de vacas, autopsias y exploración de minas.

- **Dangerous o Peligroso**

Se usan robots en situaciones militares peligrosas o de conflictos, exploraciones espaciales e investigaciones y detonaciones de bombas, y las compañías están empezando a desarrollar robots para la seguridad y el trabajo policial.

- **Dear o Querido**

Cuando se puede implementar un robot en un proyecto y se ahorra dinero o se reducen los retrasos, como para verificar el progreso en el sitio de trabajo de un proyecto de construcción, es solo una forma más en que los robots se ganan su sustento.

3.3. *¿Cómo funcionará la sociedad laboral del futuro?*

Aunque en este punto nuestros pensamientos acerca de cómo será el futuro cuando los robots y los seres humanos coexistan son especulativos, pero una cosa es bastante cierta: los seres humanos ya no serán empleados en tareas que los robots puedan hacer de forma más segura, más rápida, más precisa y menos costosa.

La Organización Internacional del Trabajo (Roitter, 2018). sugiere que “en el año 2030 el 49 por ciento de los empleos de las actividades que son remuneradas en la economía global —sobre la base de 45 economías que nuclean al 80% de la fuerza laboral— tienen el potencial de ser automatizadas hasta el año 2055, con un error de predicción de estos escenarios de unos veinte años. En los Estados Unidos de Norteamérica (EEUU) estiman para el año 2030, que la población laboralmente activa está en “alto riesgo de ser reemplazada por robots e IA” (Marr, 2017).

Como puede verse a lo largo de historia, una y otra vez, el cambio de fuerzas de trabajo crea más empleos e incluso nuevos empleos que no existen en la actualidad. Los humanos también son capaces de tra-

bajar junto con sus colegas robot, pudiendo aprovechar y potenciar lo que cada uno hace mejor. Los seres humanos son flexibles y diestros, pudiendo pensar más allá de los algoritmos para encontrar formas únicas de resolver problemas; son empáticos, tienen inteligencia emocional y más. Con visión de futuro, y como primera aproximación hacia donde podrían generarse puestos de trabajo, se podría inferir a áreas que provean información a los sistemas de IA, o bien áreas en donde las máquinas difícilmente puedan reemplazar características de los seres humanos como la empatía. Esto implicaría profundizar la implementación de acciones en pos de una IA Blanda, o sea, con supervisión humana.

Sirven a modo de ejemplo, los vehículos aéreos no tripulados (VANT) de uso militar que aún tienen pilotos humanos, o los robots modulares que inspeccionan las redes de saneamiento explorando las tuberías de alcantarillado, aportando datos que sirven a los humanos para realizar la toma de decisiones a partir de la información y los datos que se reportan. Con este enfoque del tema, la tendencia es que los humanos realicen tareas de programar, reparar y enseñar a robots, y estos ejecuten las acciones.

Los robots pueden asumir las tareas que los humanos realizan en el mundo y que requiere esfuerzo físico, liberando a los humanos y permitiéndoles investigar problemas y trabajos que requieren más creatividad y capacidad mental, en lugar de la fuerza bruta física o algorítmica.

Asimismo, los robots permiten a los seres humanos mejorar sus roles, pero inevitablemente necesitará de entrenamiento para finalmente adquirir nuevas habilidades, requiriendo de los humanos un alto nivel de adaptación al cambio, a través de la educación y la capacitación de cara a la economía futura.

La Tabla 1 presenta los “Rasgos más relevantes de las cinco ondas de cambio tecnológico identificadas por Freeman y Pérez (1988)”, se puede apreciar como las diferentes ondas industriales impactan en la sociedad (forma particular de analizar las revoluciones industriales). Allí puede apreciarse como la 5ta. Onda es la que trae aparejados avances que propician el reemplazo de humanos por robots.

Tabla 1
Rasgos más relevantes de las cinco ondas de cambio tecnológico identificadas por Freeman y Pérez (1988)

Onda	Periodo en el que se desarrolla	Recuerdos Clave/Sectores dinámicos	Producción de conocimiento/Generación de Tecnología	Organización de la Producción
Primera Onda: mecanización temprana	1770/1780 - 1830/1840	Algodón, hierro en bruto, maquinaria, textiles, química	Aprender haciendo, usando, interactuando, transferencia de tecnología	Empresarios individuales y pequeñas empresas
Segunda Onda: fuerza a vapor, ferrocarriles	1830/1840 - 1880/1890	Carbón, transporte, motores a vapor, electricidad, acero, gas, materiales sintéticos	Aprender haciendo, usando, interactuando, institucionalización del conocimiento	Pequeñas empresas y emergencia de las grandes
Tercera Onda: ingeniería eléctrica y pesada	1880/1890 - 1930/1940	Acero, maquinaria eléctrica, química pesada, barcos de acero	Departamentos de Innovación y Desarrollo (I+D) internos, reclutamiento de científicos	Apogeo de gran empresa, carteles, monopolios, oligopolios
Cuarta onda: producción en masa	1930/1940 - 1970/1980	Energía (petróleo), automóviles, transporte, petroquímicas, materiales sintéticos, bienes durables	Expansión de los departamentos de I+D y de Educación, licencias y acuerdos de inversión para transferencia tecnológica	Competencia oligopólica, corporaciones multinacionales con inversión extranjera directa
Quinta Onda: información y comunicaciones	1970/1980 - Actualidad	Microelectrónica, TIC, tecnologías digitales, robótica, biotecnología, servicios de información	Integración horizontal de I+D, diseño y producción	Rede de empresas, sistemas de producción, plataformas productivas.

3.4. Los puestos laborales susceptibles de ser sustituidos por las nuevas tecnologías: Los empleos del Futuro

Frey, C.F., Osborne, M.A. (2013), en su trabajo titulado “El futuro del empleo: que tan susceptibles son los trabajos a la computarización”, calcularon la probabilidad de riesgo de desaparición de los 702 tipos de empleos en Estados Unidos, producto de la computarización o bien por la utilización de robots. La intención de este trabajo fue dimensionar el volumen de la fuerza laboral en EEUU, distinguiendo a la población que se encuentra en riesgo de perder el empleo. A continuación, se presenta una síntesis de los resultados de la investigación, iniciando con los trabajos con probabilidades menores al 1% de ser automatizados (Roitter, 2018).

Los procesos de automatización, los sistemas de información tanto como los sistemas industriales, están orientados a reemplazar actividades de tipo rutinario, situación que parece estar cambiando con esta cuarta revolución industrial o los relacionados con la Quinta Onda. Con el desarrollo de algoritmos para Big Data, en donde la IA participa activamente, es posible establecer patrones de reconocimiento lo cual permite sustituir el trabajo humano en un amplio rango de tareas cognitivas no rutinarias. Esta situación se ve reflejada en las predicciones del modelo de Frey y Osborne que se muestran en la Tabla 2 y Tabla 3.

Diego Aboal y Gonzalo Zunino (2018) sostienen que “al estar basada en ocupaciones, asume implícitamente que la ocupación completa podría ser sustituida por el avance tecnológico en lugar de tareas concretas asociadas a la ocupación. El supuesto de sustitución completa de las ocupaciones en lugar de sustitución de tareas específicas asociadas a ellas podría conducir a una importante sobreestimación de los efectos del cambio tecnológico sobre el empleo” Aboal, D., Zunino, G. (2018).

Tabla 2
Trabajos con menor probabilidad de desaparición en Estados Unidos (Frey, C.F., Osborne, M.A., 2013).

Ranking	Probabilidad	Ocupación
1º	0,0028	Educadores Sociales
2º	0,0030	Supervisores de primera línea de mecánicos, instaladores y reparadores
3º	0,0030	Director de Gestión de Emergencias
4º	0,0031	Trabajadores de la salud mental y adicciones
5º	0,0033	Otorrinolaringólogos
6º	0,0035	Acompañantes terapéuticos
7º	0,0035	Especialistas en Prótesis
8º	0,0036	Cirujanos
9º	0,0036	Primera línea de emergencias de incendios y prevención
10º	0,0039	Nutricionistas
11º	0,0040	Coreógrafos
12º	0,0041	Especialistas en ventas
13º	0,0042	Médicos especialistas
14º	0,0042	Capacitadores e instructores calificados
15º	0,0043	Psicólogos

Tabla 3
Trabajos con mayor probabilidad de desaparición en Estados Unidos (Frey, C.F., Osborne, M.A., 2013).

Ranking	Probabilidad	Ocupación
689º	0,98	Gestión de Reclamos
691º	0,99	Data Entry
692º	0,99	Bibliotecarios
693º	0,99	Agentes contables

Ranking	Probabilidad	Ocupación
694º	0,99	Trabajadores de procesamiento de imágenes y de maquinas
695º	0,99	Liquidador de impuestos
696º	0,99	Trabajadores de servicios de fletes
697º	0,99	Relojeros
698º	0,99	Proveedores de seguros
699º	0,99	Técnicos matemáticos
700º	0,99	Barrenderos
701º	0,99	Trabajadores de call centers

4. Toma de decisiones automatizadas

Existe una gran variedad de técnicas que utilizan IA, y que pueden ser configuradas con baja o nula dependencia de los seres humanos, a partir de la autonomía con la que se planifiquen las tareas (Juárez, G.E. 2018).

La toma de decisiones es un proceso basado en la identificación de una o más decisiones, recopilación de la información y la evaluación de resoluciones a la situación problemática planteada.

El proceso de toma de decisiones ayuda a organizar la información para lograr definir un enfoque que aumente las posibilidades de elegir la mejor alternativa posible (UMass. 2019). Las fases que debemos realizar son:

1. Identificación de la decisión: Es necesario tomar una decisión, para lo cual se debe intentar definir claramente la naturaleza de la decisión que debe tomar.
2. Recopilar la información relevante: antes de tomar una decisión se debe tener claro qué información se necesita, cuales son las mejores fuentes de información (interna o externa) y cómo se podrá obtener la misma (definición de las fuentes).
3. Identificación de las alternativas: a medida que se recopila información, es necesario identificar los planes de acción posibles, enumerando todas las alternativas posibles y deseables.

4. **Medición de la evidencia:** Analizando y evaluando la información, se debe determinar si la necesidad identificada en el Paso 1 se satisfizo. Cuando el proceso avanza, se puede determinar cuáles alternativas tienen un mayor potencial para alcanzar tu objetivo. Finalmente, se debe generar un orden de prioridades de alternativas.
5. **Selección de alternativas:** Cuando la totalidad de la evidencia ha sido analizada y evaluada, se puede seleccionar la mejor alternativa, o bien una combinación de alternativas.
6. **Toma de Decisión:** En este paso debemos realizar la toma de decisiones e implementar la alternativa que eligió en el Paso 5.
7. **Revisión de la decisión y sus consecuencias:** En este último paso, considere los resultados de su decisión, y evalúe si ha resuelto o no la necesidad que identificó en el Paso 1. Si la decisión no ha satisfecho la necesidad identificada, es posible que desee repetir ciertos pasos del proceso para tomar una nueva decisión, por ejemplo, es posible que desee recopilar información más detallada o algo diferente o explorar alternativas adicionales.

Desde mucho tiempo atrás, los tecnólogos futuristas vienen anticipado el día en que las computadoras tomaran decisiones de diferente magnitud e impacto. Los programas de computadora, asistidos por IA, analizarán datos y escribirán sentencias sobre cuestiones tales como la pena estimada para un delito, diagnosticaran enfermedades y prescribirá un tratamiento, o bien asistirá en la desactivación de bombas. En todo este contexto proyectado, la toma de decisiones automatizada es lo que más ha tardado en materializarse, más allá de que los humanos en sus roles de médicos, empresarios o mineros, no permitieron que estas decisiones fueran materializadas.

Con el correr de los años, la idea principal migro hacia sistemas de apoyo a la toma de decisiones que ayuden a las personas a informar, analizar e interpretar los datos, en lugar de realmente tomar las decisiones de manera automática (enfoque específico de la IA Dura). Aquellas herramientas basadas en IA ofrecían el potencial de una visión estadística de los problemas, pero que generalmente requerían que los usuarios expertos dirigieran su uso. Tales

herramientas no tuvieron aceptación, al menos no en la medida en que lo tuvieron las aplicaciones de software transaccional, como los sistemas de planificación de recursos empresariales (Davenport. 2005).

Los actuales sistemas para la toma de decisión automatizadas son más adecuados ya que actúan con rapidez, utilizando información que está disponible en la nube. Están altamente estructurados a partir de estrategias de codificación sencilla de las reglas de decisión, utilizando datos de calidad, con condiciones enfocadas en la automatización de la decisión. La repetición de decisiones es determinante para la mejora de la calidad de las mismas, y vale como ejemplo el control de la temperatura de un horno de cementación industrial en el que se cocinan piezas de automóviles, en donde la frecuencia con la que se mide la temperatura y corrige la misma a partir de la toma de decisiones es mucho más frecuente que una decisión sobre a quién contratar como gerente de la misma industria. Con el segundo ejemplo, sabemos que la experiencia del sistema para la toma de decisiones es menor que con el horno debido a la frecuencia.

A pesar que existan casos de tipos de decisiones con baja frecuencia de aparición, estas también pueden ser automatizadas, dado que en estos casos la velocidad con la que se toma la decisión es un criterio crucial. Por ejemplo, un vehículo autoconducido puede enfrentar dos o más contingencias que difícilmente ocurren en simultaneo, pero dado que así ocurra, las decisiones deberán ser tomadas en el menor tiempo posible y con precisión, para evitar una colisión o, aún peor, afectar a seres humanos del entorno.

Los sistemas automatizados de toma de decisiones en industrias, la banca, los seguros, los viajes y el transporte, descubrimos que las aplicaciones de decisiones automatizadas se están utilizando de manera efectiva para generar soluciones útiles en varias áreas comerciales diferentes.

Estas técnicas “inteligentes” se basan en diferentes formas de analizar los datos, tales como predicciones, aprendizajes, correlaciones o elaboración de pronósticos. Cada una de ellas provienen de principios como el de la Navaja de Ockham, el Dilema del Tren (que se desarrolla en el apartado 4.2), entre otros.

4.1. Principio de la Navaja de Ockham

William Ockham (1280-1349), fue un fraile franciscano, filósofo y lógico escolástico, quien desarrollo el principio “Navaja de Ockham”, también conocido como “principio de economía” o “principio de parsimonia”. Este principio permite eliminar opciones improbables en una situación específica, o bien elegir entre dos opciones con aparente igualdad. Se busca a partir de una hipótesis dada, elegir aquella que mejor explicación da con la menor utilización de elementos teóricos, poniendo énfasis en la sencillez y predictibilidad (Villar Ezcurra, J.L. 2019), sin explicaciones excesivamente complejas de un problema dado para centrarnos en lo que verdaderamente funciona.

Cuando nos encontramos frente a un problema, este principio nos induce a que la explicación más simple es la indicada, dado que la explicación más sencilla suele ser la más probable de cumplirse. Esto implica que, cuando dos teorías en igualdad de condiciones tienen las mismas consecuencias, la teoría más simple tiene más probabilidades de ser correcta que la compleja.

La Navaja de Ockham es aplicable al desarrollo de software, según el cual, dado que sus principios de igualdad de condiciones y que la explicación más sencilla suele ser la correcta, se adecua perfectamente con los principios fundacionales del software en donde encontrar la solución óptima a un problema buscando la supresión al máximo de los elementos accesorios, con lo cual se pasa de un planteamiento complejo a uno más sencillo, reduciendo los elementos a tener en cuenta.

Inferir la simplicidad no debe confundirse con la eliminación de argumentos, con el exceso de simplicidad, o con que tengamos que ignorar la complejidad de los hechos reales. Un diseño de software simple debe centrarse en los requisitos relevados durante las entrevistas y posterior análisis de requerimiento, con el enfoque puesto en el mantenimiento, extensibilidad o la reutilización. Al fin y al cabo, los diseños que buscan la simplicidad del código son más fáciles de adaptar a la necesidad futura que los complejos. En resumen, no se debe agregar funcionalidades extras hasta que no sea necesario.

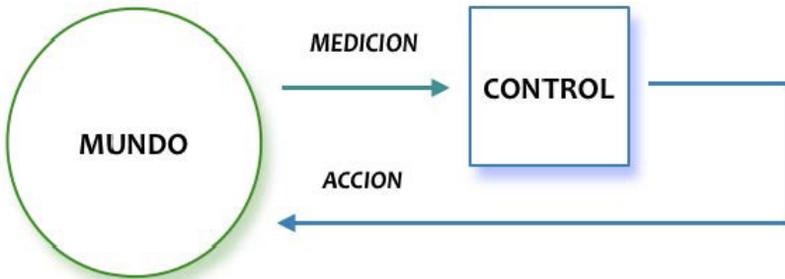
Un factor crítico que el software considera es el tiempo real que necesita un algoritmo, autónomo o no, para tomar una decisión. Se

considera un sistema de tiempo real a aquel al que se le solicita que reaccione a estímulos del entorno (incluyendo el paso del tiempo físico), en intervalos del tiempo dictados por el entorno. (Randell, B., Laprie, J.C., Kopetz, H., Littlewood, B., 1995).

Implementar soluciones inteligentes a partir de este principio, nos permite implementarla sobre todo en situaciones simples y con baja tasa de riesgo, en las cuales se pueda ahorrar tiempo de proceso y gastos cognitivos.

En la Toma de decisiones inteligentes es importante llevar adelante un proceso mediante el cual se pueda ponderar las variables del entorno, tomar decisiones basadas en hechos y en el conocimiento preadquirido del comportamiento del mundo y efectuar estas decisiones transformadas en acciones sobre el entorno con el fin de controlarlo. Este proceso requiere que cada acción pueda ser ponderada luego de efectuada, con lo cual, cuando este proceso se reinicie será necesario estimar el impacto que la decisión elegida tuvo sobre el entorno (ver gráfico 5.1).

Figura 1
Modelo de control tradicional



4.2. La intervención de la Ética y la Moral en la Toma de Decisiones Inteligentes

Un tren se aproxima a toda velocidad hacia cinco personas que están atadas a la vía. Mediante una palanca se puede abrir un desvío hacia otro camino, en el cual hay una sola persona atada. ¿Qué haría usted en esta situación? Enfrentada con este dilema ético, la mayor

parte de los entrevistados opta por desviar el tren y salvar a las cinco personas.

Pero ahora se introduce un pequeño cambio en el enunciado. En lugar de accionar la palanca, se puede empujar a una persona de gran tamaño hacia la vía, lo cual ocasionaría que el tren se frene. El resultado final es el mismo: cinco vidas salvadas contra una sacrificada. Pero en este tipo de situaciones, es menos la gente dispuesta a tomar esta determinación: no es lo mismo dejar morir a alguien que empujarlo a las vías. ¿Y qué pasaría si la persona por sacrificar fuera el mismo entrevistado, que debe arrojarlo? La tasa afirmativa baja más todavía, aun a costa de que la consecuencia sea la muerte de cinco atados a la vía.

Este tipo de planteos, tradicionales en teoría de la decisión y en economía del comportamiento (la disciplina que cruza a la economía con la psicología), les quitan el sueño a los expertos en IA que diseñan los vehículos auto-conducidos y otro tipo de robots, terrestres, aéreos, acuáticos y subacuáticos conocidos como drones.

Aunque se estima que la introducción de los autos sin conductor podría salvar 1.300.000 vidas al año en todo el planeta por la reducción de accidentes, según los expertos aún, por distintos motivos, seguirían ocurriendo siniestros. Serían un 10% de los actuales, pero esa proporción obliga a planteos éticos y morales que pueden ser muy difíciles de solucionar para los seres humanos y la IA.

En 1942, en un cuento corto titulado *Círculo vicioso*, Isaac Asimov (1942) dejó escritas tres reglas que han sido consideradas como las primeras reglas de la robótica:

1. Un robot no puede hacer daño a un ser humano ni directamente ni a través de su intervención.
2. Un robot debe obedecer las órdenes que le den los seres humanos, a menos que las mismas entre en conflicto con el primer mandamiento.
3. Un robot debe salvaguardar su propia existencia, a menos que su autodefensa se contradiga con el primer y el segundo mandamiento.

Más adelante, el propio Asimov añadió una nueva ley: Ningún robot puede dañar a la humanidad o, por inacción, permitir que la humanidad sufra daño.

Los avances producidos en este campo, unidos a los conseguidos en otras disciplinas que componen lo que ha sido denominado tecnologías emergentes, pueden hacer insuficientes estas reglas. Así, en 2011, en el Reino Unido, el Engineering and Physical Sciences Research Council y el Arts and Humanities Research Council (EPSRC, 2011), plantearon los cinco principios siguientes:

1. Los robots son herramientas de múltiples usos. Los robots no deben ser diseñados exclusiva o principalmente para matar o dañar a los seres humanos, salvo que exista un interés nacional.
2. Los seres humanos y no los robots son los sujetos responsables. Los robots son herramientas diseñadas para cumplir con el Derecho y los derechos fundamentales, entre los que está la privacidad.
3. Los robots son productos. Deben ser diseñados utilizando procesos que aseguren su protección y seguridad.
4. Los robots son artefactos fabricados. No deben ser diseñados de manera engañosa para explotar a usuarios vulnerables, sino que su naturaleza como máquina debe ser transparente.
5. Siempre debe ser posible saber quién es legalmente responsable por el comportamiento de un robot.

Si comparamos las leyes de Asimov con estos principios postulados por EPSRC, podremos observar diferencias sensibles. En todo caso, la necesidad de una regulación jurídica de la robótica es evidente, tanto como en otras áreas sensibles que ya fueron postuladas en capítulos anteriores, entendiendo que no existe una posición unánime de cómo debe ser ésta. Sin lugar a dudas la IA nos obliga a revisar nuestra idea de Justicia, debiéndose imponer normas políticas a ella.

Así, es urgente realizar una reflexión seria y rigurosa que nos proporcione pautas desde las que resolver los problemas que acompañan al desarrollo de esta tecnología. Existen temas que pueden ser tratados de forma convencional, pero otros nos plantean nuevos escenarios que requieren un amplio debate ético.

La robótica de la vida real se convirtió en una discusión sobre cómo se comportarían, dado el caso, los vehículos autónomos en una crisis. ¿Qué pasa si los esfuerzos de un vehículo para salvar a sus propios pasajeros, por ejemplo, frenando de golpe arriesgan un choque

en cadena con los vehículos que vienen detrás de él? O ¿qué ocurre si un coche autónomo se desvía para evitar a un niño, pero arriesga el atropello de alguien más cerca?

“Cada vez vemos más sistemas autónomos o automatizados en nuestra vida diaria”, Pero, nos preguntamos, ¿cómo pueden los investigadores dotar a un robot para reaccionar cuando la “la decisión a tomar está entre dos malas opciones”?

En un experimento citado frecuentemente, el robot comercial Nao, fue programado para recordarle a la gente que tomara su medicina.

“A primera vista, esto parece sencillo”, dice Susan Leigh Anderson, filósofa de la Universidad de Connecticut, en Stamford, que hizo el trabajo con su marido, el informático Michael Anderson de la Universidad de Hartford, en Connecticut. “Pero incluso en este tipo de tarea tan limitada, hay cuestiones involucradas de ética nada triviales”. Por ejemplo, ¿cómo debe proceder Nao si un paciente se niega a tomar su medicación? Si le permite saltarse la dosis podría causar daño a esa persona. Pero, insistir en que la tome sería intervenir en su autonomía.

Al enseñar a Nao a navegar en tales dilemas, los Anderson dieron ejemplos de casos en los que los bioéticos habían resuelto los conflictos que involucran:

1. la autonomía
2. el daño
3. el beneficio a un paciente.

Los algoritmos de aprendizaje, entonces, se ordenaron a través de muchos casos de estudio hasta encontrar patrones que pudieran guiar al robot en situaciones nuevas.

Con este tipo de “aprendizaje automático”, un robot puede extraer conocimiento útil incluso de entradas ambiguas, mediante la implementación de técnicas de IA como Conjuntos Difusos o Fuzzy Set. El enfoque desde la teoría, sería el de ayudar al robot a mejorar la toma de decisiones éticas, dada la posibilidad de encontrarse con mayor número de situaciones y de igual o mayor complejidad. (Zadeh, L., 1965).

Pero muchos temen que estas ventajas tengan un precio. Los principios que emergen no están escritos en el código computarizado, por lo que “no hay manera de saber por qué un programa podría llegar

a una regla particular diciendo que algo es éticamente “correcto, o no”, señala Jerry Kaplan, profesor de IA y ética de la Universidad de Stanford en California.

Superar este problema requiere una táctica distinta, según dicen muchos ingenieros; la mayoría lo intentan mediante la creación de programas con reglas formuladas explícitamente, en lugar de pedir a un robot que lo deduzca por sí mismo.

En 2019, Winfield publicó los resultados de un experimento que se preguntaba: ¿cuál es el conjunto más simple de reglas que permitiría a una máquina rescatar a alguien en peligro de caer en un agujero? Lo más obvio, se percataba Winfield, es que el robot necesita la capacidad de detectar sus alrededores, reconocer la posición del agujero y de la persona, así como su propia posición con respecto a ambos. Pero el robot también necesita normas que le permiten anticiparse a los posibles efectos de sus propias acciones.

El experimento de Winfield utiliza robots del tamaño de un disco de hockey, los cuales se mantienen en movimiento sobre una superficie. Designó algunos de estos “H-robots” como representaciones los seres humanos, y uno de ellos —en representación de máquina ética— el “A-robot”, en nombre de Asimov. Winfield programó el A-robot con una regla análoga a la primera ley de Asimov: si percibe un H-robot en peligro de caer en un agujero, tiene que moverse en la trayectoria del H-robot para salvarlo.

Winfield, hizo que los robots pasaran docenas de prueba, y encontró que el A-robot salvaba su cargo cada vez. Pero entonces, para ver lo que la norma de no-daño podría lograr frente a un dilema moral, enfrentó al A-robot con dos H-robots que vagaban en peligro de forma simultánea. Y ahora, ¿cómo se comportaría?

Los resultados sugieren que incluso un robot mínimamente ético podría ser útil, cuenta Winfield: el A-robot con frecuencia se las arregló para salvar a un “humano”, usualmente, moviéndose hacia el primero más cercano a él. A veces, moviéndose rápido, incluso se las arreglaba para salvar a ambos. Pero el experimento también mostraba los límites del minimalismo. En casi la mitad de los ensayos, el A-robot entraba en un titubeo indefenso y dejaba perecer a los dos “seres humanos”. Solucionar esto requeriría reglas adicionales sobre cómo tomar esas decisiones. Si un H-robot fuera un adulto y otro

fuera un niño, por ejemplo, ¿a quién salvaría primero el A-robot? En materia de juicios como estos, ni siquiera los seres humanos se ponen de acuerdo (Arkin, 2016).

Los defensores de esta postura argumentan que un enfoque basado en reglas tiene una virtud importante: siempre queda claro por qué la máquina hace la elección que hace, ya que sus diseñadores establecen las reglas. Esa es una cuestión fundamental para los militares de Estados Unidos, para el que los sistemas autónomos son un objetivo estratégico clave. Si las máquinas ayudan a soldados o llevan a cabo misiones potencialmente letales, “la última cosa que uno quiere es enviar a un robot autónomo a una misión militar y tener que funcionar bajo unas reglas éticas que debe seguir en el medio de esas situaciones”, comenta Ronald Arkin, que trabaja en el software de ética robótica en el Instituto de Tecnología de Georgia en Atlanta. Si un robot tenía que elegir entre salvar a un soldado o ir a combatir a un enemigo, sería importante saber de antemano lo que debería hacer. (Asís Roig, 2015).

Con el apoyo del Departamento de Defensa de EEUU, Arkin está diseñando un programa para asegurarse de que un robot militar opere de acuerdo con las leyes internacionales de compromiso. Un conjunto de algoritmos, denominado gobernador ético, calcula si una acción, como el disparar un misil es permisible, y permite que se continúe sólo si la respuesta es “sí”.

En una prueba virtual del gobernador ético, en una simulación, se le dio la misión a un Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT), de atacar objetivos enemigos; pero no se le permitió hacerlo si había edificios con civiles cerca. En unos escenarios dados, que variaban la ubicación del vehículo respecto a una zona de ataque y de complejos civiles, como hospitales y edificios residenciales, los algoritmos decidieron cuándo sería permisible para el vehículo autónomo llevar a cabo su misión.

Los autónomos y militarizados robots toman a mucha gente como peligrosos, y ha habido innumerables debates sobre si deben ser permitidos. Pero Arkin argumenta que estas máquinas podrían ser mejores que los soldados humanos en algunas situaciones, si están programados para no romper nunca unas reglas de combate que los humanos sí podrían burlar.

Los científicos informáticos trabajan en una “rigurosamente programada ética de la máquina” en un código que utiliza los estados lógicos, como “Si un enunciado es verdadero, avanzar; si es falso, no moverse”. La lógica entonces es la opción ideal para la codificación de la ética-máquina, afirma Pereira y Saptawijaya (2016), científicos computacionales del Laboratorio Nova de Ciencias de la Computación e Informática en Lisboa. “La lógica es cómo razonamos y llegamos a nuestras decisiones éticas”.

La elaboración de instrucciones capaces de los pasos lógicos que intervienen en la toma de decisiones éticas es un desafío. Por ejemplo, señala Pereira, los lenguajes lógicos utilizados por los programas de computadoras tienen problemas para llegar a conclusiones sobre escenarios hipotéticos, pero estos contra factuales (todo evento o a toda situación que no ha acontecido en el universo actualmente observable por la investigación humana. Se dice que el evento o la situación forman parte de un universo posible) son cruciales en la resolución de ciertos dilemas éticos.

El cómo se construya la ética de robots podría tener importantes consecuencias para el futuro de la robótica, dicen los investigadores.

Michael Fisher, informático en la Universidad de Liverpool, Reino Unido, cree que los sistemas de seguir reglas obligadas podrían ser tranquilizadores para el público. “La gente va a tener miedo de los robots, si no están seguros de lo que están haciendo”, dice. “Pero si podemos analizar y probar las razones de sus acciones, somos más propensos a superar ese problema de confianza” (Bremmer *et al.*, 2019). Él está trabajando con Winfield y otros, en un proyecto financiado por el gobierno para verificar que los resultados de los programas éticos de las máquinas sean siempre cognoscibles.

Por el contrario, el enfoque de la máquina que aprende promete que los robots pueden aprender de la experiencia, que en última instancia podría hacerlos más flexibles y útiles que sus contrapartes más rígidamente programados. Muchos expertos en robótica dicen que el mejor camino a seguir sería una combinación de ambos enfoques. “Es casi como una psicoterapia”, apunta Pereira. “Probablemente no sólo se tiene que utilizar una teoría”. El desafío, aún no resuelto, es combinar los enfoques de una manera viable.

Estos problemas pueden surgir más pronto que tarde en el campo del rápido movimiento del transporte autónomo. Actualmente, los coches sin conductor de Google están rodando a través de distintas partes de California. En mayo de 2015, los camiones autónomos del fabricante alemán de automóviles Daimler, empezaron a conducir solos a través del desierto de Nevada. Los ingenieros están pensando seriamente en cómo programar estos coches tanto para obedecer las reglas como para adaptarse a las situaciones en la carretera., como el no despegar la atención en los viajes largos o ser rápido con los frenos cuando ocurre algo inesperado (Winfield, 2016-1) (Winfield, 2016-2). “En el futuro, tendremos que intentar programar cosas que para los seres humanos vemos como naturales, pero no así en las máquinas”.

Como podemos ver, es un camino intenso y complejo el que se está empezando a recorrer, y profundos debates y cuestionamientos darán lugar a una transformación total en las reglas de convivencia entre humanos y maquinas.

4.3. Reconocimiento de Patrones mediante técnicas inteligentes

Si los robots van a conducir nuestros vehículos y jugar con nuestros hijos, tendremos que enseñarles a distinguir entre el bien y el mal.

Ya sea en cuanto a vehículos, hospitales o nuestros hogares, pronto dependeremos de robots especializados que tomaran decisiones en el que vidas humanas estarán en juego.

Es crucial y necesario modelar el razonamiento moral en un robot, a partir de un conocimiento empírico impartido por humanos. Estos conocimientos serán mejorados a partir de la continua toma de decisiones de los robots en diferentes entornos caóticos y dinámicos, hasta lograr un umbral previamente definido. Este tipo de procesos deben ser capaces de realizar preguntas importantes: ¿Cómo podemos cuantificar las normas difusas, contradictorias que guían las decisiones humanas?, ¿Cómo podemos dotar a los robots con las habilidades de comunicación para explicar sus decisiones de manera que podamos entender?, ¿Cuáles serán los criterios para determinar el éxito o fracaso de las soluciones aportadas por los robots?, ¿Qué autonomía tendrán los robots en pos de aportar soluciones?, ¿Es necesario especificar ciertas condiciones de parada de los procesos?

El entorno en el cual se espera que los robots tomen decisiones, es el mismo en el que los seres humanos desarrollamos a diario nuestras actividades cotidianas. Esto plantea una discusión de fondo respecto de si los Robots vienen a reemplazarnos, o bien, serán nuestros asistentes. Si primara la primera opción, sería inminente comenzar a definir el rol de la humanidad, buscando estereotipar nuevos puestos de trabajo en donde aquellos que hubieran sido desplazados de sus puestos de trabajo, encuentren un nuevo horizonte.

Retomando la pregunta esencial de ¿Cómo enseñar a un robot a distinguir el bien del mal?, necesitamos analizar un universo muy amplio de cuestiones filosóficas con las cuales los humanos interactúan entre sí, con su medioambiente y con la naturaleza, entre otros elementos. Allí es donde pretendemos que un coche tome decisiones en pos de la auto-conducción, más allá de cuestiones inherentes al manejo (continuar en línea recta, doblar a la izquierda o frenar). El universo de situaciones que se presentan a un conductor requieren de decisiones que van de lo básico a lo complejo, como tener que elegir entre golpear a un niño o colisionar contra una barrera.

Cuando este universo en el que podría interactuar el robot, excede a la auto-conducción de vehículos, podríamos imaginar un robot de rescate detectando personas heridas entre los escombros de un terremoto, y decidiendo a quienes rescata primero y porque motivos lo hace.

El futuro nos propone una visión de sociedad en la que interactuaran los seres humanos con los robots de manera cotidiana, por lo que en tiempo presente el desafío que se presenta es el de enseñarles o entrenarles a los robots en áreas como el comportamiento, en donde tengan conciencia de cuáles son los valores que destacamos los humanos. Estos valores deberían programarse en los robots en un contexto de “normas morales” que distingan el bien del mal, lo que será un trabajo extenso dado que estas normas se componen de directrices muchas veces difusas y hasta contradictorias.

Existen lineamientos en este sentido, en donde se puede destacar el de la Universidad Brown, en donde realizaron una compilación de palabras, ideas y reglas que la gente usa para hablar de moral. Buscan determinar un método cuantitativo que permita determinar cómo se relacionan las ideas en la mente, construyendo una red semántica que

logre contener estos conceptos e ideas, y que permita generar una explicación de la toma de decisión inferida distinguiendo el bien del mal.

5. Tecnología de la Información y las Comunicaciones para la inclusión digital

Las tecnologías de la información y las comunicaciones han sido estudiadas en los últimos años desde diversas ópticas debido a su impacto acelerado en el desarrollo y crecimiento que está llevando a la sociedad a grandes transformaciones, entre los autores que se destacan se encuentran Daniel Bell, Alvin Toffler, André Gorz y grandes teóricos e investigadores de campo como Manuel Castells, Alan Touraine, Alvin Gouldner, Juan Carlos Tedesco, Dolors Reig y muchos otros.

Un efecto de esta interacción es la creación de una nueva economía basada en la Globalización como un fenómeno que se produce por el impacto de las TIC sobre los procesos organizativos y sociales, así como su evolución a diferentes términos como economía colaborativa, economía que genera movimientos sociales tales como la agenda digital y nuevos términos como emprendimientos de base tecnológica y ciudades inteligentes.

5.1. *Una Mirada a la Justicia desde la Ciencia y Tecnología: TIC*

Siguiendo los lineamientos de la Teoría de la Justicia de John Rawls (Rawls, 1971), se plantean principios claros relacionados con la “Justicia como Imparcialidad” independiente de considerar a la justicia como virtud y que se la define como el arte de hacer lo justo, y de “dar a cada uno lo suyo”. A partir de este fundamento se visualizará la justicia y las TIC así como el uso de la IA y sus implicaciones.

En base a la investigación realizada sobre La inclusión digital de las Pequeñas y Medianas Empresas (PYME) en la Sociedad del conocimiento (Infantas y Torrez, 2011), es necesario afirmar que hoy en día el uso de las TIC está ampliamente extendido, ocasionando transformaciones en todos los ámbitos de la sociedad.

Su impacto es tal, que se ha pasado desde la sociedad de la información a la sociedad del conocimiento, en este sentido las TIC juegan un papel muy importante en la sociedad, y abarcan tres ejes fundamentales: la informática, la microelectrónica y las telecomunicaciones; según Cabero, estas no giran de forma aislada, sino que se articulan de manera interactiva e interconectada lo que permite nuevas realidades comunicativas (Cabero, J., 1998:198).

El impacto social y económico de las TIC se evidencia en la fuerza e influencia que tiene en los diferentes ámbitos y las nuevas relaciones sociales que están surgiendo, produciéndose una interacción constante entre la tecnología y la sociedad, llegando inclusive a transformar sociedades, negocios y a las personas.

5.2. Conceptos de Brecha Digital

La Brecha Digital, fue vista como una dicotomía entre exclusión o inclusión social, provocando que las organizaciones más emblemáticas para el desarrollo de los países, tales como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Banco Mundial (BM), Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), Corporación Andina de Fomento (CAF) y otras, se preocuparan por analizar problemas y oportunidades relacionadas con las TIC. Este concepto ha sido utilizado de diferentes maneras en la literatura, y un resumen de esto se presenta en la siguiente Tabla 4.

Tabla 4
Conceptos de la Brecha Digital (Infantas y Torrez, 2011)

Definición	Autor
“Diferencia socioeconómica entre aquellas comunidades que tienen accesibilidad a Internet y aquellas que no, aunque tales desigualdades también se pueden referir a todas las nuevas tecnologías de la información y la comunicación”	Serrano Santoyo (2003)
“Fuerte desigualdad que surge en las sociedades por la diferencia entre los que acceden a las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) e incorporan su uso en la vida cotidiana, y aquellos que no pueden o no saben acceder”	Ballesteros (2003) citado por Raya & Merino (2004)

Definición	Autor
“Distancia entre el grupo que tiene un acceso regular a Internet y el grupo que tiene un acceso irregular o directamente no lo tiene”	Lugones (2003) citado por (scielo.org.ve, 2005)
“Conjunto de deficiencias de acceso que afectan el desarrollo potencial que podría surgir del uso de tecnología que se basan en clara presunciones de la significativa importancia que las TIC y la Internet tienen para las naciones en desarrollo, gracias a la promesa de mayor productividad y su potencial participativo. Dividiendo la cuestión en tres niveles, entre naciones (brecha global), entre los info-ricos y los info-pobres (brecha social) y entre los usan el potencial de la Internet para aumentar su participación en el proceso político y aquellos que no (brecha democrática)”	Norris (2001) citado por (Villanueva, s/f)
Brecha digital tiene que ver con acceso a computadoras (TIC) e internet y habilidades de uso de estas tecnologías.	OCDE

El término en sí, en muchos casos, se relaciona con teorías del desarrollo y se considera en base a coordenadas geográficas resaltadas no solo por las diferencias entre los países, sino también entre lo urbano y lo rural.

Sin embargo, como se puede inducir de estos procesos existen brechas tecnológicas en la educación a nivel fiscal y privado, debidos al poder adquisitivo, así como entre generaciones, que originó la separación entre los “colonos digitales” las personas arriba de los 35 años y los “nativos digitales” considerados por varios autores como los jóvenes de menos de 35 años, así como clasificaciones más actuales como “millenials” y “Centenials”.

En particular, en este punto intergeneracional, ocurre una generalización injusta porque si se une a una división territorial junto con la edad, es necesario indicar que los millenials de un país no tienen exactamente las características de otro país inclusive existe la distinción entre países.

5.3. *Definiciones de Inclusión Digital*

Adicionalmente, esto también genera la desigualdad por acceso, así como por el conocimiento de uso óptimo. Estas brechas digitales

son obstáculos para lograr la “inclusión digital” en diferentes aspectos, por lo que, en su sentido amplio, se presenta en la siguiente Tabla 5 un resumen de las principales definiciones.

Tabla 5
Definiciones de Inclusión Digital (Infantas y Torrez, 2011)

Definiciones	Autores
“Indicador complejo que permitiría dar cuenta de los procesos de exclusión/inclusión en torno a la tecnología”	Garro (2006)
“Es concebida como una forma de inserción social imprescindible para el crecimiento comunitario, que surge como superación de la dimensión netamente cuantitativa y tecnológica del concepto de brecha digital”	La Cruz & Galofré (s/f)
“Conjunto de políticas públicas relacionadas con la construcción, administración, expansión, ofrecimiento de contenidos y desarrollo de capacidades locales en las redes digitales públicas, alámbricas e inalámbricas, en cada país y en la región entera. Incluye las garantías de privacidad y seguridad ejercidas de manera equitativa para todos los ciudadanos”	Robinson, Scott S. citado por La Cruz & Galofré(s/f)
“Democratización del acceso a las tecnologías de la información y la comunicación para permitir la inserción de todos en la sociedad de la información”	Maggio (2005)

Estos problemas que se pueden deber a la falta de políticas públicas, relacionadas a carencias en información sobre las tendencias globales, en algunos países también se desarrollan porque los gobiernos aún no son organizaciones que aprenden y desarrollan pensamiento complejo.

Es decir, las áreas de TICs están en el caso de Bolivia debajo del Viceministerio de Ciencia y Tecnología que a su vez está debajo del Ministerio de Educación, cuando las TICs son transversales a todos los problemas, mientras que en otros países dependen del Ministerio de Economía o son un ministerio en sí mismo, lo cual es una historia paralela a la de Ciencia y Tecnología, cuya acepción moderna es Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) y adicionalmente en muchos casos relacionados al aparato productivo del país.

Por otro lado, conceptos como ciudades inteligentes “Smart Cities” que deberían estar centradas en el ciudadano, aún se rigen por procesos de automatización en todas las disciplinas, e intentan desligarse de los problemas de los países e ingresar a estrategias de gobierno abierto o sociedades abiertas, para rescatar la importancia de procesos de innovación abiertos, necesarios en economías pobres.

Un aspecto adicional con las ciudades, es que las políticas públicas aún están relacionadas a aspectos de economía territorial y no así a nuevas tendencias como la economía colaborativa, circular o la economía de colores, que daría una mejor apertura a hablar de ciudades y enfocar las políticas de desarrollo a ciudades emergentes y fronterizas, por su mayor impacto en la economía desde un punto de vista sistémico, debido a este nuevo espacio público que posee internet y que permite una segmentación psico y socio demográfica.

5.4. Factores que inciden en la Inclusión Digital

El estar desvinculados de estos procesos de renovación se puede deber a factores que se relacionan con la inclusión digital, los cuales varían de acuerdo a los diferentes autores, y son esquematizados en la siguiente Tabla 6.

Tabla 6
Factores que inciden en la Inclusión Digital (Infantas y Torrez, 2011)

Factores	Autores
<ul style="list-style-type: none"> • Conectividad, • Apropiación y extensión del uso • Generación de cambios. 	Garro (2006)
<ul style="list-style-type: none"> • El acceso a la información, • La libertad de expresión y • La diversidad lingüística” <p>Según la UNESCO son los pilares de las sociedades del conocimiento.</p>	Unesco (2005)

Factores	Autores
<ul style="list-style-type: none"> • La accesibilidad de todas las TI (e-accesibilidad), en este caso, no solamente la población con discapacidad; • La competencia de usar las tecnologías en la sociedad de la información (e-competencias) y • La inclusión digital genuina (Maggio, 2005) que intenta captar aquellas situaciones en las que las nuevas tecnologías son incorporadas a las prácticas emulando las relaciones de la tecnología con el campo disciplinar. <p>Estos tres nuevos factores son considerados por el autor como necesarios para la adaptación a la sociedad del conocimiento.</p>	Maggio (2005) citado por wikipedia (2011)
<ul style="list-style-type: none"> • Acceso a la tecnología, • Alfabetización tecnológica, • Acceso social y • Uso social. <p>Los autores consideran un modelo para la inclusión digital que considera a la inclusión digital desde esta perspectiva.</p>	Chen y Wellman (2003) citado por Villanueva (s/f)
<p>Este autor considera que se debe reemplazar los clásicos factores como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Infraestructuras y equipamientos; • Condiciones de accesibilidad; • Habilidades y conocimientos; y • Usos de Internet. <p>Por nuevos indicadores que se categorizan en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Extensión de uso • Índices de participación social en la Red • Iniciativas de alfabetización digital • Ámbito tecnológico • Indicadores individuales de proceso 	La Cruz & Galofré (s/f)
<ul style="list-style-type: none"> • Infraestructura – disponibilidad de equipo de cómputo y conexión a internet con esquemas adecuados de mantenimiento y soporte técnico. • Habilidades de uso de esta tecnología. • Oferta de información – desarrollo de sitios con contenidos relevantes al contexto y lengua nacional. • Cambio cultural con mecanismos de fomento al uso de información “formal” aplicable al contexto específico en la toma de decisiones. <p>Este autor considera que para abordar el problema de brecha digital debe considerarse una estrategia que contemple estos factores.</p>	Volkow (2006)

Factores	Autores
<ul style="list-style-type: none"> • Acceso de Red <ul style="list-style-type: none"> ○ Infraestructura de Información. ○ Hardware; Software y Apoyo. • Política de Conexión de Red <ul style="list-style-type: none"> ○ Política TIC. ○ Ambiente de negocio y Economía. • Sociedad Conectada a una Red <ul style="list-style-type: none"> ○ Infraestructura de Información. ○ Oportunidades TIC. ○ Capital Social. • Economía Conectada a una Red <ul style="list-style-type: none"> ○ Comercio Electrónico. ○ Gobierno Electrónico. ○ Infraestructura General. 	Rojas (2011)
<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de conexión <ul style="list-style-type: none"> ○ Conectividad a precio razonable ○ Costo de la tecnología versus el poder adquisitivo ○ Desarrollo de infraestructura tecnológica ○ Infraestructura telefónica fija y móvil ○ Usuarios por máquina • Niveles socioeconómicos <ul style="list-style-type: none"> ○ Ingreso per cápita ○ Distribución del ingreso • Nivel Educativo <ul style="list-style-type: none"> ○ Formación del recurso humano ○ Capacitación básica en el manejo de herramientas ○ Cantidad de personas formadas o capacitadas y grado de formación para el uso de una determinada tecnología • Usos <ul style="list-style-type: none"> ○ Nivel de uso efectivo de los recursos de las TICs ○ Barreras culturales frente a la apropiación ○ Posibilidades de acceso a la información sobre las tecnologías disponibles • Impactos Sociales <ul style="list-style-type: none"> ○ Resolución de problemas concretos para la transformación de la realidad con la ayuda de las TICs <p>Considerada para variables para la medición de la brecha tecnológica (TICs)</p>	Garro (2006)

Si bien la definición es amplia y se refiere al desarrollo, el término de inclusión digital se enfoca a las empresas, la sociedad y las personas como elementos de oportunidad para afrontar con éxito la sociedad

del conocimiento la cual va más allá de la sociedad de la información ya que apunta a transformaciones sociales, culturales y económicas en apoyo al desarrollo sustentable (Unesco, 2005).

En particular Dolors Reig profundiza en la separación en: TIC, Tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento (TAC) y Tecnologías del Empoderamiento y la Participación (TEP) (Reig, 2013:47 citado por Infantas y Vaca, 2018), hablándose de una “sociedad aumentada” por la fuerte influencia de las redes sociales.

Estas grandes transformaciones generan desigualdades debido al avance en las TIC donde la ciencia, la tecnología y el conocimiento pasan a ser centrales en la dinámica del cambio social, lo cual en los últimos años ha sido disruptiva por cinco grandes tendencias tecnológicas repetidas por especialistas como Forbes: el cloud computing, el big data, la IA, el blockchain y el Internet of Things (IoT).

De las tendencias y realidades sin lugar a dudas la IA es la que más repercusión social está teniendo porque trabajando en proyectos de desarrollo incluye la posibilidad de alcanzar procesos cognitivos que antes solo se reservaban para seres humanos, y que de cierta manera pueden ser aplicados a la mejora de procesos y cambios de comportamiento.

En este sentido, BJ. Foggs, quien estudia cómo influye la tecnología en el comportamiento, explica que el conjunto de técnicas empleadas para cambiar el comportamiento de un altísimo número de usuarios, mediante el poder de determinadas aplicaciones informáticas, ha sido bautizado con el nombre de capto logia, del acrónimo en inglés Computers As Persuasive Technologies (CAPT), y del griego λόγος, lôgos, “estudio”, es entendida como un conjunto de técnicas empleadas para lograr la persuasión y el desarrollo de la interfaz hombre-máquina.

6. Generación procesos de innovación para la disminución de la brecha cognitiva

6.1. *Contribución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)*

La IA es una realidad, donde los procesos computacionales, con algún grado de autonomía son capaces de aprender e interactuar en

el entorno con inteligencia. Para el año 2013, se estima que para la próxima década unos 500 millones de robots reemplazarán a los seres humanos. La IA no solo debe considerarse desde la robótica, dado que existen desde finales del Siglo XX diferentes formas de automatismos del software que hoy en día interactúan permanentemente con Big Data y cloud computing, operativos en data centers a lo largo del mundo. Su volumen y crecimiento sucede a un ritmo exponencial. El mercado laboral es uno de los que primero será influenciado por esta transformación digital y se estima que el 65% de los niños tendrán trabajos que hoy no existen. (Pacheco, 2018).

Sin embargo, ¿hacia dónde lleva todo este desarrollo tecnológico? ¿Cómo va a ser la sociedad gracias al futuro tecnológico? La tecnología puede convertirse en un catalizador para la innovación social, aunque es necesario que su uso no responsable pueda acentuar aún más las diferencias sociales.

Los ODS se gestaron en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, celebrada en Río de Janeiro en 2012. El propósito era crear un conjunto de objetivos mundiales relacionados con los desafíos ambientales, políticos y económicos con que se enfrenta nuestro mundo. Los ODS sustituyen a los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), con los que se emprendió en 2000 una iniciativa mundial para abordar la indignidad de la pobreza. Los ODM eran objetivos medibles acordados universalmente para hacer frente a la pobreza extrema y el hambre, prevenir las enfermedades mortales y ampliar la enseñanza primaria a todos los niños, entre otras prioridades del desarrollo. Durante 15 años los ODM impulsaron el progreso en varias esferas importantes: reducir la pobreza económica, suministrar acceso al agua, disminuir la mortalidad infantil y mejorar la salud materna. También iniciaron un movimiento mundial destinado a la educación primaria universal, inspirando a los países a invertir en sus generaciones futuras. (PNUD, 2019b).

Los ODS están compuestos por 17 objetivos interrelacionados, de manera tal que el éxito de uno afecta el de otros, buscando articular acciones responsables de carácter global, las cuales revolucionarían sistemas sociales, gubernamentales y económicos.

Si bien los desafíos existentes son muy grandes (reducir la desigualdad, mejorar la salud, fomentar la paz, alimentación, CC, gestión

de los recursos naturales, entre otros), los ODS nos ofrecen diferentes formas de abordarlos implementando nuevas técnicas o métodos que proporcionen un grado de solución a estos problemas. Estas soluciones requieren de grandes inversiones, que implican nuevas oportunidades de negocios y creación de puestos de trabajo, en un marco de trabajo donde la IA y los Big Data asumirán un rol hegemónico.

Los ODS son especiales por cuanto abarcan las cuestiones que nos afectan a todos. Reafirman nuestro compromiso internacional de poner fin a la pobreza de forma permanente en todas partes. Son ambiciosos, pues su meta es que nadie quede atrás y lo que es más importante, nos invitan a todos a crear un planeta más sostenible, seguro y próspero para la humanidad. (PNUD, 2019b).

6.2. Identificar las implicaciones éticas de la Inteligencia Artificial

La visión general de los ODS, en particular lo referido a las tecnologías digitales, se pueden aprovechar para generar beneficios y atraer inversiones, o bien para fomentar el desarrollo de incubadoras de empresas basadas en el emprendimiento. El perfil de estas empresas se deberá basar en potenciar la innovación social mediante el uso de Big Data, IA, el IoT u otras (Pacheco, 2018).

En este nuevo mundo, se tendrá que integrar a las partes bajo un modelo que resalte las virtudes de cada uno y sostenga un funcionamiento orgánico entre ellas. El Triángulo de Sábado es uno de los modelos más adecuados a nuestro entender, dado que combina la colaboración tanto de entidades públicas, con las entidades privadas y la comunidad científica, buscando el desarrollo científico y tecnológico.

Es necesario preguntarnos ¿Cómo puede ayudar la IA a combatir la pobreza y el hambre, y a fomentar la educación o la protección del medio ambiente? Para garantizar un desarrollo seguro y ético de la IA, y la protección contra consecuencias no deseadas de ésta, se debe comprender como se está transformando nuestro mundo a nivel social, económico y político.

Según el Secretario General de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), António Guterres, “La IA puede ayudar a analizar un enorme volumen de datos que permita mejorar predicciones, prevenir

crímenes y colaborar con los gobiernos para servir mejor a las personas”. Asimismo, advirtió sobre retos y cuestiones éticas a considerar como las preocupaciones que genera en materia de ciberseguridad, derechos humanos y privacidad, aparte de su impacto en el mercado laboral. (Naciones Unidas. 2017).

No es posible considerar que la IA, como tecnología, será la que viene a salvar a la humanidad. Como sucede con cualquier tipo de tecnología, ofrece tanto promesas como riesgos y sus decisiones estarán basadas en datos pero que terminarán afectando el mundo que habitamos. A modo de ejemplo, téngase presente el caso de la empresa ProPública la cual detectó que un software que asiste a tribunales en EEUU en la determinación de sentencias (específicamente en los Estados de Arizona, Colorado, Delaware, Kentucky, Louisiana, Oklahoma, Virginia, Washington y Wisconsin), y que también permite evaluar los riesgos de volver a cometer un crimen, sistemáticamente determinaba penas más graves en contra de reclusos de raza negra, señalando que era dos veces más probable que volvieran a cometer un crimen que los reclusos de raza blanca. Esta evaluación está basada en preguntas como el historial de los padres que experimentaron servicios penitenciarios y el uso de drogas por parte de amigos y conocidos, pero no incluye la cuestión de la raza.

En última instancia, las máquinas son tan morales como las personas que las desarrollan, por lo cual se debe analizar la ética y moral de estos técnicos, ya que las consecuencias de la tecnología, impacta en los derechos humanos de los ciudadanos. (PNUD, 2018).

En la República Argentina durante el año 2017 se presentó el software Prometea (de características similares al usado en EEUU), que utiliza algoritmos predictivos basados en machine learning supervisado, para analizar la viabilidad de demandas judiciales, buscando ahorrar y dinamizar el tiempo, lo cual sería en primera instancia muy ventajoso para el sistema judicial. Dado que el programa funciona de manera automática y sin supervisión humana, es indispensable analizar, al igual que el modelo de control tradicional (Figura 1), los datos de entrada, la base de conocimiento usada y los algoritmos utilizados para la toma de decisiones. A partir de la inferencia de resultados de salida, se deben analizar y validar, mediante el análisis humano intervenido por su propia ética y moral, provocando esta fase una

realimentación del sistema. Durante la fase de prueba y entrenamiento, el programa se usó en la Corte Constitucional de Colombia, en casos donde se trataban derechos fundamentales como la salud y la vivienda.

6.3. Establecer las implicaciones de la Inteligencia Artificial y las Tecnologías de la Información y la Comunicación en la Brecha Digital

Cuando se aplican técnicas inteligentes en diferentes contextos sociales, la fase crítica es la de entrenamiento del sistema, dado que ahí es donde obtendremos los primeros resultados y en donde se realizarán los ajustes para el mejor comportamiento del sistema. La ética es un factor dominante en todo proceso computacional, más aún si este será autónomo sin supervisión humana. Es importante, antes de iniciar el modelado o programación de los algoritmos, fijar como objetivos globales del sistema que se cumplan con los principios de derecho, justicia e igualdad de oportunidades, dado que en cierto punto las computadoras tomaran decisiones por los seres humanos, y esta debe ser justificable, transparente y ética.

Un criterio elemental al momento de pensar en la IA como solución de problemas, es considerar cuales son las preocupaciones de los ciudadanos de determinadas comunidades, las cuales se encuentran radicadas en lugares que cuentan con su propia cultura, arraigadas a usos y costumbres, y con sus propias formas de gobierno. Este concepto es necesario considerarlo al inicio del análisis del problema, dado que no existen soluciones globales o únicas. Las personas y sus comunidades requieren de soluciones puntuales.

Existen empresas y organizaciones que desarrollaron observatorios locales, que permiten comprender a diferentes profundidades la problemática de la comunidad, y pueden adaptar esto a los ODS. Las herramientas tecnológicas que utilizan van desde las redes sociales, canales de atención al público, encuestas, celulares, entre otras, para generar un volumen suficiente de datos que permita inferir conocimiento aplicable. Las áreas de trabajo en las cuales se enfocan estos programas son las prioridades sociales, educación de calidad, radicación de industrias o inclusión social.

7. Conclusiones

Las TIC y la IA, la integración de los dispositivos y sensores, su interconectividad, el almacenamiento masivo de datos y los algoritmos inteligentes, conforman un universo tecnológico que viene a brindar soluciones de largo alcance, más requiere que los seres humanos garanticemos que la ética participa de ellos, pasando por la necesidad de plantearnos cómo será la convivencia laboral entre robot y humanos, que dará lugar a normativas diferentes, creando nuevos trabajos y funciones impensadas en la actualidad para los hombres.

Las ventajas y desventajas de esta nueva realidad, que gana espacio a una velocidad superior al Derecho, provoca que se deba prestar la debida atención a la armonía que debe existir entre lo científico, jurídico y moral. Así se generan nuevos dilemas que van desde la toma de decisiones de las máquinas hasta la determinación de a quien le cabe la responsabilidad de sus acciones.

La IA y las TIC deben estar atravesadas por la Ética, siendo éste el nuevo gran desafío para la humanidad.

Índice de doctrina

- Agazzi, E. (1996). *El bien, el mal y la ciencia*. Madrid, España: Tecnos.
- Aguilar Fernández, S., Jordan, A. J. (2003) “Principio de precaución, políticas públicas y riesgo”. Recuperado de: www.ucm.es/centros/cont/descargas/documento2694.doc y en *Política y sociedad*, ISSN 1130-8001, Vol. 40, N° 3.
- Alcoberro, R., 2014. “El principio de precaución” *Revista Colombiana de Bioética*, vol. 9, núm. 1, enero-. Bogotá, Colombia. Universidad El Bosque.
- Alder, J., Wilkinson, D. E (1999). *Environmental Law and Ethics*, Macmillan Law Masters, Law Series:150 Editor Marisa Crimean, Gran Bretaña, Gales Mac Millan Press Ltd.
- Aledo, A., Galanes, J., Ríos, A. “Éticas para una sociología ambiental” (Univ. Nac de Quilmes. Recuperado de: <http://www.ua.es/personal/antonio.aledo/docs/libro/cap5.pdf>
- Alterini, A.A. (1987). *Contornos actuales de la responsabilidad civil*, 17. Buenos Aires. Abeledo Perrot.
- Alterini, A.A. (2007). “Respuestas ante las nuevas tecnologías: Sistema, principios y jueces”, *La Ley* 2007-F, 1338.
- Andorno, R. (2002). El principio de precaución: un nuevo standard jurídico para la era tecnológica, en *La Ley*, T. D
- Andorno, R. (2003). Pautas para una correcta aplicación del principio de precaución, *Jurisprudencia Argentina* III.
- Andorno, R. (2004). Validez del principio precautorio como instrumento jurídico”, Romeo Casabona, *Principio de Precaución, biotecnología y derecho*, Bilbao-Granada: Cátedra Interuniversitaria/Fundación BBVA/ Diputación Foral de Bizkaia de Derecho y Genoma Humano/Universidad de Deusto/Universidad del País Vasco
- Anguela, X. M., & High, K. A. (2019). Entering the Modern Era of Gene Therapy. *Annu RevMed*, 70, 273-288. doi: 10.1146/annurev-med-012017-043332
- Asprino Salas, M. (2012). *La Bioseguridad en España. Principios europeos para el manejo seguro de la biotecnología*. España. Ed. Académica Española.
- Ayestaran, A. I., “Sobre Jonas: Globalización y alter globalización en la era de la hiperpolítica”. Recuperado de: www.e-tester.net/dvd/docs/es_ciber04.pdf
- Azevedo, V. F., Babini, A., Caballero-Uribe, C. V., Castaneda-Hernandez, G., Borlenghi, C., & Jones, H. E. (2019). Practical Guidance on Biosimilars,

- With a Focus on Latin America: What Do Rheumatologists Need to Know? *J Clin Rheumatol*, 25(2), 91-100. doi: 10.1097/RHU.0000000000000881
- Bahona Nieto, E. (2004) “El principio de precaución, principio orientativo de las decisiones de las administraciones públicas”, Romeo Casabona (ed), *Principio de Precaución, biotecnología y derecho*, Bilbao-Granada: Cátedra Interuniversitaria/Fundación BBVA/Diputación Foral de Bizkaia de Derecho y Genoma Humano/Universidad de Deusto/Universidad del País Vasco.
- Belmonte, S., Franco, J., Garrido, S., Díscoli, C., Martini, I., Escalante, K., González, J., Viegas, G., Chevez, P., Barrios, M., SchmuKler, M., Sarmiento, N., González, F., Lalouf, A. (2017). *Experiencias de Energías Renovables en Argentina: Una mirada desde el territorio*. Editorial EUNSa, 1ra Edic., ISBN N° 978-987-633-523-2. Recuperado de: http://energiarenovablesociedad.com/publicaciones/experiencias_de_energias_renovables_argentina.pdf
- Benjamin, A. (2001) “Derechos de la naturaleza”, *Obligaciones y Contratos en los albores del siglo XXI*, Bs. As. Abeledo Perrot.
- Beran, D., Perrin, C., Billo, N., & Yudkin, J. S. (2014). Improving global access to medicines for non-communicable diseases. *Lancet Glob Health*, 2(10), e561-562. doi: 10.1016/S2214-109X(14)70189-5
- Bergel, S. (2001a). El principio precautorio y la transgénesis de variedades vegetales. *Biotecnología y Sociedad*.
- Bergel, S. (2001b). Introducción del principio precautorio en la responsabilidad civil. *Derecho Privado*, libro homenaje a Alberto Bueres, Bs.As., Hammurabi.
- Bergel, S. (2008). El principio de precaución como criterio orientador y regulador de la bioseguridad, Romeo Casabona, Carlos María [ed.] *Biotecnología, desarrollo y justicia*; Series: Cátedra interuniversitaria de Derecho y Genoma Humano, Bilbao Granada. Fundación BBVA-Diputación Foral de Bizkaia y Editorial Comares.
- Bestani, A. (2012). *Principio de Precaución*. Buenos Aires, Argentina: Ed. Astrea.
- Bestani, A. (2011) “Principio Precautorio, Fraternidad y Generaciones Futuras”, *Fraternidad y Conflicto: enfoques, debates y perspectivas*, Buenos Aires, Editorial Ciudad Nueva- RUEF. (2012). *Principio de Precaución*. Buenos Aires, Ed. Astrea.
- Bianca Bittar, E.C. “O direito napós-modernidade” Recuperado de: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-O DerechoNaPosmodernidade-4818234.pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-O%20DireitoNaPosmodernidade-4818234.pdf)
- Bibiloni, H. M. (2001). “Los principios ambientales y la interpretación (Su aplicación política y jurídica)”, *Jurisprudencia Argentina*, T.I.

- Blanco, C. A., Chiaravalle, W., Dalla-Rizza, M., Farias, J. R., García-Degano, M. F., Gastaminza, G., Willink, E. (2016). Current situation of pests targeted by Bt crops in Latin America. *Curr Opin Insect Sci*, 15, 131-138. doi: 10.1016/j.cois.2016.04.012
- Boardman, B. (1991). *Fuel Poverty: from cold homes to affordable warmth*. London, United Kingdom: Belhaven Press.
- Borges, B. J. P., Arantes, O. M. N., Fernandes, A. A. R., Broach, J. R., & Fernandes, P. M. B. (2018). Genetically Modified Labeling Policies: Moving Forward or Backward? *Front Bioeng Biotechnol*, 6, 181. doi: 10.3389/fbioe.2018.00181
- Bota Arqué, A. (2003). “El impacto de la biotecnología en América Latina: espacios de participación social”, *Acta Bioética*, año IX, n° 1: 21 y ss. Recuperado de: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-569X2003000100003
- Bourg, D. (2000) “Du progrès à la précaution”, en *Le principe de précaution*, Bruxelles, Belgique Ed. par Zaccai, Edwin-Missa, Jean Noel.
- Bremner, P., Dennis, L. A., Fisher, M., & Winfield, A. F. (2019). On Proactive, Transparent, and Verifiable Ethical Reasoning for Robots. *PROCEEDINGS OF THE IEEE*, 107(3), 541-561. doi:10.1109/JPROC.2019.2898267
- Brent, R. (2003). *Cost-Benefit Analysis and Health Care Evaluations*. Cheltenham, United Kingdom: Edward Elgar Publishing.
- Bunge, M. A. (1972) La ciencia, su método y su filosofía, Bs.As. Ediciones Siglo Veinte.
- Cafferatta, N., Goldenberg, I. (2002). El principio de precaución, *Jurisprudencia Argentina* T- IV.
- Cafferatta, N. (2006). Principios de Derecho Ambiental, *Jurisprudencia Argentina* 2006-II-1142. “El Principio Precautorio”. Recuperado de: <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/444/cap1.html>
- Cans, Ch. (2000). “Le principe de précaution nouvel élément du contrôle de légalité”, en *Revue Francaise de Droit Administratif*, n° 4, julio-agosto, Sirey, París, traducido y publicado en *Investigaciones*, 1, 195 y ss., Secretaría de Investigación del Derecho Comparado, Corte Suprema de Justicia de la Nación.
- Carta González, J. A., Calero Pérez, R., Colmenar Santos, A., Castro Gil, M. (2009). *Central de energías renovables: Generación eléctrica con energías renovables*. En (Ed.) Pearson – Prentice Hall. España.
- Carrington, D. (2016). “The Anthropocene epoch: scientists declare dawn of human- influenced age”. Recuperado de: <https://www.theguardian.com/environment/2016/aug/29/>
- Castro Rivera, E.R. (2018). “Los Mecanismos Democráticos en las Constituciones de América Latina”, *Revista de la Facultad de Derecho de México*, Tomo LXVIII, Número 270, enero-abril.

- Cely Galindo, G. (2009). “Clave bioética en la gestión del Riesgo biotecnológico”, *Revista Latinoamericana de Bioética*, Vol. 9, núm. 2, edición 17.
- Cerco Seira, C. (2003). “El principio de Precaución”, *Temas Sociojurídicos, Revista del Centro de Investigaciones Socio-Jurídicas*, vol. 21 n° 45 Fac. de Derecho, Univ.Aut.Bucaramanga.
- Cheng, L., Abraham, J., Hausfather, Z., y Trenberth, K. (2019). How fast are the oceans warming? *Science*, volumen (363), pp. 128-129. doi: 10.1126/science.aav7619
- Cicale, A. M. y otros: “El Principio de Precaución y sus alcances”, Recuperado de: www.casi.com.ar/institutos/irna/principio_precaucion.htm
- Ciuro Caldani, M. (1982). Meditaciones acerca de la ciencia jurídica. *Rev. de la Fac. de Derecho UNR*, n°273, 92.
- Ciuro Caldani, M. (2009). El derecho a la salud ante una nueva era histórica. *Investigación y Docencia*, n° 42, Rosario
- CNMC (2017). Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia. *El acceso universal a la energía. La electrificación rural aislada. Visión en Iberoamérica*. Navarra, España: Editorial Aranzadi. Recuperado de: https://unmundosalvadorsoler.org/_Files/foro/Libro%20Acceso%20Universal.pdf
- Conill, J. (2005). “Ciencia, técnica y filosofía en nuestra situación intelectual desde la perspectiva de Ortega, Zubiri, y Aranguren”, *The Xavier Zubiri Review*, vol. 7, Valencia, España, Universidad de Valencia.
- Correa, M. E., Flynn, S., & Amit, A. (2004). *Responsabilidad social corporativa en América Latina: una visión empresarial*. Santiago de Chile, Chile: Naciones Unidas - CEPAL.
- Cortina, A. (2004). “Fundamentos filosóficos del principio precautorio” Romeo Casabona (ed). *Principio precautorio, biotecnología y derecho*, Bilbao-Granada: Cátedra Interuniversitaria/Fundación BBVA/Diputación Foral de Bizkaia de Derecho y Genoma Humano/Universidad de Deusto/Universidad del País Vasco
- Costa Lima, A. J. (2011). “La dialéctica de la fraternidad, de la dignidad y del pluralismo”, *Fraternidad y conflicto. Enfoques, debates y perspectivas*. Buenos Aires, Editorial Ciudad Nueva- RUEF
- Cózar Escalante, J.M. (2005). “Principio de precaución y medio ambiente”, *Revista Española de Salud Pública*; vol. 79, n° 2. Recuperado de: http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1135-57272005000200003&script=sci_arttext.
- Cui, H., Nowicki, M., Fisher, J. P., & Zhang, L. G. (2017). 3D Bioprinting for Organ Regeneration. *Adv Healthc Mater*, 6(1). doi: 10.1002/adhm.201601118
- De Angel Yáñez, R. (2011). “Un singular contraste, en la jurisprudencia española, sobre el significado jurídico del ‘estado de la ciencia’: resoluciones judiciales sobre riesgos de exposición a campos electromagnéticos”,

- Revista de Responsabilidad Civil y Seguros (RCyS) IV* Cita Online: AR/DOC/605/2011
- Dernas de Clément, Z. “El ‘principio de precaución’ en materia ambiental – Nuevas tendencias”. Recuperado de: <http://www.acader.unc.edu.ar/art-precipiodeprecaucion.rtf>
- Drucaroff Aguiar, A. (2005). “El riesgo cierto de la extinción humana (A propósito de la entrada en vigencia del Protocolo de Kyoto)”, *Revista de Derecho Ambiental*, n° 3. Buenos Aires. Lexis Nexis.
- Esaín, J. (2006). “El amparo ambiental y las diferentes acciones derivadas del daño ambiental de incidencia colectiva”, *Doctrina Judicial*, T.II, Sección Doctrina
- Escobar Triana, J. (2006). “Bioética y ética ambiental”, *Jurisprudencia Argentina* TIV-1222. Esser, J. (1961). *Principio y norma en la elaboración jurisprudencia del Derecho Privado*, Barcelona, Bosch.
- Esteve Pardo, J. (2005). “La operatividad del principio de precaución en materia ambiental”, en *El principio de precaución y su proyección en el derecho administrativo español*, Madrid, Consejo General del Poder Judicial, Centro de Documentación General.
- Etheridge, D., Steele, L., Langenfelds, R., Francey, R., Barnola, J., y Morgan, V. (1996). Natural and anthropogenic changes in atmospheric CO₂ over the last 1000 years from air in Antarctic ice and firn. *Journal of Geophysical Research*, 101 (no. D2), 4115-4128, <https://doi.org/10.1029/95JD03410>
- Ewald, E. (1997). *Le retour du malin genie. Esquisse d'une philosophie de la précaution*, en Goddard, O.: *Le principe de précaution*. Paris Éditions de la maison des Sciences de l'Homme, INRA.
- Facciano, L. (2001). “La Agricultura Transgénica y las regulaciones sobre bioseguridad en la Argentina y en el orden internacional”, 247, Rosario, Sta. Fe. Argentina. Instituto de Derecho Agrario del Colegio de Abogados de Rosario.
- Fauth, G., Villavicencio Calzadilla, P. (2013). “Una reflexión sobre los “nuevos” derechos.
- Federico, S. (2002). “Il rischi da ignoto tecnologico e il mito delle discipline”, en obra colectiva, *Il rischi da ignoto tecnologico*, Giuffrè, Milano
- Figuroa Yañez, G. (2004). “El principio de precaución frente a los viejos conceptos de la responsabilidad civil”, Romeo Casabona (ed). *Principio precautorio, biotecnología y derecho*, Bilbao-Granada: Cátedra Interuniversitaria/Fundación BBVA/Diputación Foral de Bizkaia de Derecho y Genoma Humano/Universidad de Deusto/Universidad del País Vasco
- Follari, R. (2000). *Epistemología y sociedad*, Sta. Fe, Argentina, Homosapiens ediciones

- Franca-Tarrago, O. “Introducción a la ética empresarial, profesional y laboral”. Recuperado de: <http://www.usma.ac.pa/web/DI/images/Eticos/Etica,%20Ecolog%C3%ADa%20y%20Empr%20esa.pdf>.
- García, J.A. “Retórica argumentación y derecho”. Recuperado de: <http://www.sitios.scjn.gob.mx/instituto/sites/default/files/archivos/retorica-argumentacion-y-derecho.pdf>
- García, R. (2011). *Satisfacción de necesidades energéticas básicas. Una propuesta conceptual y metodológica para integrar la pobreza energética en la dimensión social del desarrollo sustentable*. Investigación ganadora del Premio Gustavo Cabrera Acevedo 2011.
- García, R., & Araujo, D. V. (2016). The Regulation of Biosimilars in Latin America. *Curr Rheumatol Rep*, 18(3), 16. doi: 10.1007/s11926-016-0564-1
- Geistfeld, M. (2001). “Reconciling cost-benefit analysis with the principle that safety matters more than money”. *New York University Law Review*, vol. 76:114
- Goffi, J. (2000). “Le principe de précaution: un moment nouveau dans la philosophie de la technique?” *Le principe de précaution*, Bruxelles, Belgique Ed. par Zaccari, Edwin- Missa, Jean Noel.
- Goldenberg, I. H., Cafferatta, N. (2002). “El principio de precaución”, *Jurisprudencia Argentina* T.IV-1442 y ss
- González, Carmen, G. (2012). “Organismos Genéticamente Modificados (OGM) y Justicia: Implicaciones de la Biotecnología para la Justicia Ambiental Internacional”, Seattle University. http://works.bepress.com/carmen_gonzalez/24
- González-Eguino, M. (2014). La pobreza energética y sus implicaciones. The BC3 Working Paper Series (2014-2018). Recuperado de: http://www.bc3research.org/lits_publications.htm
- Gordillo, M.M., López Cerezo, J.A., “Acercando la ciencia a la sociedad: la perspectiva CTS su implementación educativa”. Recuperado de: <http://www.oei.es/historico/salactsi/mmartin.htm>
- Grosieux, P. (2003). *Principe de precaution et sécurité sanitaire*, Presees Universitaires d’Aix- Marseille, Centre de Droit de la Santé (CDSA).
- Hardin, G. (1968). *The tragedy of the commons*, *Science*, pp. 1243–1248. doi: 10.1126/science.162.3859.1243.
- Healy, J. (2004). *Fuel Poverty and Health: A Pan European Analysis*, Ashgate Publishing Ltd.
- Hottois, G. (1991). *El paradigma bioético. Una ética para la tecnología*. Barcelona. Antropos. Recuperado de: <https://www.nature.com/articles/nature19082>,
- Hutchinson, T. (1999). “Responsabilidad pública Ambiental”. *Daño Ambiental*. Sta. Fe. Rubinzal- Culzoni.

- ISAAA (2016). *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2016*. New York, United States: International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA).
- Ivanega, M. (2011). “La administración pública del siglo XXI: Entre la utopía y la realidad”, *La Ley* 2011-B, 676. Cita Online:AR/DOC/527/2011.
- Jonas, H. (1995). *El principio de Responsabilidad: Ensayo de una ética para la civilización tecnológica*. Barcelona. Herder
- Karl, T., Arguez, A., Huang, B., Lawrimore, J., McMahan, J., Menne, M., Peterson, T., Vose, R., y Zhang, H. (2015). Possible artifacts of data biases in the recent global surface warming hiatus. *Science* 26, 348 (6242), 1469-1472. doi: 10.1126/science.aaa5632
- Kemelmajer de Carlucci, A. (2016). “La función preventiva de la responsabilidad en el Código Civil y Comercial de la Nación”, *La acción preventiva en el Código Civil y Comercial de la Nación*, Peyrano (dir) Sta. Fe., Rubinzal Culzoni.
- Kliksberg, B. (2017). *Responsabilidad social en un mundo turbulento. Implicancias para la justicia*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Jusbaire.
- Klimousky, G. (1997). *Las desventuras del conocimiento científico*, Bs As, AZ editores.
- Kottow, M. (1995). *Introducción a la bioética*. Santiago de Chile, Ed. Universitaria
- Kottow, M. (2001). Propositiones bioéticas para sociedades en riesgos biotécnicos. Bergel, Salvador y Díaz A. (dir.) *Biotecnología y Sociedad*, Bs.As., Ciudad Argentina.
- Kulp, S.A., Strauss, B.H. (2019). New elevation data triple estimates of global vulnerability to sea-level rise and coastal flooding. *Nat Commun* 10, 4844. Recuperado de: <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12808-z>
- Ladrière, J. (1997). *La ética en el universo de la racionalidad*. Colección Filosofía, Tucumán. Argentina. Ed. UNSTA.
- Lander, E. S., Linton, L. M., Birren, B., Nusbaum, C., Zody, M. C., Baldwin, J., International Human Genome Sequencing, C. (2001). Initial sequencing and analysis of the human genome. *Nature*, 409(6822), 860-921. doi: 10.1038/35057062
- Latour, B. (1987). “Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers through Society”, UK, Open University Press.
- Lechner, N. (1987). “El realismo político: una cuestión de tiempo”, *¿Qué es el realismo en la política?* Bs. As., Argentina, Ed. Catálogos
- Leite, J., Morato, R., Ayala, P. de Araujo. *Derecho ambiental en la sociedad de riesgo*, Rio de Janeiro, Forense. Universitaria.
- Lewis, P. (1982). *Fuel poverty can be stopped*. Bradford, United Kingdom: National Right to Fuel Campaign.
- Li, X. F., Zhou, Y. W., Cai, P. F., Fu, W. C., Wang, J. H., Chen, J. Y., & Yang, Q. N. (2019). CRISPR/Cas9 facilitates genomic editing for large-scale

- functional studies in pluripotent stem cell cultures. *Hum Genet.* doi: 10.1007/s00439-019-02071-z
- Liddel, C., Morris, C., McKenzie, S.J.P. y Rae, G. (2012). Measuring and monitoring fuel poverty in the UK: National and regional perspectives. *Energy Policy*, 49, 27-32.
- Lin-Easton, P. (2001). "It's time for environmentalist to think small-real small", *The Georgetown International Environmental Law Review*, vol. 14, Issue 1-107.
- Loperena Rota, D. (1998), *Los principios de derecho ambiental*. España. Civitas
- Lizarraga, A., & Mysler, E. (2019). Similar and mimics: Latin America bio-similar regulations. *Int J Rheum Dis*, 22(1), 6-8. doi: 10.1111/1756-185X.13461
- Lovece, G. (2009). "Los avances técnico-científicos y la adecuación normativa", *Revista de Responsabilidad Civil y Seguros*, T.VI, 150.
- MacFarling Meure, C., Etheridge, D., Trudinger, C., Steele, P., Langenfelds, R., van Ommen, T., Smith A., y Elkins, J. (2006). Law Dome CO₂, CH₄ and N₂O ice core records extended to 2000 years BP. *Geophysical Research Letters*, 33 (L14810). doi:10.1029/2006GL026152
- Márquez Moreno, J. (2011). "El principio precautorio: alcances para su aplicación en la legislación ambiental peruana". Recuperado de: <http://www.monografias.com/trabajos72/principio-precautorio-legislacion-ambiental-peruana/principio-precautorio-legislacion-ambiental-peruana2.shtml> 13/12/2011
- Mathus Escorihuela, M. (2003). "Tutela judicial del ambiente", *La Ley Gran Cuyo* (oct.), 631.
- McQuestion, M., García, A. G. F., Janusz, C., & Andrus, J. K. (2017). National legislation and spending on vaccines in Latin America and the Caribbean. *J Public Health Policy*, 38(1), 3-15. doi: 10.1057/s41271-016-0052-x
- Mellado Ruiz, L. (2008). "La bioseguridad como concepto jurídico", *Revista Catalana de Dret Públic*, núm. 36, 19-54, Universidad de La Rioja. España. Dialnet. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/ejemplar/194254>
- Mendis, S., Fukino, K., Cameron, A., Laing, R., Filipe, A., Jr., Khatib, O., Ewen, M. (2007). The availability and affordability of selected essential medicines for chronic diseases in six low- and middle-income countries. *Bull World Health Organ*, 85(4), 279-288. doi: 10.2471/blt.06.033647
- Moles Nieto, S. "El principio de precaución como elemento central de la ética de la responsabilidad" (Universitat de València). Recuperado de: http://www.uibcongres.org/imgdb/archivo_dpo1845.doc.
- Moore, R. (2012). Definitions of fuel poverty: Implications for policy. *Energy Policy*, 49, 19-26.
- Morello, A. (1992). "El derecho procesal civil en los umbrales de un nuevo milenio", *Jurisprudencia Argentina*, 1992-II.854.

- Morin, E. (1999). “*El Método III. El conocimiento del conocimiento*”, 243. Madrid, Cátedra (3ª ed.).
- NENT (2004). The National Research Ethical Committee for Natural Science and Technology- “The precautionary principle: between research and politics”. Norway Editing and layout: Matthias Kaiser and Hilde Storvik. Web edition
- Noiville, Ch. (2007). “Ciencia, decisión, acción: tres observaciones en torno del principio de precaución”, en Sozzo, Gonzalo (coord.) *El gobierno de los riesgos*. Sta. Fe. Argentina. Univ. Nac. Litoral.
- Olasolo, H. (2016). “Reflexiones finales: ¿educación para una cultura ciudadana del perdón por crímenes internacionales o para una reducción del impactante contraste en la sociedad internacional del siglo XXI entre la sofisticación tecnológica y el primitivismo ético material?”, Olasolo, H. (Ed.). *Derecho Internacional Penal y Humanitario*, Valencia. Tirant lo Blanch. Universidad del Rosario & Instituto Iberoamericano de La Haya.
- Ozawa, S., Clark, S., Portnoy, A., Grewal, S., Stack, M. L., Sinha, A., Walker, D. (2017). Estimated economic impact of vaccinations in 73 low- and middle-income countries, 2001-2020. *Bull World Health Organ*, 95(9), 629-638. doi: 10.2471/BLT.16.178475
- Parakh, S., King, D., Gan, H. K., & Scott, A. M. (2020). Current Development of Monoclonal Antibodies in Cancer Therapy. *Recent Results Cancer Res*, 214, 1-70. doi: 10.1007/978-3-030-23765-3_1
- Pearce, F. (2016). “Shock of the Anthropocene: Winners and losers in new world era” Recuperado de: [https://www.newscientist.com/article/2075045-shock-of-the-anthropocene-winners-and-losers-in-new-world-era/Review 27;](https://www.newscientist.com/article/2075045-shock-of-the-anthropocene-winners-and-losers-in-new-world-era/Review%2027;)
- Pedace, E.A. (2001). “Reflexiones sobre ética y responsabilidad ambiental”, *Humanismo ambiental: terceras jornadas de reflexión*, Ediciones de la Acad.Nac.Der.Córdoba n°26. Córdoba, Argentina. Academia Nacional de Derecho y Ciencias Sociales de Córdoba.
- Pedraza, J. M. (2012). The current and future role of renewable energy sources for the production of electricity in Latin America and the Caribbean. *International Journal of Energy, Environment and Economics*. ISSN: 1054-853x volume (20), number 5.
- Pehl, M., Arvesen, A., Humpenöder, F., Popp, A., Hertwich, E., y Luderer, G. (2017). Understanding future emissions from low-carbon power systems by integration of life-cycle assessment and integrated energy modelling. *Nature Energy*. DOI: 10.1038/s41560-017-0032-9.
- Pérez Moreno, A. “Instrumentos de Tutela Ambiental”. Recuperado de: http://huespedes.cica.es/gimadus/00/Instrumentos_Tutela_Ambiental.htm

- “Perspectivas y desafíos en el siglo XXI”, Derecho PUCP-Núm.70, junio, 279-289, VLEX-487993414. Recuperado de: <http://vlex.com/vid/derechos-perspectivas-siglo-xxi-487993414>.
- Pfeiffer, M. L. (2004). “‘Progreso’ y ciencia. Una reflexión ética”; *Bioética ¿estrategia de dominación para América Latina?*, Mar del Plata, Argentina. Ed. Suárez (2012) “El principio de precaución Su aplicación al ámbito de las investigaciones biotecnológicas” (UBA-CONICET). Recuperado de: <http://www.aabioetica.org/nevo2.htm>
- PNUMA (2002). Manifiesto por la vida. Recuperado de: www.pnuma.org.
- Ponce del Castillo, A.M. (2006). “La deshumanización del hombre. Reflexiones de León R. Kass sobre la clonación humana”. *Cuadernos de Bioética*, 60, vol. XVII, 2º, mayo- agosto, 195. Madrid. Univ. Complutense de Madrid
- Pratesi, S. (2007). *Generazioni future? Una sfida per i diritti umani*, G. Giapichelli editore, Collana di studi giuridici e politici diretto da Teresa Serra, n° 7. Torino, Inter. ESSE.
- Quijada Bellorin (2007). “Inteligencia Artificial” Ciencia. Recuperado de: <http://works.bepress.com/leopoldojess-quijsadabellorin/4/>
- Raman, R. (2017). The impact of Genetically Modified (GM) crops in modern agriculture: A review. *GM Crops Food*, 8(4), 195-208. doi: 10.1080/21645698.2017.1413522
- Rebolledo Aguirre, S. (2012). “La relación entre los riesgos, la precaución y la responsabilidad en los daños al medio ambiente por la liberación de organismos genéticamente modificados”, *Revista de Derecho Ambiental de la Universidad de Palermo* Año I. N. 1, 189 y ss.
- Razo, C., Ludeña, C., Saucedo, A., Astete-Miller, S., Hepp, J., Vildósola, A. (2007). *Producción de biomasa para biocombustibles líquidos: el potencial de América Latina y el Caribe*. CEPAL. Recuperado de: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4581/1/S0700830_es.pdf
- Rifkin, J. (2002). *The Hydrogen Economy*. New York: Tarcher
- Ripple, W., Wolf, C., Newsome, T., Barnard, P., Moomaw, W., and 11,258 Scientist Signatories from 153 Countries. Scientists’ Warning of a Climate Emergency (2019). *Bioscience. Oxford Academic*. Recuperado de: <https://doi.org/10.1093/biosci/biz088>
- Rodríguez Cumplido, D., & Asensio Ostos, C. (2018). [Biological and bio-similar drugs: Clarifying concepts]. *Aten Primaria*, 50(6), 323-324. doi: 10.1016/j.aprim.2018.01.002
- Rodríguez, C.A. (2007). “Derecho Ambiental y la Doctrina Social de la Iglesia”, *La Ley Online* Cita Online: AR/DOC/3704/2007
- Romero-Pérez, X. L. (2015). *Pobreza energética en el Caribe insular*. Serie Documentos de Trabajo, n.º 65. Departamento de Derecho Constitucio-

- nal, Universidad Externado de Colombia. Recuperado de: <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01435498>
- Rondinara, S. (2009). “Crisis ambiental – crisis antropológica. Un enfoque ético y filosófico” en el Salón Auditorio del Museo de La Plata, La Plata, Buenos Aires, Argentina. Conferencia del 6 de julio.
- Sagan, Carl. (1997). *Billions and billions: thoughts on life and death at the brink of the millennium*. New York, USA: Ballantine books
- Scala, J. (2004) “El fin del mito del progreso indefinido”. Recuperado de: <http://www.ecologia-social.org/pdfpensamiento>
- Sosa, N. “Ética ecológica: entre la falacia y el reduccionismo”, Recuperado en: <http://www.ensayistas.org/critica/ecologia/sosa/sosa2.htm>
- Sovacool, B. (2016). How long will it take? Conceptualizing the temporal dynamics of energy transitions. *Energy Research & Social Science*, volumen (13), 202-215.
- Stern, N. (2007). *The Economics of Climate Change*. *The Stern Review*. Nueva York: Cambridge University Press.
- Stoddard-Bennett, T., & Pera, R. R. (2020). Stem cell therapy for Parkinson’s disease: safety and modeling. *Neural Regen Res*, 15(1), 36-40. doi: 10.4103/1673-5374.264446
- Stromberg, J. (2013). *The Age of Humans What Is the Anthropocene and Are We in It?* Recuperado de: <http://www.smithsonianmag.com/science-nature/what-is-the-anthropocene-and-are-we-in-it-164801414>
- Subcommission on quaternary stratigraphy (2016). “Working group on the ‘anthropocene’”. Recuperado de: <https://quaternary.stratigraphy.org/workinggroups/anthropocene/Tallacchini>
- Tallacchini, M.C. (1996). *Il diritto per la natura. Ecología e filosofia del diritto*, 19,
- Tickner, J., Raffensperger, C., Myers, N. (1999), “El principio precautorio en acción”, Manual, Science and Environmental Health Network, SEHN. Recuperado de: <http://sehn.org/rtdfdocs/handbook-rtf.rtf>.
- Tinant, E.L. (2008). “Progreso científico y tecnológico y derechos humanos. Con especial referencia al derecho a la salud”, Buenos Aires, La Plata. UNLP.
- Tinland, F. (2000). “Progrès technologique, emprise sur la nature et devenir humain”, en Zaccai et Missa (ed) *Le principe de précaution*, Bruxelles, Belgique Ed. par Zaccai, Edwin-Missa, Jean Noel.
- Tirado Herrero, S. y Jiménez Meneses, L. (2016). Energy poverty, crisis and austerity in Spain. *People, Place and Policy*. 10/1, 42-56. DOI: 10.3351/ppp.0010.0001.0004
- Torino. Editore: Giappichelli Collana: Recta ratio. Testi e studi. Seconda serie
- Torres, R. (2003). “Al hilo de la precaución: Jonas y Luhmann sobre la crisis ecológica”, *Política y Sociedad*, Madrid, Fac. de Cs. Políticas y Sociología de la Univ. Complutense de Madrid, vol. 40 n° 3.

- UNESCO (2005). "The Precautionary Principle Report". World Commission on the Ethics of Scientific Knowledge and Technology, Paris.
- Vaclav, S. (2010). *Energy Transitions: History, Requirements, Prospects*. Santa Bárbara, California: Praeger.
- Vanegas Mahecha, S. (2004). "Una mirada a través de la noción de riesgo", *Universitas Humanistica*, 93, Facultad de Ciencias Sociales, N° 57, año XXX, enero-junio, Bogotá, Pontificia Universidad Javeriana.
- Vessuri, H. (2006). "La gobernabilidad de los riesgos de la ciencia y tecnología", *Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas INCI* v.31 n.4 Caracas. Recuperado de: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006000400001
- Villey, M. (1980). *En torno al contrato, la propiedad y la obligación*, Bs.As. Editorial Buenos Aires. Editor Ghersi.
- Viney, G., Kourlisky, P. (2000). *Le principe de précaution, Rapport au Premier Ministre*. Paris. La Documentation Française
- Voosen, P. (2018). Meet Vaclav Smil, the man who has quietly shaped how the world thinks about energy. *Sciencemag.org*. Recuperado de: <https://doi.org/10.1126/science.aat6429>.
- Walsh, J.R. (2000). "El ambiente y el paradigma de sustentabilidad", *Ambiente, Derecho y Sustentabilidad*, Bs. As. La Ley
- Young, R., Bekele, T., Gunn, A., Chapman, N., Chowdhary, V., Corrigan, K.,... Yamey, G. (2018). Developing new health technologies for neglected diseases: a pipeline portfolio review and cost model. *Gates Open Res*, 2, 23. doi: 10.12688/gatesopenres.12817.1
- Zou, C., Zhao, Q., Zhang, G., y Xiong, B. (2016). Energy revolution: From a fossil energy era to a new energy era. *Sciencedirect, Natural Gas Industry*, B3, 1-11.

Índice de informes y otros documentos

- Aboal, D., Zunino, G. (2018). “Robotlución. El futuro del trabajo en la integración 4.0 de América Latina”, Buenos Aires, Revista Integración y Comercio, Año 21, N° 42, Innovación y Habilidades en América Latina. pp. 42-57.
- AEC (2019). GHG Protocol. Asociación Española para la Calidad. Recuperado de <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/ghg-protocol>
- Agudo, A. (20 de setiembre de 2019). El calentamiento global traerá más migraciones, más enfermedades y fenómenos extremos. *Diario El País*. Recuperado de: https://elpais.com/elpais/2019/09/16/eps/1568633180_345386.html
- Alainet (2011). El impacto de las represas hidroeléctricas sobre los derechos de los pueblos indígenas y los derechos de la Madre Tierra. América Latina en Movimiento. Recuperado de: <https://www.alainet.org/es/activa/47848>
- Alarcón, A. (2018). *El Sector hidroeléctrico en Latinoamérica: Desarrollo, potencial y perspectivas*. División de Energía, Sector de Infraestructura y Energía. Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado de: <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/8928/El-sector-hidroelectrico-en-Latinoamerica-Desarrollo-potencial-y-perspectivas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Alarcón, A., y Manzano, G. (25 de enero de 2019). Renovar las renovables para dar energía a Latinoamérica. *Diario El País*. Recuperado de: https://elpais.com/elpais/2019/01/24/planeta_futuro/1548326575_717227.html
- Alonso, J. (2018). América Latina: la riqueza de su biodiversidad en peligro. Recuperado de: <https://p.dw.com/p/2v65Q>
- Alston, P. (2019). *Climate change and poverty: report of the Special Rapporteur on Extreme Poverty and Human Rights*, ONU. Recuperado de: <https://digitallibrary.un.org/record/3810720>
- Altares, G. (2 de octubre de 2019). El problema no es la negación del cambio climático, es la indiferencia. *Diario El País*. Recuperado de: https://elpais.com/elpais/2019/10/01/ciencia/1569932819_735054.html
- Anlló, G., Bisang, R., & Stubrin, L. (2011). Las empresas de biotecnología en Argentina Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Recuperado de: <http://dato.chequeado.com/dataset/3ef77f30-9255-4879-9fb8-dc334c5965b2/resource/c1a29830-f28a-4cb4-ab55-3221172488ea/download/s2011900.pdf>
- Aramayo, R. (2010). Estrategia de Implementación del Comercio Electrónico para Pymes. Caso de Estudio: Bombón de Oro. Santa Cruz: Universidad NUR.

- ARGO (2019) Part of Integrated Global Observation Strategy. Recuperado de http://www.argo.ucsd.edu/How_Argo_floats.html
- Arkin, R. (2016). “Ethics and Autonomous Systems: Perils and Promises”. Proceedings of the IEEE, Vol. 104, No. 10.
- Asimov, I. (1942). “Círculo vicioso”. Street & Smith. Estados Unidos.
- Asís Roig, R (2015) “Una mirada a la robótica desde los derechos humanos”. Instituto de Derechos Humanos. Universidad Carlos III. España. pp. 77.
- Deng, B. (2015). “Machine ethics: The robot’s dilemma”. Nature reviews.
- Bachelet, M. (2019). Actualización mundial en la 42a sesión del Consejo de Derechos Humanos. Declaración de apertura de la Alta Comisionada de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos, Michelle Bachelet. Recuperado de: <https://www.ohchr.org/SP/NewsEvents/Pages/DisplayNews.aspx?NewsID=24956&LangID=S>
- BBC (British Broadcasting Corporation). (2019). Por qué Zolgensma, el medicamento más caro del mundo, está en el centro de la polémica (además de por su precio de US\$2,1 millones). *BBC News Mundo*. Recuperado de: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-49293111>
- Bertinat, P. (2016). *Transición energética justa. Pensando la democratización energética*. Friedrich Ebert Stiftung. Recuperado de: https://www.cta.org.ar/IMG/pdf/analissind_001_bertinat_v05_final.pdf
- Bertinat, P., y Svampa, M. (27 de enero de 2019). La energía en debate. *Revista Digital El Cohete a la Luna*. Recuperado de: <https://www.elcohetealaluna.com/la-energia-en-debate/>
- BID (2016). Banco Interamericano de Desarrollo. Distribución de energía sostenible en América Latina. Estudio sobre redes de distribución inclusiva. Recuperado de: <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/7911/Distribucion-de-energia-sostenible-en-America-Latina-Estudio-sobre-redes-de-distribucion-inclusiva.pdf?sequence=1>
- BID, ECAL, OLADE (2017). Banco Interamericano de Desarrollo. *Eficiencia energética en América Latina y El Caribe. Avance y oportunidades*. Hub de América Latina y el Caribe de la iniciativa Energía Sostenible para Todos (Sustainable Energy for All – SEforALL). Recuperado de: <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0397.pdf>
- BloombergNEF (2019). *New Energy Outlook 2019, Executive Summary*, Recuperado de: <https://about.bnef.com/new-energy-outlook/>
- BM (2016). Banco Mundial. *Shock Waves, Managing the Impacts of Climate Change on Poverty*. Recuperado de: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/22787>
- BM (2018). *Acceso universal a la energía: mucho más que electricidad*. Recuperado de: <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2018/05/18/sustainable-development-goal-7-energy-access-all>

- Boden, T., Marland, G., y Andres, R. (2017). *Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO₂ Emissions*. Carbon Dioxide Information Analysis Center. Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., USA. doi: 10.3334/CDIAC/00001_V2017. Recuperado de: http://cdiac.ess-dive.lbl.gov/trends/emis/meth_reg.html
- BP (2018). *Statistical Review of World Energy*. Recuperado de: <http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics.html>
- Ca' Zorzi, A. (03 de 2011). *pymespracticas.typepad.com*. Recuperado el 2 de 09 de 2011, de <http://pymespracticas.typepad.com/files/tic-y-pymes-en-al-final-2011.pdf>
- Capgemini (2019). *World Energy Markets Observatory Report 2019: Climate goals at risk as global energy demand rises*. Recuperado de: <https://www.capgemini.com/>
- Carbon Brief-Clear on Climate (2019). State of the climate: How the World warmed in 2018. Recuperado de: [https://www.carbonbrief.org/state-of-the-climate-how-world-warmed-2018?utm_source=NEW+Weekly+Briefing&utm_campaign=58c71a5a51-Carbon_Brief_Weekly_18_01_2019&utm_medium=email&utm_term=0_b6e0a2d2ef-58c71a5a51-303583845&ct=t\(Carbon_Brief_Weekly_18_01_2019\)&goal=0_b6e0a2d2ef-58c71a5a51-303583845](https://www.carbonbrief.org/state-of-the-climate-how-world-warmed-2018?utm_source=NEW+Weekly+Briefing&utm_campaign=58c71a5a51-Carbon_Brief_Weekly_18_01_2019&utm_medium=email&utm_term=0_b6e0a2d2ef-58c71a5a51-303583845&ct=t(Carbon_Brief_Weekly_18_01_2019)&goal=0_b6e0a2d2ef-58c71a5a51-303583845)
- Castelli, L. (21 de setiembre de 2019). Huelga mundial por el clima: hacia una ciudadanía global. *Diario La Nación*. Recuperado de: <https://www.lanacion.com.ar/opinion/huelga-mundial-por-el-clima-nid2289442>
- CEE (2015). Resumen Encíclica Laudato Si' (Vaticano). Recuperado de: <https://www.conferenciaepiscopal.es/resumen-de-la-enciclica-laudato-si/>
- CEPAL (27 de 09 de 2007). <http://www.eclac.org>. Recuperado el 12 de 8 de 2011, de www.eclac.org/publicaciones/xml/5/29945/3.AccesoInclusionDigital.pdf
- CEPAL (2016). Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Ciencia, tecnología e innovación en la economía digital La situación de América Latina y el Caribe. Santiago, Chile: Naciones Unidas y CEPAL. Recuperado de: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40530/3/S1600833_es.pdf
- Ceratti, M. (21 de mayo de 2018). Acceso universal a la energía: mucho más que electricidad. *Diario El País*. Recuperado de: https://elpais.com/internacional/2018/05/21/america/1526928757_812119.html
- Chue, T. (1983). *Aplicaciones prácticas del PERT/CPM*. Bilbao, España: Ediciones Deusto.
- Copernicus (2019). *Surface air temperature for July 2019*. Recuperado de <https://climate.copernicus.eu/surface-air-temperature-july-2019>
- COSUDE. (2004). *Las TIC: ¿Moda o Herramienta para el Desarrollo?* La Paz, Bolivia.

- Craik, K. J. W. (1943). "The Nature of Explanation", Cambridge, UK: Cambridge University Press. <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1068/p120233>
- Criado, M. (4 de enero de 2016). El cambio climático amenaza la generación de electricidad. *Diario El País*. Recuperado de: https://elpais.com/elpais/2016/01/04/ciencia/1451921409_301489.html
- Davenport, T.H., Harris, J. (2005). "Automated Decision Making Comes of Age". Magazine Opinion & Analysis. MIT. Massachusetts. EEUU. <https://sloanreview.mit.edu>
- De Zárate, F. (3 de noviembre de 2019). Adictos al CO₂: cómo cambiar un modelo económico que lleva al desastre. *Diario El País*. Recuperado de: https://elpais.com/economia/2019/11/01/actualidad/1572612289_844765.html
- Domínguez, N. (2017). La discriminación genética es ya una realidad en todo el mundo, *El País*. Recuperado de: https://elpais.com/elpais/2017/07/06/ciencia/1499355309_012697.html
- Dulac, J. (2018) *10 tips to stay cool in today's heat*. IEA Energy Analyst. Recuperado de: <https://www.iea.org/newsroom/news/2018/august/commentary-ten-tips-to-stay-cool-in-todays-heat.html>
- DW (23 de setiembre de 2019). "El cambio viene, les guste o no". *Emisora Internacional Deutsche Welle*. Encontrado en: <https://www.dw.com/es/greta-thunberg-a-la-onu-el-cambio-viene-les-guste-o-no/a-50551496>
- Energía Estratégica (2019) *Opinión: la potencia firme que precisan los sistemas eléctricos por la incorporación de energías renovables*. Octubre de 2018. Recuperado de: <https://www.energiaestrategica.com/opinion-la-potencia-firme-que-precisan-los-sistemas-electricos-por-la-incorporacion-de-energias-renovables/>
- Engineering and Physical Sciences Research Council y el Arts and Humanities Research Council - EPSRC. (2011). "Principles of robotics: Regulating robots in the real world". United Kingdom and Innovation. Reino Unido.
- EPEE (2009). European fuel poverty and energy efficiency project. *Diagnosis of causes and consequences of fuel poverty in Belgium, France, Italy, Spain and United Kingdom*. WP2 - Deliverable 5. Recuperado de: http://www.powerhouseeurope.eu/uploads/tx_phecasestudies/Analysis_report_eepe_3_2_EN.pdf
- Espinosa, R. (17 de 08 de 2011). eumed.net. Recuperado el 10 de 7 de 2011, de <http://www.eumed.net/libros/2011e/1081/generalidades.html>
- Esteva de Sagrera, J. (2006). "La Navaja de Ockham". Elsevier Vol. 25. Núm. 6. Pp. 9. <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-la-navaja-ockam-13089127>
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2017). El futuro de la alimentación y la agricultura. Tendencias y desafíos: Organización de las naciones

- unidas para la alimentación y la agricultura. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i6881s.pdf>
- FDA (Food and Drug Administration). (2017). La FDA advierte sobre las terapias con células madre. Recuperado de: <https://www.fda.gov/consumers/articulos-en-espanol/la-fda-advierte-sobre-las-terapias-con-celulas-madre>
- Feinmann, J. P. (27 de octubre de 2019). Chile y el cambio climático. *Diario Página 12*. Recuperado de: <https://www.pagina12.com.ar/227572-chile-y-el-cambio-climatico>
- Fila (9 de setiembre de 2016). La región más verde del mundo. *Portal Latinoamérica Piensa*. Recuperado de: <https://latinoamericapiensa.com/la-region-mas-verde/3835/>
- Frey, C.F., Osborne, M.A. (2013). The Future of the employment: How susceptible are jobs to computerisation?
- García Ochoa, R. (2011). Satisfacción de necesidades energéticas básicas. Una propuesta conceptual y metodológica para integrar la pobreza energética en la dimensión social del desarrollo Sustentable. Investigación ganadora del Premio Gustavo Cabrera Acevedo 2011.
- García Ochoa, R. (2014). *Pobreza energética en América Latina*. CEPAL – Colección Documentos de proyectos. Naciones Unidas, marzo de 2014. Recuperado de: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36661/1/S2014039_es.pdf
- García, E., Rialp, A., & Rialp, J. (septiembre de 2007). Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) y crecimiento de la empresa.
- García, J. V. (septiembre de 2005). Ventajas de las TICs en la empresa. Recuperado el 20 de 09 de 2010, de <http://www.google.com.bo/url?sa=t&rct=j&q=incorporacion%20de%20las%20tics%20en%20la%20empresa&source=web&cd=1&ved=0CBwQFjAA&url=http%3A%2F%2Fmicropyme.org%2Fdownload.aspx%3Fid%3D20&ei=O7mYToXRDMrqqgfAl4SJBA&usq=AFQjCNGDwSIYtCbzeB0Pw-m1gdSyPpziiQ> http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf
- Garro, L. (14 de 02 de 2006). <http://www.uca.edu.sv>. Recuperado el 14 de 06 de 2011, de <http://www.uca.edu.sv/deptos/letras/encuentro/memorias/14garro.pdf>
- Global Carbon Atlas (2017). Recuperado de: <http://www.globalcarbonatlas.org/en/CO2-emissions>
- Gore, T. (2015). *Extreme Carbon Inequality: Why the Paris climate deal must put the poorest, lowest emitting and most vulnerable people first*. Oxfam. Recuperado de: <https://www.oxfam.org/en/research/extreme-carbon-inequality>

- Grady, D., & Abelson, R. (2019). Los tratamientos con células madre prosperan a pesar de las pocas pruebas de su eficacia, *The New York Times*. Recuperado de: <https://www.nytimes.com/es/2019/05/16/tratamiento-celulas-madre/>
- Grin, J., Rotmans, J., y Schot, J. (2010). *Transitions to Sustainable Development – New Directions in the Study of Long Term Transformative Change*. Nueva York: Routledge.
- Gugerty, L. (2006). “Newell and Simon’s Logic Theorist: Historical Background and Impact on Cognitive Modeling”. Clemson University, Clemson, SC USA. Pp. 880-884.
- Guterres, A. (5 de agosto de 2019a). Los discursos bonitos no son suficientes. *Noticias de la ONU*. Recuperado de: <https://unfccc.int/es/news/antonio-guterres-sobre-la-cumbre-del-clima-de-septiembre-los-discursos-bonitos-no-son-suficiente>
- Guterres, A. (23 de setiembre de 2019b). Aún no es demasiado tarde para asumir un compromiso. *Noticias TELAM*. Recuperado de: <https://www.telam.com.ar/notas/201909/394506-la-onu-abrio-la-cumbre-del-clima-aun-no-es-demasiado-tarde-para-asumir-un-compromiso.html>
- GWEC (2019). Global Wind Energy Council. *Global Wind Report 2018*. Recuperado de: <https://gwec.net/wp-content/uploads/2019/04/GWEC-Global-Wind-Report-2018.pdf>
- Harvey, F., y Ambrose, J. (14 de junio de 2019). Pope Francis declares climate emergency and urges action. *The Guardian*. Recuperado de: <https://www.theguardian.com/environment/2019/jun/14/pope-francis-declares-climate-emergency-and-urges-action>
- Hawkins, E. (2018). *Warming Stripes*. Recuperado de: <https://showyourstripes.info/>
- Hoffman, J. (2019). How Anti-Vaccine Sentiment Took Hold in the United States, *The New York Times*. Recuperado de: <https://www.nytimes.com/2019/09/23/health/anti-vaccination-movement-us.html>. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf
- ICTSD (2017). International Centre for Trade and Sustainable Development. *Latinoamérica lidera el uso de energías renovables en el mundo*. Recuperado de: <https://www.ictsd.org/bridges-news/puentes/news/latinoam%C3%A9rica-lidera-el-uso-de-energ%C3%ADas-renovables-en-el-mundo>
- IDMC (2019). Observatorio de Desplazamiento Interno. Informe mundial sobre desplazamiento interno 2019. Ginebra, Suiza. Recuperado de <https://www.internal-displacement.org/global-report/grid2019/spanish.html>
- IEA (2019). International Energy Agency. *Key world energy statistics*. Recuperado de: <https://www.iea.org/statistics/electricity/>

- IHA (2019). International Hydropower Association. Hydropower status report 2019. Sector trends and insights. Recuperado de: https://www.hydropower.org/sites/default/files/publications-docs/2019_hydropower_status_report.pdf
- Infantas y Torrez (2011). La Inclusión Digital de Las Pymes En La Sociedad del Conocimiento, ANCB, Santa Cruz, Bolivia
- Infantas y Vaca (2018). El uso de las Tecnologías de la Información (TI) y la prevención de la violencia en mujeres adolescentes del Plan 3000. ANCB. Santa Cruz, Bolivia. https://www.cs.swarthmore.edu/~eroberts/cs91/projects/ethics-of-ai/sec1_2.html
- IPCC (2013). Cambio Climático 2013. Bases físicas. Glosario. [Planton, S. (ed.)]. Recuperado de: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI_AR5_glossary_ES.pdf
- IPCC (2014a). Anexo II: Glosario [Mach, K.J., S. Planton y C. von Stechow (eds.)]. Recuperado de: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/03/AR5_SYR_Glossary_es.pdf
- IPCC (2014b). Cambio climático 2014. *Informe de síntesis*. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del IPCC, Pachauri, R., y Meyer, L. (eds.). IPCC, Ginebra, Suiza, 157 pp. Recuperado de: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf
- IPCC (2018a). Calentamiento global de 1,5 °C. Informe especial del IPCC. Recuperado de: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_es.pdf
- IPCC (2018b). Global Warming of 1.5 °C. Annex I: Glossary [Matthews, J.B.R. (ed.)]. Recuperado de: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_AnnexI_Glossary.pdf
- IPCC (2019). Summary for Policymakers. IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. Pörtner, H., Roberts, D., Masson-Delmotte, V., Zhai P., Tignor. M., Poloczanska, E., Mintenbeck, K., Nicolai, M., Okem, A., Petzold, J., Rama, B., Weyer, N. (eds.). Recuperado de: https://report.ipcc.ch/srocc/pdf/SROCC_FinalDraft_FullReport.pdf
- IRENA (2019a). International Renewable Energy Agency. *Renewable Energy Market Analysis: GCC 2019*. Recuperado de: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jan/IRENA_Market_Analysis_GCC_2019.pdf.
- IRENA (2019b). International Renewable Energy Agency. *Renewable Power Generation Costs in 2018*. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. Recuperado de: <https://www.irena.org/costs>
- IRENA (2019c). International Renewable Energy Agency. *Transforming the energy system – and holding the line on the rise of global temperatures*.

- Recuperado de https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Sep/IRENA_Transforming_the_energy_system_2019.pdf
- IRENA (2019d). International Renewable Energy Agency. *Future of solar photovoltaic. Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects*. Recuperado de: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Nov/IRENA_Future_of_Solar_PV_2019.pdf
- IRENA (2019e). International Renewable Energy Agency. 2019 *Renewable Energy and Jobs Annual Review*. Recuperado de: <https://www.irena.org/publications/2018/May/Renewable-Energy-and-Jobs-Annual-Review-2018>
- IRENA (2019f). International Renewable Energy Agency. *Future of Wind. Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects. A Global Energy Transformation Paper*. Recuperado de: <https://www.irena.org/publications/2019/Oct/Future-of-wind>
- ITRPV (2019). International Technology Roadmap for Photovoltaic. *Results 2018 including maturity report 2019*. 10 Ed. October 2019. Recuperado de: <https://itrvp.vdma.org/>
- Juárez, G.E., Yélamos Cáceres. M., Menéndez, F., Lafuente, C., Franco, L., Pérez, J.O.; Rodríguez Rivero, C. (2018). "Integration of Relational Databases in ethical decision-making for autonomous vehicles". 2018 IEEE Biennial Congress of Argentina (ARGENCON). Pp 1-6. DOI: 10.1109/ARGENCON.2018.8646063. Argentina
- Klein, N. (2019). *On Fire: The Burning Case for a Green New Deal*. New York City, United States: Simon & Schuster.
- Kofler, B., y Netzer, N. (2014). *Requisitos para una transición energética global*. Wuppertal Institut für Klima. Recuperado de: <http://library.fes.de/pdf-files/iez/10609-20140408.pdf>
- Kozulj, R., Acquatella, J., Guedez, P. Silvestri, L. y Agüero, M. E., Briano, A. (2009). *Contribución de los servicios energéticos a los Objetivos de Desarrollo del Milenio y a la mitigación de la pobreza en América Latina y El Caribe. Síntesis ejecutiva*. CEPAL. Colección Documentos de proyectos. Naciones Unidas, octubre de 2009. Recuperado de: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3724/1/S2009634_es.pdf
- KPMG (2019). *The socioeconomic impacts of wind energy in the context of the energy transition*. Recuperado de: <https://www.siemensgamesa.com/es-es/-/media/siemensgamesa/downloads/en/explore/journal/report-impact-socioeconomics-wind-2019.pdf>
- Kurzweil, R. (1990). "The ages of intelligent Machines". MIT Press.
- La Cruz, A., & Galofré, C. (s.f.). zaguan.unizar.es. Recuperado el 10 de 5 de 2011, de <http://zaguan.unizar.es/record/4479/files/ART-2009-132.pdf>

- Lapeña, J. (2016). Instituto Argentino de la Energía “General Mosconi”. *La encíclica Laudato Si’ “Sobre el cuidado de la casa común” del Papa Francisco*. Recuperado de: <http://web.iae.org.ar/la-enciclica-laudato-si-sobre-el-cuidado-de-la-casa-comun-del-papa-francisco/#.Xax8UOhKjIU>
- Llano Ortiz, J. C. (2017). El Estado de la pobreza: seguimiento del indicador de riesgo de pobreza y exclusión social en España. EAPN- Madrid, España. Recuperado de: https://www.eapn.es/estadodepobreza/ARCHIVO/documentos/Informe_AROPE_2017.pdf
- Llanos Martínez, H. (17 de diciembre de 2018). “Estáis robando el futuro a vuestros hijos”: la crítica de una adolescente en la cumbre del clima de la ONU. *Diario El País*. https://verne.elpais.com/verne/2018/12/17/articulo/1545042812_853886.html
- Lugones, G. (2003). “Indicadores de la sociedad del conocimiento: Aspectos conceptuales y metodológicos”. Edit. Redes. Buenos Aires.
- Maggio, M. (2005). “Los portales educativos: entradas y salidas a la educación del futuro”. En: Litwin, E. (comp.). *Tecnología Educativa en tiempos de Internet*. Buenos Aires. Edit. Amorrortu. pp 35-70
- MAGRAMA (2015). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. España. Cambio Climático: Mitigación. *Guía resumida del quinto informe de evaluación del IPCC. Grupo de Trabajo III*. Recuperado de: https://www.miteco.gob.es/images/es/guia-resumida-gt3-mitigacion-ar5_tcm30-177779.pdf
- Marcos, A. (2019). Glifosato, el pesticida que enfrenta a los científicos, *La Vanguardia*. Recuperado de: <https://www.lavanguardia.com/natural/20190402/461424755319/glifosato-herbicida-pesticida-enfrenta-cientificos.html>
- Marr, B. (2017). “The 4 Ds of Robotization: Dull, Dirty, Dangerous and Dear”. www.forbes.com
- Martínez Camarero, C., y López, V. (2015). *Transición energética y productiva justa: ¿de qué estamos hablando?* Daphnia. Recuperado de: <http://www.daphnia.es/revista/63/articulo/1242/Transicion-energetica-y-productiva-justa-de-que-estamos-hablando>
- McAfee, A., Brynjolfsson, E. (2018). “Machine, Platform, Crowd: Harnessing Our Digital Future”. W. W. Norton & Company; 1st ed.
- McCarthy, J., Minsky, M., Rochester, N., Shannon, C. (1955). “A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence”.
- McCulloch, W.; Pitts, W. (1943). “A Logical Calculus Immanent in Nervous Activity”. *Bulletin of Mathematical Biophysics* 5. Pp. 115-133. <http://www.formal.stanford.edu/jmc/history/dartmouth/dartmouth.html>
- Mechanical Engineering Industry - VDMA (2019) *Sector Group Photovoltaic Equipment*. Recuperado de: <https://www.vdma.org/en/top-themen-maschinenbau>

- Montamat, D. (2019). El gas natural y la transición energética. *Diario Clarín*. Recuperado de: https://www.clarin.com/opinion/gas-natural-transicion-energetica_0_BZ1q9fKS.html
- MSF (Médecins Sans Frontières). (2015). The right shot: Bringing down barriers to affordable and adapted vaccines. Recuperado de: <https://www.msfacecess.org/right-shot-bringing-down-barriers-affordable-and-adapted-vaccines-2nd-ed-2015>
- MSH (Management Sciences for Health). (2016). *International Drug Price Indicator Guide, 2015*. Recuperado de: <http://mshpriceguide.org/wp-content/uploads/2017/04/MSH-2015-International-Medical-Products-Price-Guide.pdf>
- Naciones Unidas (2017). “La IA al servicio del desarrollo global”. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2017/06/la-inteligencia-artificial-al-servicio-del-desarrollo-global/>
- Nature (2016). *Early onset of industrial-era warming across the oceans and continents*. Nature volume 536, 25 August 2016. Recuperado de: <https://www.nature.com/articles/nature19082>, p411-418.
- NIH (National Institutes of Health) (2000). Enhancing the Oversight of Genetic Tests: Recommendations of the SACGT (*Secretary’s Advisory Committee on Genetic Testing*). Recuperado de: https://osp.od.nih.gov/wp-content/uploads/2013/11/oversight_report.pdf
- NOAA (2019). National Oceanic and Atmospheric Administration. Earth System Research Laboratory. Global Monitoring Division *How we measure background CO2 levels on Mauna Loa*. Recuperado de: https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/about/co2_measurements.html
- OMAL (2012). Observatorio de Multinacionales en América Latina. *BSCH en la Amazonía: financiamiento social y ambientalmente irresponsable*. Recuperado de: <http://omal.info/spip.php?article992>
- OMS (2018). Organización Mundial de la Salud. Calidad del aire y salud. OMS News. Recuperado de: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- OMS (2019). Organización Mundial de la Salud. Cobertura vacunal. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/immunization-coverage>
- ONU (2015). Resolución de la Asamblea General del 25 Setiembre de 2015. *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. Recuperado de: https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E
- ONU (2016). Acuerdo de París. Recuperado de: <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/10a01s.pdf>
- ONU News (3 de abril 2017). Según un nuevo informe, se necesitan más medidas para alcanzar las metas de energía para 2030. *ONU News*. Recupera-

- do de: <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2017/04/03/more-action-needed-to-meet-energy-goals-by-2030-new-report-finds>
- ONU (2018a). Naciones Unidas. *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado de: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- ONU (2018b). Naciones Unidas. Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2018. Recuperado de: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/progress-report/>
- Ortega, D., & Ramirez, J. (06 de 2006). idbdocs.iadb.org. Recuperado el 20 de 08 de 2011, de <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=757229>
- Pacheco, A. (2018). Fundación SERES, Madrid-España. “Objetivos de Desarrollo Sostenible, IA y Big Data”. Recuperado de: <https://www.fundacionseres.org/>
- Papa Francisco (2015). Santa Sede del Vaticano. *Carta Encíclica Laudato Si' del Santo Padre Francisco sobre el cuidado de la casa común*. Recuperado de: http://w2.vatican.va/content/francesco/es/encyclicals/documents/papa-francesco_20150524_enciclica-laudato-si.pdf
- Peirano, F., & Suárez, D. (2006). Tics y empresas: propuestas conceptuales para la generación de indicadores para la Revista de Gestão da Tecnologia e Sistemas de Informação.
- Pereira, M., Saptawijaya, A. (2016). Springer International Publishing. “Programming Machine Ethics”. *Studies in Applied Philosophy, Epistemology and Rational Ethics*. Vol. 26. Springer International Publishing Switzerland
- Peters, G. (2018). National Geographic. *Los efectos del cambio climático serán peores de lo previsto, según un nuevo informe del IPCC*. Recuperado de: <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2018/10/informe-ipcc-efectos-cambio-climatico-mas-graves>
- PNUD (2018). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. “Hacia una IA responsable y gestión de las consecuencias”. Recuperado de: https://www.undp.org/content/undp/es/home/blog/2018/let_s-talk-about-artificial-intelligence.html
- PNUD (2019a). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado de: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>
- PNUD (2019b). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. “Objetivos de Desarrollo Sostenible”. Recuperado de: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/background/>
- Puig, P. (8 de noviembre de 2018). 50 años del Club de Roma. *Revista digital Energía Renovable*. Recuperado de: <https://www.energias-renovables.com/pep-puig/50-anos-del-club-de-roma-20181108>

- Randell, B., Laprie, J.C., Kopetz, H., Littlewood, B. (eds.) (1995). "Dependability. Its Attributes, Impairments and Mean". Predictable Dependable Computing Systems. Springer. pp 3-18
- Raya, E., & Merino, L. (16 de 11 de 2004). cibersociedad.net. Recuperado el 25 de 07 de 2011, de http://www.cibersociedad.net/congres2004/grups/fixxacom_publica2.php?idioma=es&cid=406&grup=38
- Real Climate (2015). NOAA temperature record updates and the hiatus. Recuperado de: <http://www.realclimate.org/index.php/archives/2015/06/noaa-temperature-record-updates-and-the-hiatus/>
- Reig, Dolors (2013). "Describiendo al hiperindividuo, el nuevo individuo conectado". En: REIG, Dolors.
- REN21 (2019). *Renewables 2019 - Global Status Report*. Recuperado de: <http://www.ren21.net/gsr-2019/>
- Requeijo, J. (6 de octubre de 1983). 1973-1983: Memoria de una crisis. *Diario El País*. Recuperado de: https://elpais.com/diario/1983/10/06/economia/434242803_850215.html
- Roitter, S. (2018). "Cambio tecnológico y empleo de aportes conceptuales y evidencia frente a la dinámica en curso". Revista Integración y Comercio, N° 42. Innovación y Habilidades en América Latina. http://www.ciecti.org.ar/wp-content/uploads/2019/01/DT15.1_v2.pdf
- Romero Pérez, X.L (2015). Pobreza energética en el Caribe insular. Serie Documentos de Trabajo, n.º 65. Departamento de Derecho Constitucional, Universidad Externado de Colombia.
- Rojas, E. (2011). Propuesta de lineamientos normativos para Tecnologías de la información y las comunicaciones. La Paz, Bolivia.
- Russell, S., Norvig, P. (1994). "Artificial Intelligence: A Modern Approach". NJ, USA. Prentice Hall.
- Sachs, J. (27 de octubre de 2019). Las empresas que no apoyen los ODS tendrán problemas de rentabilidad. *Diario El País Economía*. Recuperado de: https://cincodias.elpais.com/cincodias/2019/10/25/companias/1572021507_610992.html
- Salas, J. (2014). Los mártires de la polio, *El País*. Recuperado de: https://elpais.com/elpais/2014/11/28/ciencia/1417195867_800431.html
- Schlömer, S., Bruckner, T., Fulton, L., Hertwich, E., McKinnon, A., Perczyk, D., Roy, J., Schaeffer, R., Sims, R., Smith, P., y Wiser, R. (2014). Annex III: Technology-specific cost and performance parameters. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Recuperado de: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_annex-iii.pdf
- Schultz, K. (2011). The global diabetes care market. *Annual Report 2010*. Recuperado de: https://www.novonordisk.com/content/dam/Denmark/HQ/investors/irmaterial/annual_report/2011/20110203_Annual%20Report%202010_UK.pdf

- Sengupta, S. (12 de setiembre de 2019). Extreme Weather Displaced a Record 7 Million in First Half of 2019. *New York Times*. Recuperado de: <https://www.nytimes.com/2019/09/12/climate/extreme-weather-displacement.html>
- Serrano Santoyo, A., Martínez Martínez, E. (2003). “La brecha digital: mitos y realidades”. Edit. Universidad Autónoma de Baja California. México.
- Soto, E., & Dolan, S. L. (2003). Las Pymes ante el reto del Siglo XXI. Mexico D.F.: Thomson Edit. S.A.
- The Nature Conservancy (2015). *El Poder de los Ríos. Encontrando el equilibrio entre la energía y la conservación en el desarrollo hidroeléctrico*. Recuperado de: <https://www.nature.org/media/latinamerica/el-poder-de-los-rios.pdf>
- Tirado Herrero, S., Jiménez Meneses, L., López Fernández, J. L., Perero Van Hove, E; Irigoyen Hidalgo, V.M. (2018). *Pobreza energética en España. Hacia un sistema de indicadores y una estrategia de actuación estatales*. Asociación de Ciencias Ambientales, Madrid. Recuperado de: <https://www.cienciasambientales.org.es/index.php/recursos/estudios>
- Tirado Herrero., S. López Fernández, J.L. y Martín García, P. (2012). *Pobreza energética en España, Potencial de generación de empleo directo de la pobreza derivado de la rehabilitación energética de viviendas*. Asociación de Ciencias Ambientales, Madrid.
- Toribio, B. (2018). *La vivienda en Alquiler en España*. Informe Fotocasa 2017. Recuperado de: <https://prensa.fotocasa.es/wp-content/uploads/2018/01/LA-VIVIENDA-EN-ALQUILER-EN-EL-A%C3%91O-2017.pdf>
- Turing, A. M. (1950). Computing Machinery and Intelligence. *Mind* 49: pp. 433-460. <https://www.csee.umbc.edu/courses/471/papers/turing.pdf>
- UMass Dartmouth. (2019). Web Page/Publication. University of Massachusetts. <https://www.umassd.edu/fycm/decision-making/process/>
- UNESCO (2005). Recuperado el 10 de 09 de 2011, de <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001419/141908s.pdf>
- UNESCO (2019). *UNESCO's commitment to biodiversity*. Recuperado de: <https://es.unesco.org/node/293312>
- UNFCCC (2018). United Nations Framework Convention on Climate Change. *National Inventory Submissions 2018*. Recuperado de: <https://unfccc.int/process-and-meetings/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-convention/greenhouse-gas-inventories-annex-i-parties/submissions/national-inventory-submissions-2018>
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (24 de 06 de 2010). <http://www.itu.int>. Recuperado el 15 de 08 de 2011, de http://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/ind/D-IND-ICT_CORE-2010-PDF-S.pdf
- United Nations. Climate Change (2018). *Barack Obama: El cambio climático es la mayor amenaza para las generaciones futuras*. 21 de enero de

2015. Recuperado de: <https://unfccc.int/es/news/barack-obama-el-cambio-climatico-es-la-mayor-amenaza-para-las-generaciones-futuras>
- Universidad NUR (2003). *Las Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación en la Aplicación educativa*. Santa Cruz: Universidad NUR.
- Velazco, E. (04 de 2005). *PyMEs CON TICs: Productividad para la inclusión Social*. Santa Cruz, Bolivia.
- Vilaplana, J. (2012). “3C TIC: cuadernos de desarrollo aplicados a las TIC”. Edit. Área de Innovación y Desarrollo S.L. España.
- Vílchez, Luis. *Los jóvenes en la era de la hiperconectividad: tendencias, claves y miradas*. Madrid: Fundación Telefónica y Fundación Encuentro.
- Villanueva, E. (s/f). [razonypalabra.org.mx](http://www.razonypalabra.org.mx). Recuperado el 10 de 08 de 2011, de <http://www.razonypalabra.org.mx/antiores/n51/evillanueva.html>
- Villar Ezcurra, J.L. (2019). “El razonamiento jurídico y la navaja de Ockham”. Dº Administrativo (UCM). <https://www.linkedin.com/pulse/el-razonamiento-jur%C3%ADdico-y-la-navaja-de-ockhamvillar-ezcurra>
- Volkow, N. (2006). [inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx). Recuperado el 20 de 06 de 2010, de <http://www.inegi.gob.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/contenidos/articulos/tecnologia/brecha.pdf>
- Watson, R., McCarthy, J., Canziani, P., Nakicenovic, N., Hisas, L. (2019). *The Truth Behind the Climate Pledges*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/337033405_The_Truth_Behind_the_Climate_Pledges
- Wiener, N., Rosenblueth, A. and Bigelow, J. (1943). “Behavior, purpose and teleology”. *Philosophy of Science*, Vol. 10, Issue 1, pp. 18-24. http://courses.media.mit.edu/2004spring/mas966/rosenblueth_1943.pdf
- Winfield, A. (2016-1). “Google’s Self-Driving Car” <https://www.google.com/selfdrivingcar>
- Winfield, A. (2016-2). “Making an ethical machine”. World Economic Forum Annual Meeting 2016. <http://opentranscripts.org/transcript/making-an-ethical-machine/>
- Winfield, C. Blum and W. Liu (2014). “Towards an ethical robot: Internal models, consequences and ethical action selection”. TAROS 2014, Birmingham, UK, pp. 85-96
- WMO (2019a). World Meteorological Organization. *The Global Climate in 2015-2019*. Recuperado de: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=9936
- WMO (2019b). World Meteorological Organization. *United In Science: High-level synthesis report of latest climate science information convened by the Science Advisory Group of the UN Climate Action Summit 2019*. Recuperado de: https://gallery.mailchimp.com/daf3c1527c528609c379f3c08/files/03531615-3b9f-4dda-80ba-d0c82fe4446c/United_in_Science_EMBARGO_MARKING.01.pdf

- World Small Hydropower Development Knowledge Platform (2016). *Small hydropower capacity*. United Nations. Industrial Development Organization. Recuperado de: <http://www.smallhydropower.org/>
- Yélamos Cáceres, M., Juárez, G.E. (2009). “Protección Jurídica ante el analfabetismo tecnológico en el contexto de la TIC”. SADIO 2009. ISSN 1850-2776. Mar del Plata. Buenos Aires. Argentina.
- Zadeh, L. (1965) “Fuzzy Sets”, *Information and Control*, Volume 8, Issue 3, Pages 338-353, Elsevier.
- Zeballos, E., & Velazco, E. (06 de 2003). *fundes.org*. Recuperado el 20 de 08 de 2011, de <http://www.fundes.org/uploaded/content/publicacione/1849532586.pdf>
- Žižek, S. (10 de octubre de 2019). Necesitamos mujeres como ella. *Culto*. Recuperado de: <https://culto.latercera.com/2019/10/10/slavoj-zizek-greta-thunberg/>

Índice de Jurisprudencia - Jurisprudencia Internacional

- Corte Interamericana de Derechos Humanos Corte IDH. Caso 12108. Serie C No. 151
Claude Reyes y otros vs. Chile. 19 de setiembre de 2006

Documentos Internacionales - Declaraciones - Conferencias- Convenios

- Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe Costa Rica (4 de marzo de 2018). Recuperado de: <https://www.cepal.org/es/acuerdodeescazu>
- Cartas Iberoamericanas de:
Participación Ciudadana en la Gestión Pública del año 2009 <https://www.clad.org/documentos/declaraciones/carta-iberoamericana...>
- Participación Ciudadana —adoptada por la XIX Cumbre Iberoamericana, Portugal, diciembre de 2009—.
- Calidad en la Gestión Pública —XVIII Cumbre Iberoamericana, El Salvador, octubre de 2008—.
- Gobierno Electrónico —XVII Cumbre Iberoamericana, Chile, noviembre de 2007—.
- Función Pública —adoptada por la XIII Cumbre Iberoamericana, Bolivia, noviembre de 2003—.
- Democrática -aprobada en el Vigésimo Octavo período extraordinario de sesiones de la Asamblea General de la OEA, Perú, 2001.
- Carta Europea de los Derechos Fundamentales (UE). Niza, 2000.

- Código Iberoamericano de Buen Gobierno —adoptado por la XVI Cumbre Iberoamericana, Uruguay, noviembre de 2006—.
- Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible (Río+20), realizada en Río de Janeiro en junio de 2012.
- Conferencia de Asilomar (1975). Recuperado de: <https://www.unav.es/cdb/dbcapo19f.html>; https://en.wikipedia.org/wiki/Asilomar_Conference_on_Recombinant_DNA, etc.
- Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático (CMNUCC) – Washington, 1992- _ Protocolo de Kioto, Japón, 1997.
- Convenio Centroamericano sobre Cambios Climáticos, Guatemala, 1993.
- Convención de Viena para la Protección de la Capa de Ozono, Viena, 1985.
- Convenio Sobre la Diversidad Biológica, Río de Janeiro, 1992.
- Convenio de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación, París, 1994.
- Declaración sobre la aplicación del principio 10 de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo en América Latina y el Caribe. Recuperado de: https://accessinitiative.org/sites/default/files/declaracion_principio_10_espanol.pdf
- Declaración de Bioética de Gijón (2000) España. Recuperado de: <https://www.oei.es/h-istorico/salactsi/bioetica>
- Declaración de Lowell (2001) La Declaración de Lowell: Declaración Final de la Conferencia Internacional sobre la Ciencia y la Precaución setiembre de 2001, en Lowell, Massachusetts (trad.: Alejandro Valeiro, Jorge Riechmann, Joel A. Tickner and Silvio Funtowicz. Ecología Política No. 22, pp. 41-43 Published by: Fundación ENT. Recuperado de: <https://www.jstor.org/stable/20743206>
- Documento “Gestión Pública Iberoamericana para el Siglo XXI”, aprobado en el 2010 en el seno del Centro Latinoamericano de Administración para el Desarrollo (CLAD); old.clad.org/gestion-publica-iberoamericana-para-el-siglo-xxi.

Apuesta por Tirant Online, la base de datos jurídica de la editorial más prestigiosa de España.*



www.tirantonline.com

Suscríbete a nuestro servicio de base de datos jurídica y tendrás acceso a todos los documentos de Legislación, Doctrina, Jurisprudencia, Formularios, Esquemas, Consultas o Voces, y a muchas herramientas útiles para el jurista:

- * Biblioteca Virtual
- * Herramientas Salariales
- * Calculadoras de tasas y pensiones
- * Tirant TV
- * Personalización
- * Foros y Consultoría
- * Revistas Jurídicas
- * Gestión de despachos
- * Biblioteca GPS
- * Ayudas y subvenciones
- * Novedades

* Según ranking del CSIC

 96 369 17 28

 96 369 41 51

 atencionalcliente@tirantonline.com

 www.tirantonline.com