



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
DR. JOSÉ MARÍA LUIS MORA

**“Transferencia tecnológica para la adaptación a la crisis climática. Un
análisis del Proyecto Technology Needs Assessment del UNEP-DTU
Partnership”**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN COOPERACION INTERNACIONAL
PARA EL DESARROLLO
PRESENTA:

FRANCISCO JAVIER PÉREZ PINEDA

Director: Dr. Simone Lucatello

Ciudad de México,

Febrero de 2021

*Esta investigación fue realizada gracias al apoyo del
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología*





Instituto

Mora



Agradecimientos

Agradezco todo el apoyo recibido durante los dos años de maestría, especialmente a Ali por su amor, paciencia y complicidad. A mi madre por su apoyo incondicional y a mi padre por inspirarme a cumplir mis metas. A mis amistades, quienes siempre me brindaron consejo y soporte.

Agradezco al Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora y a todo su personal por su cálida atención y soporte. Agradezco a toda mi generación por su apertura, alegría e intercambio de ideas y conocimiento tan valioso. Agradezco en especial a las grandes amistades que logré construir y que confío que perdurarán a través de los años.

Agradezco a mi director, el Dr. Simone Lucatello por todo su apoyo, comprensión y guía. A la Dra. Miriam Hinojosa y a todo el equipo del UNEP-DTU Partnership en Copenhague por todo el aprendizaje y conocimiento adquirido. De igual forma, agradezco a las y los profesores del Instituto Mora, de quienes me llevo aprendizajes muy valiosos, no sólo a nivel académico, sino a nivel personal.

Finalmente, extiendo mi agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por brindarme la oportunidad de desarrollarme profesional y personalmente de manera tan significativa, confío en que el impacto se verá reflejado en acciones de verdadera cooperación que seguirán brindándome muchas satisfacciones.



Índice

| | |
|--|-------------|
| Lista de cuadros..... | vii |
| Lista de figuras..... | viii |
| Introducción | 1 |
| Capítulo 1. Adaptación a la crisis climática y desarrollo sustentable: un desafío compartido .13 | |
| 1.1. Un marco conceptual para analizar la crisis climática | 14 |
| 1.2. La crisis climática y sus manifestaciones desde las dimensiones del desarrollo sustentable... 22 | |
| 1.2.1. Dimensión ambiental..... | 31 |
| 1.2.2. Dimensión social | 34 |
| 1.2.3. Dimensión económica..... | 37 |
| 1.3. La crisis climática abordada desde el enfoque en adaptación..... | 39 |
| 1.4. El Régimen Internacional del Cambio Climático (RICC) y el rol de la cooperación internacional ante los desafíos de la crisis climática | 45 |
| 1.5. Conclusiones del primer capítulo..... | 52 |
| Capítulo 2. Crisis climática y tecnología: su enfoque en adaptación y la transferencia tecnológica en el marco de la CMNUCC | 56 |
| 2.1. Crisis climática, tecnología y transferencia tecnológica..... | 57 |
| 2.2. Obstáculos para la transferencia tecnológica con enfoque en adaptación y su vínculo con el desarrollo sustentable..... | 70 |
| 2.3. Tecnología y transferencia tecnológica con enfoque en adaptación a la crisis climática en el marco de la CMNUCC y su Mecanismo Tecnológico | 74 |
| 2.4. Tecnología y transferencia tecnológica con enfoque en adaptación a la crisis climática: una temática con controversias | 88 |
| 2.5. Conclusiones del segundo capítulo | 94 |
| Capítulo 3. Transferencia de tecnología para la adaptación a la crisis climática: el caso del proyecto Technology Needs Assessment del UNEP-DTU Partnership (UDP) | 97 |
| 3.1. Estudio de caso: el proyecto Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA) del UNEP-DTU Partnership (UDP) | 98 |
| 3.1.1. El UNEP-DTU Partnership (UDP)..... | 99 |
| 3.1.2. Los componentes del proceso de TNA y sus resultados concretos..... | 109 |
| 3.2. Análisis del proyecto TNA: elementos clave para la transferencia tecnológica y sus desafíos | 113 |



| | |
|--|------------|
| 3.2.1. Fases del proyecto TNA e identificación de sectores estratégicos para la adaptación a la crisis climática | 114 |
| 3.2.2. Proyecto TNA: Resultados, hallazgos y desafíos | 121 |
| 3.2.3. El proyecto TNA y su vínculo con la cooperación internacional, las NDCs y otros aspectos relevantes..... | 131 |
| 3.3. Discusión de resultados..... | 136 |
| 3.4. Conclusiones del tercer capítulo | 139 |
| Conclusiones generales..... | 143 |
| Bibliografía | 151 |
| Anexos | 161 |
| Anexo 1. Orígenes del estudio científico del clima..... | 161 |

Lista de cuadros

Capítulo 1.

| | |
|--|----|
| Cuadro 1.1. Principales gases de efecto invernadero (GEI)..... | 15 |
| Cuadro 1.2. Causas naturales en las variaciones del clima global | 18 |
| Cuadro 1.3. Principales factores antropogénicos de la crisis climática..... | 19 |
| Cuadro 1.4. Dimensiones del desarrollo sustentable..... | 29 |
| Cuadro 1.5. Factores de vulnerabilidad | 40 |
| Cuadro 1.6. Adaptación en la CMNUCC: artículos relevantes de la Convención.. | 41 |
| Cuadro 1.7. Tipos de adaptación | 42 |
| Cuadro 1.8. Componentes del RICC..... | 48 |

Capítulo 2.

| | |
|---|----|
| Cuadro 2.1. Elementos o componentes de la tecnología..... | 60 |
| Cuadro 2.2. Clasificación de la tecnología para la adaptación I | 61 |
| Cuadro 2.3. Clasificación de tecnologías para la adaptación II | 62 |
| Cuadro 2.4. Tipos de tecnología por sectores | 63 |

| | |
|---|----|
| Cuadro 2.5. Actuaciones eficaces por sectores | 66 |
| Cuadro 2.6. Elementos de una transferencia tecnológica eficaz | 69 |
| Cuadro 2.7. Obstáculos de las tecnologías para adaptación..... | 71 |
| Cuadro 2.8. Tecnología en la CMNUCC | 75 |
| Cuadro 2.9. Tecnología en las COPs de la CMNUCC..... | 76 |
| Cuadro 2.10. Áreas prioritarias del TEC | 85 |
| Cuadro 2.11. Servicios del CTCN | 86 |

Capítulo 3.

| | |
|---|-----|
| Cuadro 3.1. Áreas de enfoque del trabajo del UDP | 102 |
| Cuadro 3.2. Etapas clave de preparación al proceso de TNA | 105 |
| Cuadro 3.3. Funciones del Equipo Nacional de TNA..... | 107 |
| Cuadro 3.4. Pasos del proceso de TNA, actores interesados y sus resultados concretos..... | 109 |
| Cuadro 3.5. Países que integran las fases del proyecto TNA..... | 115 |
| Cuadro 3.6. Opciones de adaptación y el rol de la tecnología..... | 115 |
| Cuadro 3.7. Tecnologías prioritarias para la adaptación en el sector del agua ... | 118 |
| Cuadro 3.8. Tecnologías prioritarias para la adaptación en el sector agrícola | 119 |
| Cuadro 3.9. Elementos clave para la transferencia tecnológica por categorías .. | 123 |
| Cuadro 3.10. Obstáculos del proyecto TNA..... | 129 |

Lista de figuras

Capítulo 1.

| | |
|--|----|
| Figura 1.1. Concentraciones atmosféricas de CO ₂ del Observatorio | 16 |
| Figura 1.2. El efecto invernadero y el calentamiento global..... | 16 |
| Figura 1.3. Dimensiones del desarrollo sustentable en equilibrio | 29 |
| Figura 1.4. Dimensiones del desarrollo sustentable | 30 |
| Figura 1.5. Crisis climática y las dimensiones del desarrollo sustentable..... | 31 |



| | |
|--|----|
| Figura 1.6. Comparación de cinco fuentes respecto a la temperatura media global para 2019 | 32 |
| Figura 1.7. Proporción de enfermedades por causas específicas atribuibles a la contaminación del aire, 2016 (porcentaje) | 36 |
| Figura 1.8. Población, huella material e índice de crecimiento del PIB, del año 2000 al 2017 (base de referencia 2000=100) | 39 |

Capítulo 2.

| | |
|--|----|
| Figura 2.1. Componentes de la tecnología | 60 |
| Figura 2.2. Clasificación de tecnología para adaptación a la crisis climática..... | 64 |
| Figura 2.3. Etapas del proceso de transferencia tecnológica | 69 |
| Figura 2.4. Mecanismo Tecnológico de la CMNUCC..... | 87 |

Capítulo 3.

| | |
|--|-----|
| Figura 3.1. Posición del UNEP-DTU Partnership | 101 |
| Figura 3.2. Actividades principales en el proceso de Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA)..... | 105 |
| Figura 3.3. Estructura organizacional para un proceso de TNA | 106 |
| Figura 3.4. Resultados concretos derivados del proceso de TNA | 108 |
| Figura 3.5. Proceso de la identificación de opciones de tecnología para la mitigación y la adaptación a la crisis climática | 112 |
| Figura 3.6. Sectores prioritarios para la adaptación..... | 117 |
| Figura 3.7. Tecnologías prioritarias para adaptación en el sector agrícola..... | 120 |
| Figura 3.8. Categorización de los elementos clave para la transferencia tecnológica en cinco factores | 122 |
| Figura 3.9. Número de menciones de cada elemento clave para la transferencia tecnológica en la categoría de factores institucionales | 124 |
| Figura 3.10. Número de menciones de cada elemento clave para la transferencia tecnológica en la categoría de factores humanos..... | 125 |

Figura 3.11. Número de menciones de cada elemento clave para la transferencia tecnológica en la categoría de factores financieros 126

Figura 3.12. Número de menciones de cada elemento clave para la transferencia tecnológica en la categoría de factores tecnológicos..... 127

Figura 3.13. Número de menciones de cada elemento clave para la transferencia tecnológica en la categoría de otros factores..... 128

Figura 3.14. Desafíos para la transferencia de tecnologías para adaptación a la crisis climática 130



Resumen

La crisis del cambio climático es una amenaza global cuyas consecuencias impactan al medioambiente, ecosistemas y especies, incluyendo las actividades humanas. Sus afectaciones y alcances son diversas, no se trata solamente de un incremento acelerado en la temperatura promedio del planeta, sino que permea incluso en el ámbito del desarrollo sustentable de las naciones, por lo que es necesario ejercer acciones de cooperación internacional en la búsqueda e implementación de alternativas que nos permitan afrontar, mitigar y adaptarnos a sus efectos adversos. En este sentido, la tecnología puede contribuir a contrarrestar dichos efectos, por lo que es necesaria su transferencia en un marco global que lo propicie. Es por ello que, en el Régimen Internacional del Cambio Climático, la Comisión Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático es el principal órgano global que, a través del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, por sus siglas en inglés) y la Universidad Técnica de Dinamarca (DTU, por sus siglas en danés), con sede en Copenhague, cuenta con un proyecto enfocado a atender la transferencia de tecnologías para la mitigación y adaptación a la crisis climática; el proyecto, se denomina Technology Needs Assessment (TNA). El objetivo general de este trabajo de investigación, a través del estudio de caso del proyecto TNA, consiste en analizar el papel de la tecnología, su transferencia y la evaluación de las necesidades tecnológicas de los países en desarrollo para hacer frente a las necesidades de adaptación a la crisis climática, a la vez que busca identificar los elementos clave necesarios para propiciar la transferencia tecnológica y los desafíos a los que se enfrentan, a fin de contribuir a generar un mayor entendimiento sobre los procesos que permiten la transferencia de tecnologías enfocadas a la adaptación a la crisis climática y las dinámicas de cooperación internacional que intervienen en dicho proceso.

Introducción

En los últimos 150 años se han incrementado exponencialmente las emisiones y concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, “a medida que la población, las economías y el nivel de vida (con el asociado incremento del consumo) crecen, también lo hace el nivel acumulado de emisiones de este tipo de gases” (ONU, 2020a), dando como resultado un aumento generalizado de la temperatura promedio global y una alteración de los procesos del sistema climático de la Tierra, lo que conocemos comunmente como *cambio climático antropogénico*.

Si bien, la historia del planeta Tierra se ha caracterizado por su constante evolución, donde todo se mueve, fluye, cambia, interactúa y se modifica sin cesar por el juego de sus fuerzas internas y el efecto de la radiación solar (Ritter et al., 2002), como lo evidencian, por ejemplo, las denominadas eras geológicas,¹ con profundas transformaciones en la conformación del planeta, y la evolución de las especies desde que la vida apareció en la Tierra (Rodríguez et al., 2015), las emisiones de GEI generadas por la actividad humana han cambiado la composición atmosférica de la Tierra (Abelkop et al., 2017) de tal manera que el cambio climático es probablemente el mayor desafío medioambiental del siglo XXI que enfrenta la humanidad.

Derivado de los avances científicos y de las discusiones globales alrededor de la temática del clima cambiante, se ha hecho evidente que el medio ambiente se encuentra en una coyuntura crítica. Tal como lo afirma el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en su Quinto Informe de Evaluación, en el que concluyó categóricamente que: “el cambio climático es real y las actividades humanas son sus principales causantes” (ONU, 2020a). Asimismo, de acuerdo con el Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible

¹ Véase el sitio: <<https://www.redalyc.org/pdf/729/72930086009.pdf>>.



2019 de la ONU, el cambio climático es la temática que requiere de la toma de medidas más urgentes, ya que sus “efectos combinados serán catastróficos e irreversibles: el aumento de la acidificación de los océanos, la erosión de las costas, condiciones meteorológicas extremas, desastres naturales más graves y frecuentes, la continuación de la degradación de los suelos, la pérdida de especies vitales y el colapso de ecosistemas”, son algunos de los efectos negativos del cambio climático que ya se están produciendo y que se proyecta que sigan en aumento de no actuar con premura y eficacia.

Por si fuese poco, en los últimos años, diversos medios de comunicación a nivel global, así como científicos y activistas medioambientales, han señalado que el concepto del *cambio climático* no refleja el verdadero sentido de urgencia que representa dicha problemática, es por ello que en la actualidad se habla de una *emergencia o crisis climática* para destacar el nivel de amenaza en el que se encuentra el planeta Tierra y la humanidad. Aunado a esto, la crisis climática se entrelaza con otras problemáticas como la pobreza, el hambre, la desigualdad y el respeto de los derechos humanos y forma parte de una crisis sistémica, definida como “la suma de diversas crisis (ambiental, social, económica, geopolítica, institucional o civilizatoria), mismas que son parte de un todo” (Solón, 2017).

La crisis del cambio climático guarda una estrecha relación con el desarrollo; el estudio científico del clima² comenzó a desarrollarse desde el siglo XIX,³ sin embargo, fue a partir de finales del siglo XX, que se comenzó a abordar la relación entre el desarrollo y el deterioro ambiental, siendo la crisis climática, la temática de mayor auge y creciente preocupación entre la comunidad internacional. La explotación y el uso de combustibles fósiles como el petróleo, el carbón y el gas natural experimentó un crecimiento exponencial a partir de la Revolución Industrial, y con ello la satisfacción de diversas necesidades humanas

² Véase Anexo 1: “El estudio científico del clima”.

³ Con autores como el físico y matemático francés Jean Baptiste Joseph Fourier, el irlandés John Tyndall o el científico sueco Svante August Arrhenius, este último quien estimó que algunos gases que formaban parte de la atmósfera terrestre, como el dióxido de carbono (CO₂), producido por la quema de combustibles fósiles, podría tener influencia en los cambios de temperatura de la superficie de la Tierra (Delgado, 2010).

y de desarrollo económico, sin embargo, las emisiones de GEI también experimentaron un crecimiento exponencial, ocasionando diversas problemáticas ambientales, entre ellas el cambio climático (Molina et al., 2017). Para reconciliar el modelo de desarrollo económico con la protección al medioambiente, en 1987 se estableció el paradigma del *desarrollo sustentable*, con la publicación del Informe Brundtland, entendido como aquel que busca satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras y que abarca tres dimensiones: la ambiental, la social y la económica.

La crisis climática y el desarrollo sustentable comparten desafíos; por una parte, la crisis climática es una amenaza para el desarrollo sustentable, ya que no es posible satisfacer las necesidades del presente ni garantizar las necesidades del futuro sin un medioambiente y un clima propicio para ello. Por otra parte, hacer frente a los desafíos que plantea la crisis climática requiere de la adopción de medidas de desarrollo que propicien la conservación de la naturaleza. Esto pone de manifiesto la contradicción de alcanzar el desarrollo a la vez que se procure el cuidado de la naturaleza, ya que inevitablemente se requerirá, en menor o mayor medida, de la explotación de riquezas naturales y, consecuentemente, el deterioro medioambiental para satisfacer las necesidades de desarrollo de la humanidad, además:

Sobra decir que las últimas tres décadas del desarrollo sostenible han sido un rotundo fracaso: irónicamente, el mundo ha emitido desde 1988 (sólo un año después de la publicación del reporte) cerca del 50% de las emisiones que hoy son responsables del cambio climático. Tal vez más irónico aún es que la desigualdad económica a nivel global durante este periodo se ha exacerbado de manera acelerada, mientras que las economías de un importante número de países del planeta han continuado creciendo. En estos últimos 30 años, el intercambio de bienes y la extracción de materiales se ha intensificado y originado cada vez más impactos y conflictos socioecológicos, principalmente en el Sur global (Tornel, 2019, p. 7).

Aunado a esto, los impactos que plantea la crisis climática, en su mayoría negativos, afectan a la población mundial de distintas formas y en distintas

escalas, siendo los países en desarrollo los más afectados. A pesar de que las emisiones de GEI las generan todos los países, “la aportación de cada país depende de su nivel de desarrollo, del crecimiento de la economía, del tamaño de la población y de sus hábitos de consumo, de las tecnologías que se emplean en la producción de bienes y servicios, y de la deforestación, entre otros factores” (Molina et al., 2017). Asimismo, bajo las negociaciones de las Naciones Unidas sobre el clima:

Los países ricos se cierran en banda y declaran que no reducirán sus emisiones para no arriesgar su privilegiada posición en la jerarquía global; los países pobres declaran que no renunciarán a su derecho a contaminar tanto como lo hicieron los países ricos en su ascensión hacia la riqueza, aunque eso signifique agravar un desastre que daña a los más pobres más que a nadie. Para que algo de todo esto cambie, es preciso que arraigue y adquiera protagonismo una visión del mundo que no vea en la naturaleza, en las otras naciones o en nuestros vecinos a unos adversarios, sino más bien a unos socios colaboradores en un formidable proyecto de reinención mutua (Klein, 2015, p. 39).

Sin embargo, la humanidad en su totalidad, es responsable de la actual crisis climática y, por lo tanto, hacer frente a los impactos negativos que plantea, requiere del trabajo conjunto entre distintos actores y a distintas escalas, entre el Norte y el Sur global y nos enfrenta con la urgencia de implementar acciones que sobrepongan a la cooperación por encima de la competencia. En este sentido, el sistema de las Naciones Unidas conjunta los esfuerzos para abordar diversas problemáticas, entre ellas la crisis climática. En 1992 la Cumbre de la Tierra dio lugar a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), cuyo objetivo final es prevenir una interferencia humana peligrosa en el sistema climático (ONU, 2020a).

La CMNUCC forma parte de los instrumentos que conforman el Régimen Internacional del Cambio Climático (RICC), y propone dos estrategias para abordar los retos que plantea la crisis climática: la mitigación y la adaptación. En general, la mitigación comprende las acciones de intervención humana para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y, la adaptación son las

medidas que buscan reducir la vulnerabilidad de los sistemas humanos y naturales ante los efectos adversos derivados de la crisis climática.

En 2015, las Partes de la CMNUCC lograron un acuerdo para combatir la crisis climática, el denominado Acuerdo de París, cuyo objetivo principal es “reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático manteniendo el aumento de la temperatura mundial en este siglo muy por debajo de los 2 °C por encima de los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar aún más el aumento de la temperatura a 1,5 °C” (ONU, 2015).

Más adelante, en 2018, el IPCC presentó el informe especial “Calentamiento Global de 1,5 °C”, en el que señala que gran parte de los impactos del cambio climático se producirán si la temperatura del planeta aumenta 1,5 °C, lo cual es alarmante, considerando que se estima que las actividades humanas ya han causado aproximadamente 1.0 °C de calentamiento global; indicó además que, limitar el calentamiento global a esa temperatura, requerirá de cambios rápidos, de gran alcance y sin precedentes en todos los aspectos de la sociedad, sobre todo porque es probable (con un alto grado de confianza) que el calentamiento global alcance los 1,5 °C entre los años 2030 y 2052 si continúa aumentando al ritmo actual (IPCC, 2018).

Ante la evidencia científica que alerta sobre el deterioro constante del medioambiente, el aumento de la temperatura promedio mundial y la crisis climática, las estrategias de mitigación por sí solas resultan insuficientes para evitar sus efectos, debido a que, incluso si se redujeran las emisiones de GEI, la temperatura del planeta seguirá aumentando, por lo que es necesario, a la vez que inevitable, emprender acciones de adaptación. Para afrontar los desafíos que plantea la crisis climática y atender las necesidades de desarrollo sustentable se requiere del involucramiento y colaboración de diversos actores en la búsqueda de posibles soluciones, así como del desarrollo y uso de tecnologías con enfoque en mitigación y adaptación, principalmente porque “la tecnología se ha convertido en

la interfaz y el articulador o mediador natural entre la sociedad y el ambiente” (Smith y Stirling, 2010; Redman y Miller, 2015, en Gavito et al., 2017) y es un pilar central para alcanzar los objetivos que establece la Convención sobre cambio climático.

Respecto a las tecnologías con enfoque en adaptación, el Manual del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) para realizar Evaluaciones de las Necesidades de Tecnología para el cambio climático, define su concepto como: “todas las tecnologías que se pueden aplicar en el proceso de adaptación a la variabilidad climática y al cambio climático” (Trærup et al., 2011), aunque es ambiguo, este concepto posiciona a la tecnología como una de las alternativas de adaptación que pueden contribuir a reducir la vulnerabilidad ante los efectos negativos de la crisis climática.

Existen sectores estratégicos en los que la tecnología juega roles específicos para atender las necesidades de adaptación a la crisis climática, tales como la agricultura, agua, energía, salud, zonas costeras, infraestructura, turismo y eventos naturales extremos. Las tecnologías que son empleadas en dichos sectores pueden clasificarse como tecnologías de *software*, *hardware* y *orgware* e incluyen, por ejemplo, incrementar la eficiencia de los riegos en la agricultura y evitar los monocultivos.

Cabe señalar que el impacto de las tecnologías con enfoque en adaptación puede ser favorable siempre y cuando responda a las necesidades locales en las que se busca implementar alguna o varias de estas tecnologías, para ello es importante partir de un conocimiento previo de las condiciones propias del lugar que permita evaluar cuáles son las verdaderas necesidades tecnológicas y así evitar una *mala-adaptación*.

Pese a que la tecnología se erige como una serie de alternativas y soluciones para atender las necesidades tanto de mitigación como de adaptación

a la crisis climática, ésta no es una panacea y plantea una serie de dificultades y controversias, sobre todo cuando se trata de su transferencia entre países del Norte a países del Sur global, dado que “los países desarrollados que ya agotaron la capacidad de absorción de GEI de la atmósfera deben apoyar, tanto económicamente como con transferencia tecnológica, a los países en desarrollo” (Molina et al., 2017). Aunado a esto, la transferencia de tecnologías con enfoque en adaptación ha tenido una evolución distinta a las tecnologías para mitigación, y aún en la actualidad presenta obstáculos incluso a nivel de su conceptualización, no obstante, con la creación del Mecanismo Tecnológico de la CMNUCC en 2010, el papel de las tecnologías con enfoque en adaptación y su transferencia ha ganado mayor notoriedad en las discusiones globales alrededor de la problemática del cambio climático.

El acceso a las tecnologías, especialmente a aquellas con enfoque en adaptación que atienden la necesidad de reducir la vulnerabilidad de los sistemas humanos y los sistemas naturales, es escaso y se limita en mayor proporción a los países que poseen los recursos económicos y las capacidades para desarrollarlas; es por ello que se requiere la intervención de organismos internacionales como la CMNUCC para propiciar la cooperación internacional y facilitar la transferencia tecnológica, de los países desarrollados a los países en desarrollo, aludiendo a los principios de equidad y justicia, y a su responsabilidad histórica, para sumar esfuerzos y así evitar los riesgos asociados a la crisis climática y adaptarnos a aquellos que no se pueden evitar.

Dada la importancia del medioambiente y el papel que juega en la procuración del desarrollo sustentable, es evidente que la crisis del cambio climático pone en riesgo a sus tres dimensiones, provocando afectaciones en el ámbito social, ambiental y económico, tanto para las generaciones presentes como para las generaciones futuras, subrayando la necesidad de buscar e implementar aquellas alternativas que nos permitan afrontar y evitar los daños que plantea, asimismo “ampliar las aplicaciones del conocimiento científico existente y

la innovación tecnológica, tanto en las ciencias naturales como en las sociales, puede permitir abordar los desafíos de desarrollo en muchos sectores. A menudo, la tecnología ya existe y la tarea es identificar y abordar los obstáculos para su despliegue generalizado” (ONU, 2019e).

En este sentido, el presente trabajo de investigación persigue el *objetivo general* de analizar el papel de la tecnología, su transferencia y la evaluación de las necesidades tecnológicas de los países en desarrollo para hacer frente a las necesidades de adaptación a la crisis climática, así como identificar los elementos clave para propiciar dicha transferencia y los desafíos a los que se enfrentan, a fin de que esto contribuya a la comprensión, el diálogo y a generar un mayor entendimiento sobre los procesos que permiten la transferencia de tecnologías enfocadas a la adaptación a la crisis climática.

Para ello, se propone el *estudio de caso* del proyecto denominado Technology Needs Assessment (TNA, por sus siglas en inglés) o Evaluación de Necesidades Tecnológicas (ENT), liderado por la asociación entre el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, por sus siglas en inglés) y la Universidad Técnica de Dinamarca (DTU, por sus siglas en danés), con sede en Copenhague, Dinamarca, en donde realicé mis prácticas institucionales. La adopción del estudio de caso como estrategia metodológica de investigación se debe a que “está orientada a la comprensión de un fenómeno social de interés por su particularidad, con lo cual se busca posibilitar el fortalecimiento, crecimiento y desarrollo de las teorías existentes o proponer nuevas para entender o explicar el fenómeno” (Páramo, 2013). De acuerdo con Eisenhardt (1989), el estudio de caso “es una estrategia de investigación dirigida a comprender las dinámicas presentes en contextos singulares. Puede tratarse de un único caso o de varios casos, que combinan diferentes métodos para la recolección de la evidencia cualitativa-cuantitativa con el fin de describir una situación y verificar o generar una teoría”.

Para Yin (2009), el estudio de caso “es una indagación empírica en la que se investiga un fenómeno contemporáneo dentro de su contexto real de existencia”. De acuerdo con Chetty (1996), la investigación de estudio de caso “puede ser de carácter descriptivo, si pretende identificar y caracterizar los distintos factores que ejercen influencia en el fenómeno estudiado; o explicativo, si pretende conseguir un acercamiento entre las teorías revisadas en el marco teórico y la realidad del fenómeno bajo estudio”.

En ese sentido, el proyecto seleccionado para esta investigación queda enmarcado en un nivel descriptivo y explicativo, esto con la finalidad de identificar y examinar cuáles son las acciones climáticas que se formulan en el plano internacional en relación con la adaptación y la transferencia tecnológica. De igual manera, se persiguen los siguientes *objetivos específicos*:

1. Describir y analizar las bases teóricas y conceptuales del cambio climático antropogénico, sus principales causas e impactos previstos, así como su relación con las dimensiones del desarrollo sustentable, poniendo énfasis en su enfoque en adaptación, la conformación de su régimen internacional y el rol de la cooperación internacional ante sus desafíos.
2. Abordar y analizar la transferencia tecnológica con enfoque en adaptación como una forma de operacionalizar el RICC a través de la cooperación internacional en un contexto de desarrollo sustentable; así como identificar el proceso de establecimiento del Mecanismo Tecnológico de la CMNUCC y hacer un análisis del papel de la tecnología como alternativa para enfrentar las necesidades de adaptación a la crisis climática y sus controversias.
3. Identificar y hacer un análisis de los aspectos clave y los desafíos a los que se enfrenta la transferencia de tecnologías enfocadas a la

adaptación a la crisis climática, a través del estudio de caso del proyecto *Technology Needs Assessment (TNA)*, del UNEP-DTU Partnership.

En base a los objetivos planteados, se propone la siguiente *pregunta de investigación*: ¿cuáles han sido los factores clave dentro del proyecto TNA para operacionalizar la transferencia de tecnologías para afrontar los retos de la adaptación a la crisis climática? En cuanto a las *preguntas secundarias*, éstas son:

1. ¿Cuáles son las bases teóricas y conceptuales que sustentan al cambio climático antropogénico y lo relacionan con las dimensiones del desarrollo sustentable y la tecnología para atender las necesidades de adaptación?
2. ¿Cuáles son las aproximaciones teóricas y bases conceptuales en las que se fundamenta la relación de la tecnología y su transferencia con la adaptación a la crisis climática?
3. ¿Cuáles son los elementos clave y los retos a los que se enfrenta la transferencia de tecnologías enfocadas a la adaptación a la crisis climática dentro del proyecto TNA del UNEP-DTU Partnership?

La *hipótesis* que guía el trabajo de investigación es la siguiente: “El proyecto de evaluación de necesidades tecnológicas (TNA) tiene un papel primordial que responde al objetivo de identificar y transferir tecnologías enfocadas a reducir la vulnerabilidad y las necesidades de adaptación a la crisis climática de los países en desarrollo”.

Con el objetivo de corroborar o desestimar la hipótesis planteada, se empleó un análisis de caso de estudio cualitativo, en el que el caso de estudio es el proyecto TNA a cargo del *UNEP-DTU Partnership*, dada la relevancia que tiene al ser parte de las áreas prioritarias del Comité Ejecutivo de Tecnología del

Mecanismo Tecnológico de la CMNUCC. A modo de delimitar la temporalidad de la investigación se establece el análisis del proyecto TNA en sus tres primeras fases que abarcan el periodo 2009-2020, y se identifican ejemplos de tecnologías en dos sectores estratégicos para la adaptación: agricultura y agua.

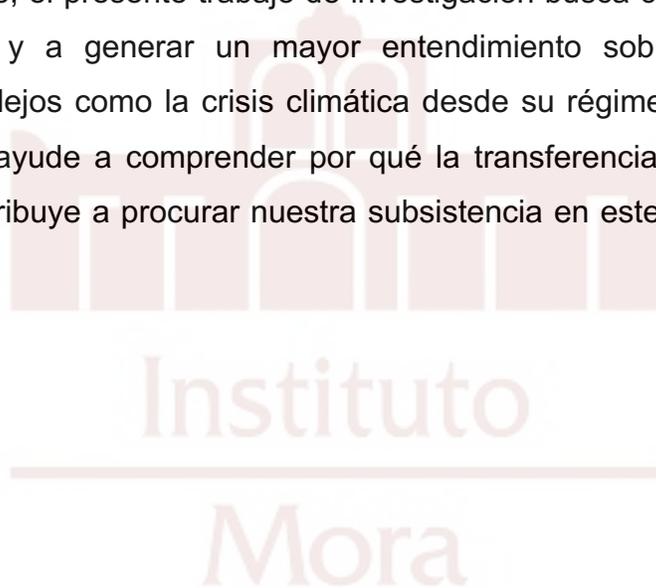
El empleo de esta metodología de investigación a través de un estudio de caso responde a la búsqueda de los mecanismos por los cuales el régimen internacional del cambio climático operacionaliza las acciones de adaptación a la crisis climática a través de la transferencia de tecnologías destinadas a este fin.

Los datos del caso de estudio “pueden ser obtenidos de una variedad de fuentes cualitativas y cuantitativas (Eisenhardt, 1989); por ejemplo, documentos, bases de datos, internet, entrevistas, revisión de documentos, observación directa, etc.” (Páramo, 2013). Es por ello que se emplearon las siguientes herramientas de investigación: revisión bibliográfica de una serie de documentos, informes, reportes, artículos, libros, noticias, así como entrevistas informales y entrevistas semi-estructuradas, y observación participante, a través de la experiencia adquirida durante las prácticas institucionales que realicé en el UNEP-DTU Partnership en Copenhague, Dinamarca en el segundo semestre del año 2019.

La pertinencia de la tesis se centra en el momento coyuntural de la discusión global alrededor de las medidas de implementación del Acuerdo de París, tras el denominado fracaso de la Conferencia de las Partes (COP) 25 de Madrid en 2019, el aplazamiento de la COP 26 de 2020 para noviembre de 2021 debido a la pandemia de la COVID-19, así como de la creciente urgencia de emprender la acción climática, fortalecer la cooperación internacional, incrementar la ambición de las contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC, por sus siglas en inglés) de los Estados miembros a la Convención y superar la barrera de la implementación de tecnologías, con enfoque en la adaptación en los países en desarrollo que más lo necesitan.

A fin de establecer los alcances y límites del presente trabajo de investigación, existen temáticas alrededor de la transferencia tecnológica para la adaptación a la crisis del cambio climático que quedarán fuera del análisis, entre ellas están: a) las estrategias de mitigación; b) la discusión respecto a los riesgos asociados a la sustitución tecnológica del trabajo humano; c) la perspectiva estrictamente cuantitativa (indicadores, mediciones, sistemas de monitoreo, etc.) alrededor de las acciones de adaptación a los efectos adversos que plantea el cambio climático;⁴ d) el enfoque de género del cambio climático;⁵ y, e) la transferencia de conocimientos.⁶

Finalmente, el presente trabajo de investigación busca contribuir al análisis, la comprensión y a generar un mayor entendimiento sobre el abordaje de problemas complejos como la crisis climática desde su régimen internacional, de tal manera que ayude a comprender por qué la transferencia de tecnologías es necesaria y contribuye a procurar nuestra subsistencia en este planeta por medio de la adaptación.



⁴ Si bien la tesis incluye datos cuantitativos referentes al cambio climático, no se hace un análisis exhaustivo de los mismos.

⁵ Este componente no se contempla ampliamente en el desarrollo de la tesis, no por restarle valor, sino porque existe un diálogo alrededor de esta temática que merece un análisis profundo del mismo.

⁶ Si bien es difícil hacer una distinción entre la transferencia tecnológica y la transferencia de conocimientos, ésta última abarca componentes de la educación (formal e informal) que sobrepasan los límites de la presente investigación.

Capítulo 1. Adaptación a la crisis climática y desarrollo sustentable: un desafío compartido

La crisis⁷ del cambio climático representa una de las mayores problemáticas ambientales a escala global del siglo XXI; se trata de un problema complejo⁸ que a la vez forma parte de una crisis sistémica, y es también un desafío decisivo que amenaza el desarrollo de todas las naciones. Hacer frente a la crisis climática requiere de la formulación e implementación de políticas públicas, participación y acción de diversos actores a escala global, así como voluntad política, recursos económicos y de herramientas e instrumentos necesarios para mitigar y adaptarnos a sus efectos adversos, tanto a los que ya se perciben, como a aquellos que se esperan en los próximos años.

El presente capítulo tiene como objetivo plantear y analizar las bases científicas y el marco teórico y conceptual sobre el cual se sustenta y explica la actual crisis climática. Con este fin, el capítulo se dividirá en cuatro apartados. El primer apartado constituye una revisión y planteamiento de un marco conceptual para analizar la crisis climática y las causas naturales y antropogénicas de las variaciones en el clima de la Tierra. En el segundo apartado se aborda la crisis climática desde las dimensiones del desarrollo sustentable (ambiental, social y económica), partiendo de la idea de que ambos conceptos comparten desafíos en las agendas internacionales. El tercer apartado se centra en el enfoque en adaptación para abordar la crisis climática y, finalmente, en el cuarto apartado se hará un análisis de la conformación del Régimen Internacional del Cambio Climático (RICC) y de la atención internacional que ha tenido el tema en las discusiones globales, tomando como referente el trabajo que realiza la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)

⁷ El Diccionario de la Real Academia Española (2019) define *crisis* como: “un cambio profundo y de consecuencias importantes en un proceso o una situación, o en la manera en que estos son apreciados”.

⁸ Los autores John Alford y Brian W. Head (2017), conceptualizan los problemas complejos o retorcidos como aquellas “masas intratables de complejidad que varían en el grado de su maldad” y mencionan que básicamente no hay una diferenciación clara entre ambos conceptos.

respecto al enfoque en adaptación y la tecnología como un mecanismo de abordaje de la crisis climática.

1.1. Un marco conceptual para analizar la crisis climática

La crisis del cambio climático requiere partir de conceptos que contribuyan a la comprensión de dicha problemática, por esta razón, en este apartado se ahondará en aquellos conceptos que conforman el marco conceptual del presente trabajo de investigación y que son fundamentales para vislumbrar la importancia de esta temática. Para comenzar, es preciso diferenciar los conceptos de tiempo y clima. El *tiempo* es “el estado momentáneo de la atmósfera y produce una variedad de estados en diversas escalas espaciales (días nublados, lluviosos, soleados, fríos, etc.) (Sánchez, De la Lanza, Garduño y Sánchez, 2015). Por otra parte, el *clima* es “el estado medio del tiempo y de su variabilidad, la cual persiste y se mantiene durante un periodo prolongado (décadas o incluso más)” (Sánchez et al., 2015). La energía que determina el clima de la Tierra (Rodríguez, Mance, Barrera y García, 2015) es la *radiación solar*. La energía solar que alcanza la superficie de la Tierra calienta el suelo y los océanos, y estos a su vez, liberan calor en forma de radiación infrarroja (*Ibid.*).

Por otro lado, la *atmósfera* es una “envoltura gaseosa que circunda la Tierra” (IPCC, 2007) y un sistema sumamente complejo y elemental para la vida en la Tierra con un papel determinante en el clima. “Su temperatura varía en función de la altitud y se divide en cuatro regiones: troposfera, estratosfera, mesosfera y termosfera. En la troposfera, que se encuentra inmediatamente encima de la superficie, ocurren los fenómenos que determinan el clima” (Brown, LeMay y Bursten, 2004).

En la atmósfera también se encuentran los *gases de efecto invernadero* (GEI), en una concentración justa para propiciar la existencia de la vida en la Tierra (véase Cuadro 1.1.), misma que tardó millones de años en constituirse; sin los GEI, el planeta tendría aproximadamente una temperatura 30 °C más fría (es decir, 18 °C bajo cero), lo que lo haría inhóspito para la vida (Rodríguez et al, 2015).

Cuadro 1.1. Principales gases de efecto invernadero (GEI)

| |
|---|
| Vapor de agua: Es un bloqueador muy eficaz de los rayos infrarrojos, más potente que el CO ₂ . ⁹ |
| Dióxido de carbono (CO₂): Se produce por la respiración de todos los organismos, por erupciones volcánicas y por la descomposición de materia orgánica. |
| Metano (CH₄): Se produce por la descomposición anaeróbica de materia orgánica en los grandes humedales de las zonas templadas y frías, y por la actividad digestiva de los rumiantes. |
| Oxido nitroso (N₂O): Se produce por la actividad bacteriana en ecosistemas terrestres y marinos. |
| Clorofluorocarbonos (CFC): Son inexistentes en la atmósfera naturalmente; son creados por los seres humanos. |

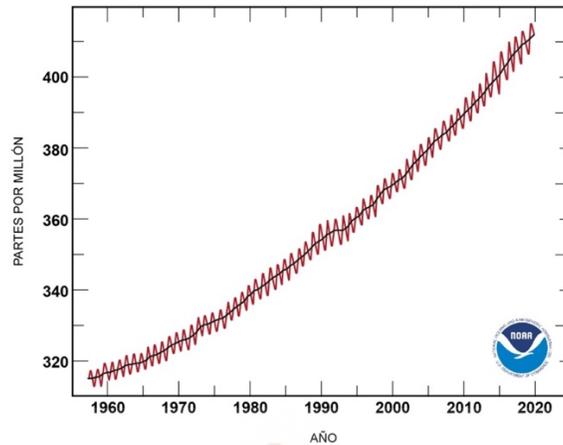
Fuente: elaboración propia a partir de Molina et al., 2017.

Aunque el CO₂ es un componente menor en la atmósfera, desempeña un papel sumamente importante¹⁰ (véase Figura 1.1.), ya que absorbe calor radiante y actúa de forma parecida a los cristales de un invernadero, por esta razón, a este y otros gases como los arriba señalados, se les conoce como “gases de efecto invernadero (GEI)” y, al calentamiento global que provocan se le denomina “efecto invernadero” (Brown et al., 2004).

⁹ “El vapor de agua desempeña el papel principal en el mantenimiento de la temperatura atmosférica durante la noche” (Brown, LeMay y Bursten, 2004), sin embargo, se considera que el CO₂ es el GEI que controla la temperatura de la superficie de la Tierra (Molina et al., 2017).

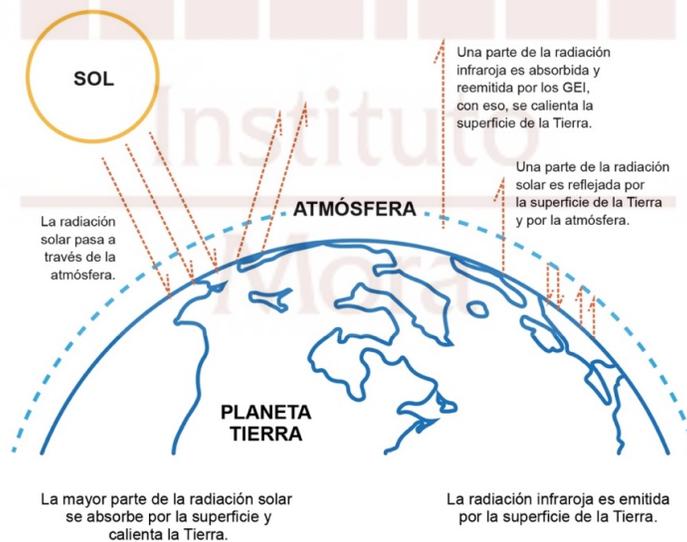
¹⁰ Las concentraciones atmosféricas de CO₂ se miden en partes por millón (ppm). Cuando iniciaron las mediciones de Charles David Keeling, las concentraciones a nivel global eran de 315 ppm, actualmente existen aproximadamente 410 ppm.

Figura 1.1. Concentraciones atmosféricas de CO2 del Observatorio Manu Loa, Hawái, de 1960 a abril de 2020



Fuente: National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA), 2020.

Figura 1.2. El efecto invernadero y el calentamiento global



Fuente: elaboración propia a partir de Rodríguez, M., Mance, H., Barrera, X. y García, C., 2015.

Gracias al *efecto invernadero* (véase Figura 1.2.), la temperatura promedio de la superficie terrestre se eleva y emite más del doble de la cantidad de energía que recibe del Sol (Molina et al., 2017), ya que los GEI que se encuentran en la

atmósfera, absorben parte de esta radiación y la envían en todas las direcciones. Entre más alta sea la concentración de GEI, mayor es la captura del calor que queda atrapada en la Tierra, lo que provoca el *calentamiento global*.

Antes de aterrizar en el concepto de la actual crisis climática, es importante entender el *sistema climático*, el cual consta de cinco componentes principales: atmósfera, hidrosfera, criosfera, litosfera y biosfera, y de las interacciones entre ellos. El sistema climático evoluciona en el tiempo bajo la influencia de su propia dinámica interna y por efecto de forzamientos externos, como las erupciones volcánicas o las variaciones solares, y de forzamientos antropogénicos, como el cambio de composición de la atmósfera o el cambio de uso del suelo (IPCC, 2018).

Cabe señalar que existen otras posturas que incluyen a las actividades humanas como componentes del sistema climático, en el que se proponen “ocho esferas, cinco naturales y tres antropogénicas que interactúan entre sí; las primeras son la atmósfera, la biosfera, la hidrosfera, la geosfera (o litosfera) y la criosfera; las segundas, la economía, la sociedad y la cultura” (Vázquez, 2006). Este concepto, al incluir las actividades humanas como factores que alteran e interactúan con los demás componentes del sistema climático, se adecúa más a una concepción holística del sistema climático, en el que la alteración de cualquiera de sus componentes tendría afectaciones en dicho sistema.

La interacción entre los componentes del sistema climático provocan cambios en el clima, como el denominado *cambio climático*, definido por la CMNUCC como: “un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables” (ONU, 1992).

Por otra parte, el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), lo define como “un cambio en el estado del clima que puede identificarse (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) mediante cambios en la media y/o la variabilidad de sus propiedades, y que persiste durante un período prolongado, generalmente décadas o más” (IPCC, 2007). Además señala que “se refiere a cualquier cambio en el clima a lo largo del tiempo, ya sea debido a la variabilidad natural o como resultado de la actividad humana” (*Ibid.*). Si bien se reconoce ampliamente que la crisis climática que vivimos actualmente es principalmente de origen antropogénico, también intervienen factores naturales en las variaciones del clima global (véase Cuadro 1.2.).

Cuadro 1.2. Causas naturales en las variaciones del clima global

Variaciones en la energía solar y en la órbita terrestre: La variabilidad en la actividad solar puede alterar el clima, sin embargo, su contribución es poco significativa. En cuanto a la órbita terrestre, existen tres tipos de variaciones: a) cambios en la excentricidad (elipticidad) que alteran la distancia entre la Tierra y el Sol; b) variaciones en el eje de rotación de la Tierra (inclinación) y, c) un movimiento (precisión) que modifica el ángulo que el eje de rotación de la Tierra forma con el plano de órbita y que afecta la precisión de los equinoccios.

Inclinación del eje de la Tierra: Esta variación incrementa la diferencia de temperaturas entre las zonas cercanas al ecuador y las latitudes más altas, las cuales reciben una radiación solar nula durante seis meses del año. La inclinación del eje de la Tierra (23.5°) es la responsable de las estaciones del planeta.

Vulcanismo: Las erupciones volcánicas en el pasado provocaron cambios importantes por la emisión de grandes cantidades de CO₂, sin embargo, en tiempos históricos recientes han tenido efectos de poca duración.

Aerosoles de origen natural: Cuando se encuentran en la atmósfera superior, reflejan los rayos solares hacia el espacio; en capas inferiores producen alteraciones en la formación y tipo de nubes, influyendo en la precipitación pluvial e, indirectamente, en la temperatura de una zona.

Circulación atmosférica: La atmósfera se mantiene en constante movimiento y, ya que el Sol calienta más las zonas cercanas al ecuador, se generan zonas de baja y alta presión que producen precipitaciones pluviales abundantes y zonas secas o desérticas, respectivamente.

Corrientes oceánicas: El mar y las corrientes oceánicas son determinantes en la definición de los climas y en un proceso de homogeneización de la temperatura.

Fuente: elaboración propia a partir de Molina, et al., 2017.

Intervienen múltiples factores en el funcionamiento de las causas naturales de las variaciones del clima, y son un claro ejemplo de la complejidad de los mecanismos que la Tierra ha desarrollado a lo largo de sus 4 500 millones de

años de historia (Canfield, 2016), para permitir la existencia de la vida como la conocemos en la actualidad. Por otra parte, el calentamiento de la superficie de la Tierra se atribuye en mayor medida a actividades humanas; las concentraciones atmosféricas de GEI se han incrementado desde la época preindustrial y se debe a distintos factores, principalmente al consumo de combustibles fósiles,¹¹ la agricultura y a los cambios en el uso de las tierras (IPCC, 2001), además es posible identificar tres principales factores antropogénicos que son responsables de la crisis del cambio climático (véase Cuadro 1.3.) y que, combinados generan los impactos negativos sobre el sistema climático y los recursos de la Tierra.

Cuadro 1.3. Principales factores antropogénicos de la crisis climática

Crecimiento poblacional: ha adoptado una tasa exponencial de crecimiento que se estima que seguirá en aumento y que para finales del siglo XXI se estabilizará en al menos 10 mil millones de habitantes.

Demanda de energía y recursos por habitante: con el aumento de la población, aumenta la demanda de recursos, esta tendencia se ha observado desde mediados del siglo XX, ha aumentado de forma exponencial y seguirá haciéndolo. Los sectores más demandantes de energía son el transporte, la industria y el sector doméstico-comercial. En cuanto a los recursos, la deforestación para fines agrícolas y pecuarios, pérdida de biodiversidad, cambios de uso de suelo y agua, por mencionar algunos.

Tipo de tecnologías usadas para el desarrollo económico e industrial: el uso de tecnologías en muchos casos ha tenido (y continúa teniendo) efectos negativos sobre el ambiente. Esto sucede cuando el uso de tecnologías es contaminante, depredador y poco eficiente, además de responder a intereses económicos por encima del bienestar social y medioambiental.

Fuente: elaboración propia a partir de Molina et al, 2017.

Por otra parte, en los últimos años, diversos medios de comunicación han señalado que el concepto del cambio climático no necesariamente refleja el sentido de emergencia y urgencia que este representa, por lo que se ha optado por emplear indistintamente el término *emergencia climática* y *crisis climática* como alternativa al concepto del cambio climático.¹² La *crisis climática* es definida por el *Cambridge Dictionary*¹³ como los “problemas graves que están siendo causados o que pueden ser causados por cambios en el clima mundial, en

¹¹ Combustibles a base de carbono de depósitos de hidrocarburos fósiles, incluidos carbón, petróleo y gas natural (IPCC, 2018).

¹² Para efectos del presente trabajo de investigación, en adelante, al referirse a los conceptos de cambio climático y crisis climática se hace referencia a su carácter antropogénico.

¹³ Véase el sitio <<https://dictionary.cambridge.org/es/diccionario/ingles/climate-crisis>>.

particular el calentamiento del planeta como resultado de la actividad humana que aumenta el nivel de dióxido de carbono en la atmósfera”.

El diario británico *The Guardian* señala que “el cambio climático ya no se considera que refleje con precisión la gravedad de la situación general”, por lo que en su artículo de 2019 “Es una crisis, no un cambio: seis cambios en el lenguaje de *The Guardian* sobre cuestiones climáticas” insta a sus periodistas y editores a utilizar los conceptos de *emergencia climática* o *crisis climática* para describir el impacto más amplio del cambio climático.¹⁴

Por su parte, el Oxford Dictionary señala que la emergencia climática se puede definir como: “una situación en la que se requiere una acción urgente para reducir o detener el cambio climático y evitar daños ambientales potencialmente irreversibles que resulten de él” (Oxford Dictionaries, 2019). En este sentido, resulta evidente que el concepto del cambio climático ha tomado un nuevo sentido de urgencia que señala la apremiante necesidad de emprender acciones que atiendan dicha problemática a la mayor brevedad posible, por lo que el empleo de los conceptos de *emergencia climática* y *crisis climática* da cuenta de la importancia de escalar el concepto de cambio climático y hacer especial énfasis en tomar medidas urgentes para atender dicha problemática.

Los *efectos adversos* que plantea la problemática del clima global, entendidos como los “cambios en el medio ambiente físico o en la biota que tienen efectos nocivos significativos en la composición, la capacidad de recuperación o la productividad de los ecosistemas naturales o sujetos a ordenación, o en el funcionamiento de los sistemas socioeconómicos, o en la salud y el bienestar humanos” (ONU, 1992); son factores que ayudan a dimensionar los alcances de la crisis climática, sobre estos efectos se ahondará más adelante, cuando se aborde la crisis del cambio climático desde las dimensiones del desarrollo sustentable. Aunado a los efectos adversos, la crisis climática también plantea un panorama de

¹⁴ Véase el sitio <<https://www.theguardian.com/environment/2019/oct/16/guardian-language-changes-climate-environment>>.

incertidumbre que, de acuerdo con el IPCC (2018), es “un estado de conocimiento incompleto que puede resultar de la falta de información o del desacuerdo sobre lo que se sabe o incluso lo que se puede saber [...]” acerca de la crisis climática.

Haciendo un análisis de los conceptos presentados hasta ahora, se puede apreciar que existe una correspondencia entre dichos conceptos y que guardan una relación compleja en la que intervienen distintos factores que propician la actual crisis climática; dicha complejidad, de acuerdo con la *Teoría General de Sistemas*, que se atribuye al biólogo Ludwig Von Bertalanffy,¹⁵ puede explicarse desde la óptica de los sistemas complejos, en los que la complejidad se refiere “a la singular manera del comportamiento que tienen los sistemas complejos, tanto en sus componentes como en sus procesos” (Sánchez et al., 2015), dado que éstos “son más que el resultado de la suma de sus partes” (Ritter et al., 2002); esto se hace evidente en los procesos de interacción que tienen lugar entre los componentes del sistema climático, que incluyen intercambios de materia, energía e información, “constituyendo la principal fuente de no linealidad en el sistema, lo que se traduce en un importante grado de incertidumbre, dentro de los ámbitos de la predicción y prevención de eventuales catástrofes climáticas” (Sánchez et al., 2015).

Dicho en otras palabras, el concepto de cambio climático, como es planteado por la CMNUCC y el IPCC, no necesariamente refleja de manera explícita la complejidad que representa, e incluso reduce dicha complejidad a una dinámica de causa-efecto, diluyendo su condición como sistema complejo a un sistema lineal que relaciona al calentamiento global con el aumento en las emisiones de GEI. Aunado a ello, tampoco explica el importante factor de incertidumbre, sobre el cual se requiere trabajar para disminuir la vulnerabilidad ante sus efectos adversos y afrontar aquellas afectaciones que aún pueden evitarse.

¹⁵ Véase el sitio <<https://www.redalyc.org/pdf/101/10100306.pdf>>.

Para contribuir a dimensionar la complejidad y gravedad de la problemática, en el siguiente apartado se plantea la relación que ha existido entre el modelo de desarrollo económico y la degradación del medioambiente. De igual forma se abordarán algunos de los efectos adversos que plantea la crisis del cambio climático que trastocan las dimensiones del desarrollo sustentable.

1.2. La crisis climática y sus manifestaciones desde las dimensiones del desarrollo sustentable

La crisis climática guarda una estrecha relación con el desarrollo; por una parte, es una consecuencia del desarrollo y, a la vez, representa una amenaza. El desarrollo, definido como un “proceso infinito de construcción, ampliación, fortalecimiento y blindaje de la libertad de los individuos” (Román, 2014), deja claro que la búsqueda e implementación de medidas que garanticen dicha libertad no puede comprenderse sin un medio natural que sea capaz de sostenerlo. En este sentido, han surgido alternativas que buscan la reconciliación del desarrollo con el medioambiente, tal es el caso del *desarrollo sustentable* o *sostenible*, el cual busca fomentar el crecimiento económico, sociedades con altos niveles de bienestar y la protección y uso racional de los recursos naturales.

Considerando que “el cambio climático es, sin duda, la problemática más grave en materia ambiental y la mayor amenaza global para el desarrollo” (Rodríguez et al., 2015), es necesario plantear qué se entiende por desarrollo sustentable, y partir de sus componentes, es decir, de los conceptos de desarrollo y de sustentabilidad.

Definir el concepto de desarrollo es una tarea difícil, ya que se trata de un concepto flexible y sensible a diversas interpretaciones, cuyas nociones son siempre debatibles. No obstante, es preciso diferenciar lo que es desarrollo *inmanente* y desarrollo *intencional*. El *desarrollo inmanente* se refiere a un “proceso de cambio inherente, es decir, asociado a las transformaciones que son

experimentadas por las sociedades históricamente, como parte de su propia existencia” (Cowen y Shenton, 1996). El *desarrollo intencional* “es producto de decisiones públicas y privadas sustentadas en una particular definición de desarrollo, tomadas a nivel nacional o internacional, e implica fijar objetivos, definir las herramientas adecuadas para concretarlos y no perder de vista los valores que hay detrás de ellos” (Sumner y Tribe, 2008).

El término *desarrollo* ha sido manejado por diversos autores, incluso desde la antigüedad (Watts, 1995), en donde se le concebía como “transformación social”, no obstante, de acuerdo con la *Teoría del desarrollo*, se considera que fue J. Schumpeter en 1911, quien, con su libro “La teoría del desarrollo económico” (Rist, 2008) introdujo su concepto, concebido como “una forma de planificación y de política”. El desarrollo exige transformaciones profundas y deliberadas, así como cambios estructurales e institucionales; también se concibe como un proceso que persigue la igualación de oportunidades sociales, políticas y económicas, tanto en lo nacional como en relación con otras sociedades con patrones más elevados de bienestar material (Sunkel y Paz, 1978), dándole un nuevo sentido al concepto, según el cual, se comenzó a justificar un sistema de clasificación de los países en el que solo unos pocos se consideraban “desarrollados”.

Tras la segunda guerra mundial, comenzaron las críticas al desarrollo como sinónimo de modernización, con autores como Schumacher (1990), quien planteó que el desarrollo exigía considerar las actividades económicas y la tecnología correspondiente al nivel apropiado (nacional, regional o distrital), así como abordar los problemas desde una perspectiva multidisciplinaria, sin dejar de lado las dimensiones culturales, socioeconómicas y políticas (Mochi, 2008). Una de las críticas al desarrollo más relevantes, es la que enfatiza la necesidad de que se incluya a la sustentabilidad, representando “un cambio cualitativo en la cadena de significación que articula el crecimiento económico, la equidad social y la conservación ecológica” (Gutiérrez, 2007).

Por su parte, la *sustentabilidad* se funda en el reconocimiento de los límites y potenciales de la naturaleza y la complejidad ambiental, y promueve una nueva alianza naturaleza-cultura, fundando una nueva economía, reorientando los potenciales de la ciencia y la tecnología y construyendo una nueva cultura política fundada en una ética (valores, creencias, sentimientos y saberes) que renuevan el sentido de la existencia y las formas de habitar la Tierra (Díaz, 2011). Los principios que rigen la sustentabilidad son: a) “una sola Tierra” con un “futuro común” para la humanidad; b) “pensar globalmente y actuar localmente”; c) el principio de precaución; d) responsabilidad colectiva y equidad social y, e) justicia ambiental y calidad de vida de las generaciones presentes y futuras (*Ibid.*).¹⁶

La sustentabilidad comprende una visión sistémica, misma que se ocupa de observar las estructuras que subyacen en un problema de interés y busca describir y explicar las interrelaciones entre las variables del problema analizado (Gallopín, 2006). En este sentido, el problema es la contradicción que se acumula en una amplia complejidad que se desprende de la relación de tres grandes sistemas: económico, social y natural (Díaz, 2011). En ese sentido, el concepto de *desarrollo sustentable* tuvo sus comienzos en la década de 1960, cuando el Club de Roma¹⁷ convocó, en 1968, a una serie de personalidades (entre científicos, políticos, ingenieros, educadores y economistas), con el fin de discutir los problemas globales que amenazaban a la especie humana, poniendo énfasis en las señales de una inminente crisis en el medio ambiente con impactos a las sociedades globales.

Ese mismo año, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, por sus siglas en inglés) organizó la Conferencia Intergubernamental para el Uso Racional y la Conservación de la Biosfera, la cual

¹⁶ Estos principios, toman como base una serie de declaratorias y escritos que abarcan, entre otros: *La primavera silenciosa* de Rachel Carson (1962), *The population bomb* de Paul Ehrlich (1968), *Resources and Man* de la Academia de Ciencias de Estados Unidos (1969), *The closing circle* de Barry Commoner (1971), *Only one Earth* de René Dubos y Barbara Ward (1972) y *The limits to growth* de Donella H. Meadows, Dennis L. Meadows, Jorgen Randers y William W. Behrens (1972).

¹⁷ El fundador del Club de Roma fue el italiano Aurelio Peccei, uno de los top managers de la Fiat y la Olivetti y director de Italconsult. En 1966, Peccei anunció su intención de promover un estudio global sobre los problemas mundiales, que bautizó como Proyecto 1969. Tiene su sede central en Roma y oficinas en Ginebra y Tokio. El club continúa su programa de trabajo y ha publicado varios informes más (Pierrí, 2005).

albergó una discusión temprana del concepto de *desarrollo ecológicamente sustentable*, además de que derivó en la puesta en marcha del Programa sobre el Hombre y la Biosfera (MAB, por sus siglas en inglés), que dio inicio en 1971 (UNESCO, 2015). Ese mismo año, un grupo de expertos se reunió en Founex, Suiza, para discutir alrededor del desarrollo y el medioambiente, obteniendo como resultado un documento que serviría de base para la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano que se llevaría a cabo en Estocolmo en junio de 1972. (Díaz, 2011). Esta conferencia proclamó al ambiente como “el hábitat mundial del hombre” y dio paso a la creación del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Cabe señalar que la importancia de la Conferencia de Estocolmo también radica en que, el diálogo internacional entre el Norte y el Sur global logró establecer un consenso en el sentido de que “los países en desarrollo entendieron que, lejos de constituir un problema exclusivo del mundo industrializado, la degradación ambiental también constituye su problema en gran medida” (Sachs, 1977). De igual forma, los países industrializados comenzaron a reconocer que los patrones del uso y la mala distribución de los recursos constituyen un aspecto primordial de la problemática ambiental. “Ambas partes entendieron que viven en una sola Tierra y que la existencia de espacios internacionales (océanos, lecho marino y clima) y la finitud de la Tierra como navío espacial las unen en un patrón de verdadera interdependencia” (Díaz, 2011).

En el libro *Los límites del crecimiento*, también de 1972, se explican cinco grandes tendencias: la industrialización acelerada, el rápido crecimiento poblacional, el agotamiento de los recursos naturales, la expansión de la desnutrición y el deterioro medioambiental. Esta obra fue el sustento de la “Declaración de Estocolmo” (*Ibid.*), también denominada “Declaración sobre el Medio Ambiente Humano” y su importancia radica en ser un parteaguas en la evolución de las discusiones internacionales en materia ambiental (Lucatello, 2012).

En 1973, fue introducido el concepto de *ecodesarrollo* por Maurice Strong, quien fungía como el primer director ejecutivo del PNUMA, para redefinir al desarrollo económico y social con la inclusión de la variable mediambiental (Ochoa y Pollack, 2008), sentando otro antecedente de la construcción del concepto de desarrollo sustentable. Para 1975 se publicó el segundo informe de el Club de Roma, que destacó por dirigirse a las generaciones futuras y por abordar el surgimiento de un “sistema global” en el que todas las naciones dependen de todas (Díaz, 2011).

De acuerdo con los autores Markandya, Halsnaes, Mason y Olhoff (2002), el término desarrollo sustentable tiene sus orígenes en el reporte de 1980 denominado “Estrategia Mundial para la Conservación (EMC)”, como producto del trabajo conjunto de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés), el PNUMA y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, por sus siglas en inglés), en el cual se hace referencia a la *sostenibilidad del rendimiento de los recursos* y enuncia que: “[...] la sostenibilidad en el manejo de las especies silvestres individuales y de los biomas, como los pastizales y los bosques, es fundamental para el bienestar humano y, de hecho, para la supervivencia humana” (IUCN, 1980). No obstante, la EMC “fue criticada y no asumida por referirse principalmente a la sustentabilidad ecológica, más que al desarrollo sustentable *per se*” (Ochoa y Pollack, 2008).

En 1981, el fundador del Worldwatch Institute, Lester Brown, definió a una *sociedad sostenible* como “aquella que fuera capaz de satisfacer sus necesidades sin comprometer las oportunidades de las generaciones venideras” (Capra, 2003, en Díaz, 2011). Una propuesta bastante similar a lo que pocos años después sería el desarrollo sustentable. Para 1983, la ONU estableció la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Pardo, 1988), la cual fue presidida por Gro Harlem Brundtland, quien fungía como primer ministra de Noruega; dicha comisión celebró una serie de reuniones públicas en todo el mundo durante casi tres años,

culminando en abril de 1987, con la publicación del informe “Nuestro futuro común” o también denominado “Informe Brundtland” (Díaz, 2011).

La conjugación de los conceptos de desarrollo y sustentabilidad, finalmente vió la luz con el surgimiento del concepto de *desarrollo sustentable*, propuesto en el Informe Brundtland, el cual lo define como el “desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades” (Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, 1987). El mismo año, fue adoptado por la CMNUCC, y más adelante por la Conferencia de Río de 1992. Por su parte, el IPCC (2007) concibe al desarrollo sustentable como un “proceso de cambio que armoniza la explotación de los recursos, la dirección de las inversiones, la orientación del desarrollo tecnológico y el cambio institucional, y que acrecienta las posibilidades actuales y futuras de satisfacer las necesidades y aspiraciones de los seres humanos”.

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo o Cumbre de Río de 1992, marcó un hito alrededor de la problemática medioambiental global, en ella se aprobaron cinco documentos principales: la Declaración de Río sobre medio ambiente; la Agenda 21; la CMNUCC; la Convención sobre la Diversidad Biológica (CDB); y la Declaración de principios sobre el manejo, conservación y desarrollo sustentable de todos los tipos de bosques (Pierri, 2005), además de los mandatos para iniciar las negociaciones de la Convención sobre Desertificación y la convocatoria de la Conferencia sobre Desarrollo Sostenible de Pequeños Estados Insulares en Desarrollo (Lucatello, 2012).

Por otra parte, la Cumbre del Milenio de las Naciones Unidas del año 2000, dio como resultado el establecimiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), los cuales consistieron en ocho objetivos que buscaban atender las necesidades humanas más apremiantes, con la meta de alcanzar dichos objetivos

para el año 2015 (ONU, 2019c), incluyendo la sostenibilidad. Más tarde, en 2002, tuvo lugar la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible en Johannesburgo, considerada como un fracaso por la comunidad internacional, sin embargo logró un Plan de Acción en el que se establecen los requisitos indispensables para alcanzar el desarrollo sustentable como: la erradicación de la pobreza, cambio de los patrones insostenibles de producción y consumo y la protección y gestión de recursos naturales como la base del desarrollo económico y social (Lucatello, 2012).

Con el establecimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas en 2015, se lograron conjugar las tres dimensiones del desarrollo sostenible en 17 objetivos y 169 metas; el cambio climático forma parte de dichos objetivos (Objetivo 13) y se hace mención de que es uno de los mayores retos de nuestra época¹⁸ y que sus efectos adversos menoscaban la capacidad de todos los países para alcanzar el desarrollo sustentable, además de que el carácter global del cambio climático exige la máxima cooperación internacional para acelerar la reducción de las emisiones mundiales de GEI y abordar la adaptación a sus efectos adversos (ONU, 2019d).

Hasta este punto, queda claro que el concepto de desarrollo sustentable ha tenido un proceso de aterrizaje complejo, esto en gran medida a que se trata de un concepto ambiguo (Ochoa y Pollack, 2008) que ha seguido un largo camino hasta posicionarse como un nuevo paradigma de desarrollo, sin embargo, dada la contradicción que plantea la interacción entre sus tres dimensiones, cabe hacerse las preguntas, ¿qué transformaciones ocurrirán con el tiempo en cuanto a las necesidades, estas serán las mismas para las generaciones futuras?, ¿qué tecnologías son las adecuadas para promover un desarrollo sustentable? Y, ¿hasta qué punto es posible alcanzar los objetivos que plantea?

¹⁸ Véase el sitio <<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2/>>.



Los pilares que conforman el concepto de desarrollo sustentable abarcan tres dimensiones (véase Cuadro 1.4.). En principio, se plantea que debe existir un equilibrio entre sus dimensiones, en el que se procure un desarrollo económico que contemple al medio ambiente y a la sociedad (véase Figura 1.3.), procurando que también se satisfagan las necesidades de las generaciones futuras.

Cuadro 1.4. Dimensiones del desarrollo sustentable

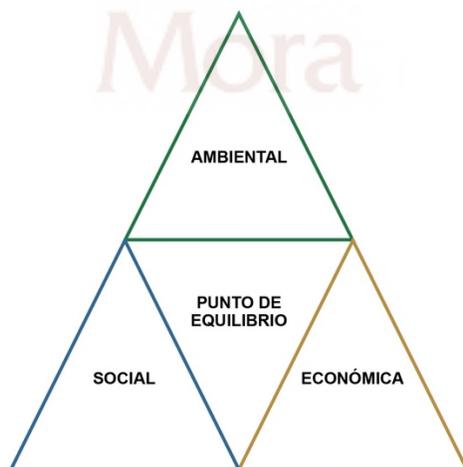
Dimensión ambiental: Plantea que el futuro del desarrollo depende de la capacidad de los actores institucionales y los agentes económicos para conocer y manejar sus reservas de recursos naturales renovables y su medio ambiente, desde una perspectiva de largo plazo (Sepúlveda, Castro y Rojas, 1998).

Dimensión social: Reconoce el derecho a un acceso equitativo a los bienes comunes para todos los seres humanos. Remite al conjunto de relaciones sociales y económicas que tienen como base la religión, la ética y la cultura. Además, presta especial atención a las formas de organización y participación en la toma de decisiones y a las interacciones entre la sociedad civil y el sector público (Díaz, 2011).

Dimensión económica: Se centra en mantener el proceso de desarrollo económico por vías óptimas hacia la maximización del bienestar humano, tomando en cuenta las restricciones impuestas por la disponibilidad del capital natural (Priego, 2003).

Fuente: elaboración propia a partir de Díaz, 2011; Priego, 2003; y Sepúlveda, Castro y Rojas, 1998.

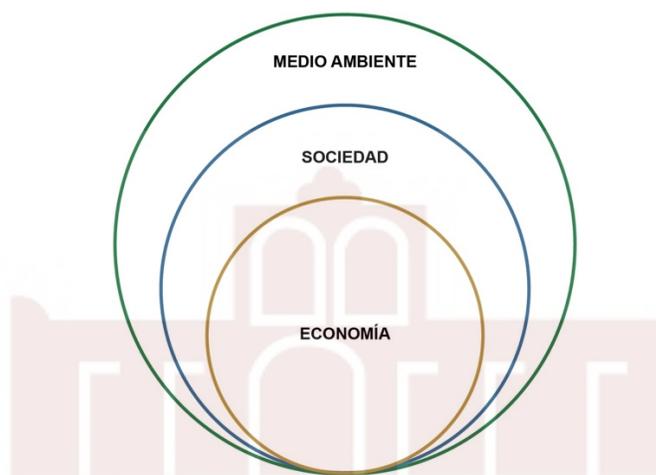
Figura 1.3. Dimensiones del desarrollo sustentable en equilibrio



Fuente: elaboración propia, adaptado de Díaz, 2011.

Las dimensiones del desarrollo sustentable no pueden estar separadas ni comprenderse sin un medio natural que las sostenga; la economía es una actividad desarrollada por la sociedad, la cual, a su vez, está inmersa dentro del medio ambiente, por lo que ambas dimensiones, económica y social, forman parte de una dimensión mayor, la medioambiental (véase Figura 1.4.).

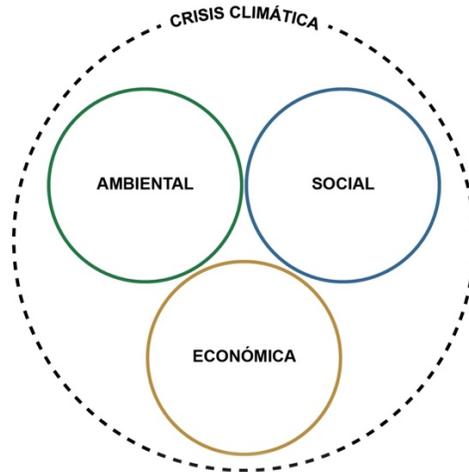
Figura 1.4. Dimensiones del desarrollo sustentable



Fuente: elaboración propia a partir de Díaz, 2011.

Considerando que “debemos hilar el cambio climático con las otras crisis que hoy conforman nuestra realidad, lo que implica una reformulación, probablemente sin precedentes históricos, del modelo económico y de nuestro sistema de representación política” (Bartelt y Rojas, 2019); y que, “el cambio climático forma parte de la cuestión más general del desarrollo sostenible, [...] los impactos de la variabilidad y los cambios del clima, las respuestas de política al problema, y el desarrollo socioeconómico asociado afectan a la capacidad de los países para alcanzar objetivos sostenibles de desarrollo” (IPCC, 2001), los siguientes apartados abordarán los efectos de la crisis climática desde las dimensiones del desarrollo sustentable a modo de identificar algunas de sus manifestaciones, a modo de acotar dicho fenómeno en la que éste representa la problemática general, que subyace otras problemáticas que se manifiestan en las dimensiones del desarrollo sustentable (véase Figura 1.5.).

Figura 1.5. Crisis climática y las dimensiones del desarrollo sustentable



Fuente: elaboración propia.

1.2.1. Dimensión ambiental

La crisis climática se manifiesta de distintas maneras y tiene afectaciones ambientales tan graves como la pérdida de diversidad biológica, la desertificación, el agotamiento del ozono estratosférico, la disponibilidad de agua dulce, la degradación de la calidad del aire y afectaciones a la salud humana, así como a la productividad y composición de los sistemas ecológicos terrestres y acuáticos. A la inversa, estas afectaciones, dañan al clima del planeta, al alterar las fuentes¹⁹ y sumideros²⁰ de GEI y el equilibrio de la atmósfera (IPCC, 2001), lo que resulta en más afectaciones y alteraciones en el sistema climático.

El Cuarto Informe del IPCC (2007) postuló que “el calentamiento en nuestro planeta es inequívoco, como es evidente por las observaciones siguientes: 1) el incremento de las temperaturas medias globales del aire y del océano; 2) la

¹⁹ De acuerdo con la CMNUCC, por *fuentes* se entiende: “cualquier proceso o actividad que libera un gas de invernadero, un aerosol o un precursor de un gas de invernadero en la atmósfera” (ONU, 1992).

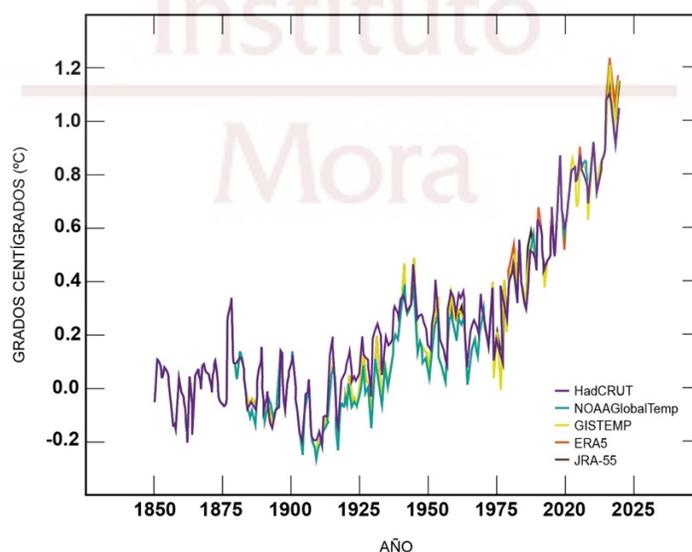
²⁰ De acuerdo con la CMNUCC, por *sumidero* se entiende: “cualquier proceso, actividad o mecanismo que absorbe un gas de efecto invernadero, un aerosol o un precursor de un gas de efecto invernadero de la atmósfera” (ONU, 1992).

expansión del derretimiento de la nieve y el hielo, y 3) el incremento promedio global del nivel del mar”.

Años más tarde, en su Quinto Informe, el IPCC (2014) planteó que diversos son los posibles escenarios y efectos que traería consigo el cambio climático en los próximos años, entre los que destacan el constante aumento de las temperaturas, cambios en los patrones de precipitación, más sequías y olas de calor, huracanes más intensos, aumento en el nivel del mar de entre 0.3 y 1.2 metros hacia el año 2100 y la probable desaparición del hielo Ártico.

De acuerdo con la Declaración de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) sobre el Estado del Clima Mundial en 2019, basada en cinco conjuntos de datos de temperatura global (véase Figura 1.6.), muestra que cuatro de los cinco conjuntos de datos, colocan al 2019 en el segundo lugar como uno de los más cálidos. La extensión de las cinco estimaciones está entre 1.05 ° C y 1.18 ° C.

Figura 1.6. Comparación de cinco fuentes respecto a la temperatura media global para 2019



Fuente: Organización Meteorológica Mundial, 2019.

De acuerdo con la misma declaración, los indicadores del clima global muestran un incremento continuo en las concentraciones atmosféricas de GEI, especialmente de CO₂ desde hace poco más de un siglo y medio.

Los ecosistemas naturales son la primera línea de defensa con la que cuenta la humanidad para protegerse contra inundaciones, sequías, olas de calor, huracanes y otros impactos de la crisis climática; más allá de esto, el medio ambiente sustenta las economías y sociedades en muchos niveles, al proporcionar alimentos, combustible, agua y diversos recursos naturales fundamentales para el desarrollo, además de apoyo a los medios de vida y a eliminar el CO₂ de la atmósfera.

El planeta se acerca a umbrales más allá de los cuales la recuperación del ecosistema podría no ser posible, además, a medida que los límites planetarios alcanzan sus puntos de inflexión,²¹ la capacidad de la Tierra para recalibrarse, disminuye (Rockström, 2017); el alcance del cambio es tan grande que la naturaleza podría pasar de ser un amortiguador contra los impactos climáticos a contribuir a las emisiones de GEI a través del colapso del permafrost,²² los veranos árticos sin hielo, la gran sustitución de las selvas tropicales por sabanas y pastizales, y una importante desaparición de los bosques boreales (GCA, 2019).

Pese a que es evidente que un medio ambiente sano y próspero es fundamental para la adaptación en toda empresa humana (GCA, 2019), los escenarios de los efectos de la crisis climática resultan catastróficos, sobre todo cuando ya se plantea que existe el riesgo de que estos cambios sean irreversibles y además “en cascada”, como lo señala el artículo de 2019 de la revista *Nature*

²¹ El IPCC (2018) define *punto de inflexión* como: “un nivel de cambio en las propiedades del sistema más allá del cual un sistema se reorganiza, a menudo de manera abrupta, y no regresa al estado inicial incluso si los impulsores del cambio han disminuido. Para el sistema climático, se refiere a un umbral crítico cuando el clima global o regional cambia de un estado estable a otro estado estable”.

²² El IPCC (2018) define *permafrost* como: “terreno (suelo o roca, junto con el hielo y la materia orgánica que contiene) que permanece a un máximo de 0 °C durante al menos dos años consecutivos”.

“Puntos de inflexión climáticos: demasiado riesgosos para apostar en contra”,²³ en el que se sugiere que nos encontramos en un estado de emergencia planetaria, ahí reside la importancia de atender esta problemática con un carácter de urgencia.

1.2.2. Dimensión social

La crisis climática exacerba las desigualdades sociales existentes al ampliar la brecha entre las personas con riqueza y las personas que viven en la pobreza. De igual forma, contribuye al incremento del hambre, la desnutrición, las desigualdades de género y la carga sobre las generaciones futuras, pero afecta más gravemente a los pueblos indígenas, las comunidades rurales y otras personas que dependen directamente de ecosistemas saludables para su sustento (GCA, 2019).

Entre los impactos de la crisis climática en su dimensión social, destacan las afectaciones que tiene en relación con los *derechos humanos*,²⁴ ya que “socavará la realización de una gama de derechos humanos internacionalmente reconocidos”, entre los que destacan: a) el derecho a la vida, b) el derecho a una alimentación adecuada, c) el derecho a la salud, d) el derecho al agua y, e) el derecho a una vivienda adecuada (McInerney-Lankford, Darrow y Rajamani, 2011).

Aunado a estas afectaciones, los autores proponen que la crisis climática probablemente también será un obstáculo para los derechos a: f) la vida privada y familiar, g) a la propiedad, h) a los medios de subsistencia, y, finalmente, i) a la libertad de residencia y movimiento (McInerney-Lankford et al., 2011). En cuanto a las desigualdades de género derivadas de la crisis climática, cabe señalar que:

²³ Lenton, T., Rockström, J., Gaffney, O., Rahmstorf, S., Richardson, K., Steffen, W., y Schellnhuber, H. (2019). *Climate tipping points. Too risky to bet against. The growing threat of abrupt and irreversible climate changes must compel political and economic action on emissions*. Recuperado de: <https://www.nature.com/articles/d41586-019-03595-0>

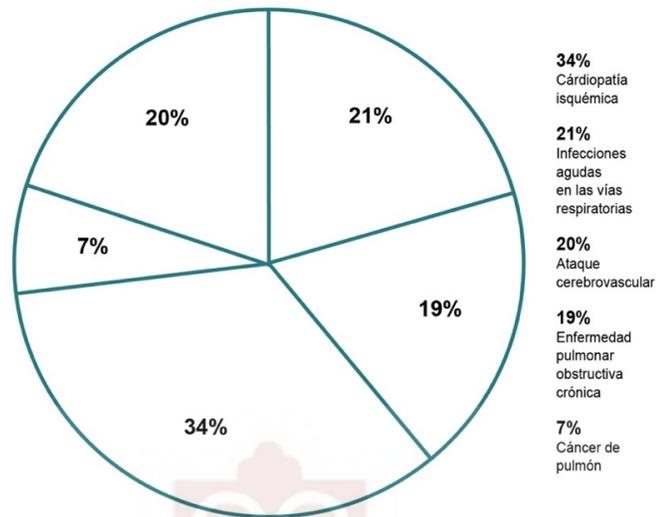
²⁴ La Declaración Universal de los Derechos Humanos (1948) adoptada por la Asamblea General de las Naciones Unidas, define a los derechos humanos como: “los derechos inherentes a todos los seres humanos, sin distinción alguna de nacionalidad, lugar de residencia, sexo, origen nacional o étnico, color, religión, lengua, o cualquier otra condición”.

La agenda internacional ha hecho énfasis en incorporar la perspectiva de género en las estrategias y acciones de mitigación y adaptación al cambio climático [...]. Instrumentos internacionales como la Convención sobre la Eliminación de Todas las Formas de Discriminación contra la Mujer, el Convenio sobre la Diversidad Biológica, [...] y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, incluyen mandatos específicos sobre igualdad de género que han comenzado a internalizarse en los marcos normativos de los países (UNAM, 2016).

En cuanto a las comunidades indígenas, cabe señalar que “muchos de los pueblos indígenas y originarios han sido desplazados de los parques nacionales y de las zonas protegidas, sus tierras han sido expropiadas y se les niega el acceso a recursos naturales, que son los medios fundamentales de su supervivencia” (ONU, 2010). La comprensión de las dinámicas sociales de los pueblos originarios y su relación con el medio ambiente es fundamental y se debe proteger su patrimonio, ya que es una tarea de reconocimiento a su labor y derecho legítimo.

El aumento en las temperaturas, así como diversos fenómenos meteorológicos extremos también ponen en riesgo la salud humana y la capacidad de respuesta ante emergencias sanitarias. Cada vez más, se reconoce que las deficiencias en la salud ambiental son importantes contribuyentes para las enfermedades y la muerte en los seres humanos (véase Figura 1.7.), la contaminación atmosférica y las altas concentraciones de CO₂ y otros GEI, tienen grandes impactos en la salud humana (ONU, 2019a).

Figura 1.7. Proporción de enfermedades por causas específicas atribuibles a la contaminación del aire, 2016 (porcentaje)



Fuente: Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, ONU, 2019a.

Por otra parte, existen afectaciones en el sistema agroalimentario, pues se enfrenta al reto de proveer de alimentos a una población mundial que sigue en aumento, la cual ejerce una incesante presión sobre los recursos naturales, al mismo tiempo que los impactos de la crisis climática multiplican el riesgo de la misma producción agrícola (Torres, Cruz y Acosta, 2011), sin mencionar que esta actividad acelera el cambio de uso de suelo para sus fines, entrelazándose con otras problemáticas como la deforestación, pérdida de biodiversidad o el uso desmedido de recursos hídricos para el riego de cultivos.

Finalmente, como se ha planteado en este apartado, la crisis climática tiene múltiples impactos en la dimensión social, sin embargo, es necesario recalcar que dichos impactos también son el resultado de los procesos y acciones que la humanidad ha emprendido históricamente y que afectan a los ecosistemas y a otras formas de vida en el planeta, a distintas escalas.

1.2.3. Dimensión económica

La crisis del cambio climático está enmarcada en un contexto global en el cual “el progreso económico y social en el curso del último siglo ha ido acompañado de una degradación ambiental que está poniendo en peligro los mismos sistemas de los que depende nuestro desarrollo futuro, y de hecho, nuestra propia supervivencia” (ONU, 2019a).

Existe una relación entre el aumento de la producción de hidrocarburos y el aumento en las emisiones de GEI derivadas de las dinámicas de producción y consumo.²⁵ La autora María de las Nieves Carbonell, del Instituto de Investigación y Capacitación para las Ciencias Biológicas de la UNAM, señala que a finales del siglo XIX y principios del siglo XX prevalecía la idea de la posibilidad de un crecimiento económico continuo basado en el uso de combustibles fósiles ilimitado, en consecuencia, entre los años de 1750 y 2011, las emisiones a la atmósfera acumuladas de GEI, fueron de $2\ 040 \pm 310$ Gt de dióxido de carbono.²⁶ De seguir esta tendencia, se esperaría un aumento de las emisiones y por ende, un incremento en las temperaturas medias globales en la superficie de entre 3.7 °C y 4.8 °C para el año 2100 en comparación con los niveles preindustriales.

De acuerdo con Armando Sánchez Vargas (2018) “el cambio en el clima ha propiciado severos efectos negativos sobre los niveles de bienestar económico de los habitantes (especialmente de los pobres), tales como inseguridad alimentaria, deterioro de la salud, pérdida de los bosques y la diversidad biológica, inestabilidad social y política, así como deterioro del bienestar económico”.

Controlar las emisiones de GEI y el incremento en la temperatura de la Tierra en 1.5 °C como se establece en el Acuerdo de París, plantea la necesidad de establecer instrumentos económicos que reduzcan las emisiones de GEI, a la vez que fomenten el crecimiento económico.

²⁵ Carbonell, N. (2018). Reforma energética, fracking y cambio climático. México: UNAM.

²⁶ (1Gt= 100 millones de toneladas) Quinto Informe de Evaluación del IPCC de 2014.

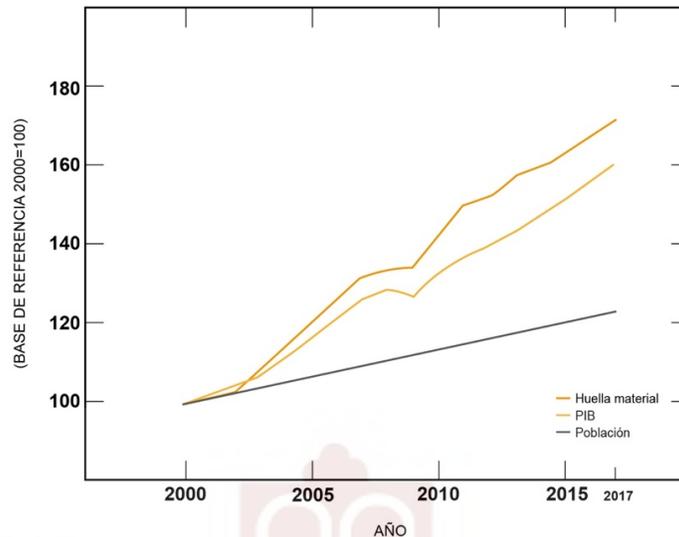
Esta perspectiva coloca a la problemática del clima global desde una visión de mercado con enfoques como el sistema de comercio de emisiones de carbono, el cual establece que “cada país debe fijar límites al total de gases de efecto invernadero que pueden emitir las empresas que se encuentran reguladas dentro de ese país” (INCyTU, 2019); sin embargo, este tipo de medidas con una visión de mercado han sido fuertemente cuestionadas, incluso el jefe de Estado de la Ciudad del Vaticano, el Papa Francisco en su encíclica de 2015,²⁷ apuntó que el sistema de comercio de emisiones “podría recompensar a los especuladores en lugar de controlar las emisiones”.

El sistema económico capitalista que rige en la actualidad percibe a la crisis climática como una externalidad más, es decir, no contempla, de forma generalizada, las variaciones en la temperatura media global como una amenaza significativa. “En todo el mundo, seguimos utilizando cantidades cada vez mayores de recursos naturales para apoyar nuestra actividad económica. La eficiencia con la que se utilizan estos recursos no ha cambiado a nivel mundial (véase Figura 1.8.). La generación de residuos es cada vez mayor en todo el mundo” (ONU, 2019a).

Finalmente, como se plasmó en este y los dos apartados anteriores, la crisis climática provoca afectaciones en las tres dimensiones del desarrollo sustentable, unas más graves que otras pero definitivamente todas alarmantes, con respaldo científico que no parece tener eco en las agendas y decisiones políticas ni de desarrollo a escala global, pese a la urgencia y la apremiante necesidad de actuar para hacer frente a los desafíos que plantea.

²⁷ Véase el sitio: <<https://fr.reuters.com/article/internacional-medioambiente-papa-carbono-idLTAKBN0OZ05K20150619>>.

Figura 1.8. Población, huella material e índice de crecimiento del PIB, del año 2000 al 2017 (base de referencia 2000=100)



Fuente: Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, ONU, 2019a.

1.3. La crisis climática abordada desde el enfoque en adaptación

Existen dos mecanismos principales para afrontar la crisis climática: la mitigación y la adaptación. A grandes rasgos, la *mitigación* se enfoca en la reducción de las emisiones de GEI, mientras que la adaptación se vuelca hacia las medidas de reducción de la vulnerabilidad ante los efectos adversos del cambio climático (ya sean presentes o a futuro). Si bien, ambos mecanismos son complementarios entre sí e igualmente necesarios, el presente trabajo se enfoca en la adaptación, puesto que el grado de incertidumbre que plantea la crisis climática obliga a contemplar escenarios futuros para los cuales la mitigación por sí sola resultaría insuficiente. Para comprender el enfoque en adaptación, primero es necesario conocer los conceptos de *vulnerabilidad* y *riesgo*, ya que guardan una estrecha relación.

La *vulnerabilidad* es definida como “la propensión o predisposición a ser afectado de modo adverso. Ésta engloba una variedad de conceptos y elementos,

incluyendo la sensibilidad o susceptibilidad a daños y a la falta de capacidad para afrontarlos y adaptarse a ellos” (IPCC, 2014). La vulnerabilidad ante el daño suele estar en función de tres factores (véase Cuadro 1.5.).

Cuadro 1.5. Factores de vulnerabilidad

| |
|---|
| La exposición a contingencias en tanto que pueden derivar en desastres. |
| La sensibilidad ante dichas contingencias o el grado en el que un sistema puede o no absorber los impactos de un evento indeseable sin sufrir daño o un cambio estructural a largo plazo. |
| La capacidad de adaptación. |

Fuente: elaboración propia a partir de Gallopín, 2006.

Cabe señalar que la vulnerabilidad “es un fenómeno socialmente construido, influenciado por la dinámica institucional y económica” (Adger et al., 2003). Reducir la vulnerabilidad ante la crisis climática implica emprender medidas de adaptación que además propicien políticas eficaces que incorporen la temática ambiental en las decisiones económicas y sociales de los países, así como fomentar escenarios de cooperación internacional para el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible que propone Naciones Unidas. Para fines de esta investigación, la vulnerabilidad representa la susceptibilidad que tienen, tanto los sistemas humanos como los sistemas naturales, de ser afectados por los efectos adversos que plantea la crisis del cambio climático.

Por otra parte, el *riesgo* es definido por el IPCC (2018) como: “el potencial de consecuencias adversas de un peligro relacionado con el clima para los sistemas humanos y naturales, como resultado de las interacciones entre el peligro y la vulnerabilidad y la exposición del sistema afectado”. Además señala que el riesgo integra la probabilidad de exposición a un peligro y la magnitud de su posible impacto. “El riesgo también puede describir el potencial de consecuencias adversas de las respuestas de adaptación o mitigación al cambio climático” (Ibid.).

La *adaptación* comprende las “iniciativas y medidas encaminadas a reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos ante los efectos reales o

esperados de un cambio climático” (IPCC, 2007). Además, “es un proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos. En los sistemas humanos,²⁸ la adaptación trata de moderar o evitar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. En algunos sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar el ajuste al clima proyectado y a sus efectos” (IPCC, 2014). De acuerdo con el mismo organismo, se pueden identificar seis tipos de adaptación: a) preventiva y reactiva, referente a la temporalidad de los ajustes; b) pública o privada, referente a los actores que implementan los ajustes y, c) autónoma y planificada, la primera se refiere a los ajustes naturales, concientes o inconcientes y la segunda a los ajustes concientes y con un fin establecido (Forner, 2003).

A pesar de que el objetivo último de la Convención sobre cambio climático se refiere principalmente a la mitigación, la adaptación es mencionada en varios artículos (véase Cuadro 1.6.):

Cuadro 1.6. Adaptación en la CMNUCC: artículos relevantes de la Convención

Art. 4.1: Todas las Partes deberán:

(b): “Formular, aplicar, publicar y actualizar regularmente programas nacionales y, según proceda, regionales, que contengan medidas orientadas a mitigar el cambio climático y [...] medidas para facilitar la adaptación adecuada al cambio climático”.

(e): “Cooperar en los preparativos para la adaptación a los impactos del cambio climático; desarrollar y elaborar planes apropiados e integrados para la ordenación de las zonas costeras, los recursos hídricos y la agricultura [...]”.

(f): “Tener en cuenta, en la medida de lo posible, las consideraciones relativas al cambio climático en sus políticas y medidas sociales, económicas y ambientales pertinentes y emplear métodos apropiados, por ejemplo evaluaciones del impacto, formulados y determinados a nivel nacional, con miras a reducir al mínimo los efectos adversos en la economía, la salud pública y la calidad del medio ambiente, de los proyectos o medidas emprendidos por las Partes para mitigar el cambio climático o adaptarse a él”.

Art. 4.4: Las Partes que son países desarrollados y las demás Partes desarrolladas que figuran en el anexo II también ayudarán a las Partes que son países en desarrollo particularmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático a hacer frente a los costos que entraña su adaptación a esos efectos adversos”.

Fuente: elaboración propia, a partir de CMNUCC, 1992.

²⁸ Sistema humano: cualquier sistema en el que las organizaciones e instituciones humanas juegan un papel importante. A menudo, pero no siempre, el término es sinónimo de sociedad o sistema social (IPCC, 2018).

Para la CMNUCC (2006), es posible hacer una distinción entre *adaptación reactiva* y *adaptación anticipatoria* (véase Cuadro 1.7.), los sistemas naturales solo pueden reaccionar, pero los sistemas humanos, tanto públicos como privados, pueden y deben anticipar y planificar con anticipación. En ese sentido, de acuerdo con Font (2003), la capacidad de adaptación al cambio climático está determinada por las siguientes condiciones económicas y sociales: a) nivel de actividad económica, b) infraestructura, c) capacidad técnica y humana, d) marco institucional y, e) tecnología.

Cuadro 1.7. Tipos de adaptación

| | | Adaptación anticipatoria | Adaptación reactiva |
|---------------------------|----------|--|--|
| Sistemas naturales | | | Estaciones de crecimiento más largas o más cortas. Migración de humedales. Cambios en los ecosistemas. |
| Sistemas humanos | Privados | Modificar la arquitectura de edificios. Compra de seguros contra riesgos. Idear nuevos productos de consumo. | Mudarse de casa. Cambio de primas de seguro. Compra de sistemas de aire acondicionado. |
| | Públicos | Instalación de sistemas de alerta temprana. Establecer nuevos códigos de construcción. Construcción de diques. | Ofreciendo compensación o subsidios. Hacer cumplir los códigos de construcción. |

Fuente: elaboración y traducción propia, a partir de CMNUCC, 2006.

Los sistemas naturales y humanos presentan un cierto grado de adaptación autónoma a las alteraciones, sin embargo debe reforzarse con una adaptación planificada, lo cual supone que la toma de decisiones en torno a la adaptación al cambio climático, deben tener una visión a largo plazo (Oficina Española de Cambio Climático, 2001), asimismo, la capacidad de adaptación debe también enfocarse en factores políticos, culturales y socioeconómicos (Berger et al., 2014).

De acuerdo con los “Principios rectores para la adaptación al cambio climático en Europa” de la Agencia Europea de Medio Ambiente (2010), todas las

medidas de adaptación necesitan ser: a) eficaces: en la reducción del impacto que están abordando, b) eficientes: de modo que los beneficios superen los costos y, c) equitativas: para concentrarse en aquellas partes donde se considera que la probabilidad y las consecuencias tienen el mayor efecto (Hudecz, 2012).

Cabe señalar que la adaptación, en cuanto al factor económico, generalmente es mucho más barata que la recuperación y la reconstrucción. Por cada \$1 USD (dólar americano, por sus siglas en inglés) invertido en adaptación podría generar \$2 a \$10 USD en beneficios económicos netos. Las acciones de adaptación, bien hechas, son algunas de las inversiones más rentables que un país, ciudad o empresa puede hacer, y producen beneficios económicos de tres maneras distintas: a) al reducir el riesgo, b) las acciones de adaptación reducen los costos financieros y c) aumentan la seguridad y hacen que las inversiones sean más atractivas en regiones, ciudades o industrias donde esas inversiones parecerían demasiado vulnerables (GCA, 2019).

Por otra parte, de acuerdo con el reporte “Adaptarse ahora: una llamada global para el liderazgo en resiliencia²⁹ climática” de la Comisión Global de Adaptación³⁰ (2019), debemos invertir en un esfuerzo masivo para adaptarnos a las condiciones que plantea el cambio climático y que ahora son inevitables. No liderar y actuar sobre la adaptación dará como resultado un enorme costo económico y humano, causando aumentos generalizados en la pobreza y socavando severamente las perspectivas económicas mundiales a largo plazo, sin mencionar que los costes medioambientales también serán elevados y se exacerba la vulnerabilidad y el riesgo de alcanzar los objetivos de desarrollo de los países.

²⁹ La resiliencia se refiere a la capacidad del sistema para absorber perturbaciones y mantener sus funciones, así como la de renovarse y reorganizarse. Depende tanto de las condiciones de los recursos naturales (suelo, agua, y biodiversidad) como del nivel de conocimiento y de la capacidad de aprender y de gestionar de los grupos humanos y de sus instituciones (Astier, Speelman, López-Ridauro, Masera y González-Esquivel, 2011; Berkes, Folke y Colding, 2000; Berkes y Jolly, 2002).

³⁰ La Comisión Global de Adaptación (Global Commission on Apaptation) está dirigida por Ban Ki-moon, octavo Secretario General de las Naciones Unidas, Bill Gates, Copresidente de la Fundación Bill y Melinda Gates, y Kristalina Georgieva, directora ejecutiva del Banco Mundial, y es gestionada conjuntamente por el Instituto de Recursos Mundiales (World Resources Institute) y el Centro Global de Adaptación (Global Center on Adaptation).

Aunado al riesgo, la vulnerabilidad, la urgencia y al factor de incertidumbre que conlleva la crisis climática, es preciso señalar que la adaptación también conlleva riesgos, referentes a la posibilidad de que las estrategias destinadas a este fin no logren sus objetivos, es ahí cuando debe considerarse la *mala-adaptación o adaptación inadecuada*, la cual se refiere “a las acciones o la falta de acciones que pueden: a) aumentar el riesgo de resultados adversos relacionados con el clima; b) aumentar la vulnerabilidad al cambio climático, o c) reducir el bienestar (propio o ajeno) en el presente o en el futuro” (IPCC, 2018).

Abordar la crisis del cambio climático desde el enfoque en adaptación requiere, como ya se ha planteado, de la participación, voluntad y cooperación de diversos actores, así como de instrumentos de política internacional y de desarrollo, y de la transferencia e implementación de tecnologías que sean capaces de actuar oportunamente para evitar una adaptación inadecuada, para lo cual, tener una visión holística e integrada de la problemática, vista como un sistema complejo, contribuye a la reducción de la vulnerabilidad ante los efectos adversos de la crisis climática. Cabe destacar que, “hasta hace poco, los formuladores de políticas se concentraban en la mitigación, en parte debido a las preocupaciones de que destacar las opciones de adaptación podría reducir la urgencia de la mitigación” (CMNUCC, 2006). Por un lado, la mitigación claramente exigía una acción positiva por parte de los gobiernos, mientras que la adaptación era una tarea que quizás podría dejarse en manos de otros (*Ibid.*), dejando ver que existe una división de la responsabilidad de actuación, ya sea para mitigación o adaptación; afrontar el reto de no superar el incremento en la temperatura del planeta en 1.5 °C es una tarea que requiere de acciones tanto de mitigación como de adaptación, sin embargo:

[...] Es posible que muchos ecosistemas y otras especies no tengan el tiempo suficiente para adaptarse, por lo que es importante considerar que la adaptación en este sentido es limitada y que no debe considerarse como una alternativa a la mitigación de emisiones de GEI. Además, es fundamental recordar que, desafortunadamente, dada la disparidad en el

ingreso entre los distintos países, algunos simplemente no cuentan con los recursos o la información para adaptarse al cambio climático (Molina et al., 2017, p. 174).

En suma, los países tienen la obligación de identificar la actual vulnerabilidad y los requerimientos de adaptación a escala nacional, regional y local, en la misma medida que tienen la urgente obligación de promover el enfoque del manejo sustentable de ecosistemas en los procesos de diseño y desarrollo de políticas de adaptación y planeación multisectorial del territorio (Torres, Cruz y Acosta, 2011). Se trata de una tarea urgente cuyos costos económicos y políticos son altos, sin embargo, existen las instituciones, las herramientas y los mecanismos para afrontar la responsabilidad inexorable de evitar una catástrofe en el sistema climático global.

En el siguiente apartado, se abordará la atención internacional y las discusiones globales que han surgido en torno a la crisis climática, haciendo énfasis en las respuestas enfocadas en la adaptación, así como a la construcción del Régimen Internacional del Cambio Climático (RICC) y el papel de la cooperación internacional en este rubro.

1.4. El Régimen Internacional del Cambio Climático (RICC) y el rol de la cooperación internacional ante los desafíos de la crisis climática

Con el fin de la segunda guerra mundial y el surgimiento de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en 1945, las primeras organizaciones internacionales en tratar temas ambientales fueron la *Organización para la Alimentación y la Agricultura* (FAO, por sus siglas en inglés) y la *Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura* (UNESCO, por sus siglas en inglés) (Lucatello, 2012), sentando las bases para las futuras discusiones globales en torno a la temática del cambio climático. A la par de estos acontecimientos, los términos *desarrollo* y *subdesarrollo* se hicieron ampliamente populares (Román, 2014), y creció la idea de que los actores pasivos (subdesarrollados) eran

susceptibles a ser desarrollados, lo que implicaba implementar cambios para acelerar su crecimiento, principalmente económico.

En 1979 la *Organización Meteorológica Mundial (OMM)* convocó a la primera Conferencia Mundial sobre el Clima en Génova, Italia, estableciendo el Programa Mundial sobre el Clima (PMC). En 1988 se creó el *Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* (IPCC por sus siglas en inglés) y su Primer Informe de Evaluación se presentó en 1990, estableciendo las bases que servirían para la integración de la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)* (integrada por 192 Estados miembros) en 1992, durante la llamada Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro, Brasil (y que entró en vigor en 1994).

De la Cumbre de la Tierra también se desprendió la Declaración de Río, en donde se menciona “el reconocimiento de los Estados por buscar la cooperación internacional para conservar, proteger y restablecer la salud y la integridad de los ecosistemas de la Tierra” (Lucatello, 2012), al igual que se introdujo el *principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas*.³¹ De igual manera, se adoptó la Agenda 21, documento extenso que establece “la transferencia de recursos nuevos y adicionales y de tecnologías en términos preferenciales y consecionales de los países del norte a los países del sur” (*Ibid.*).

Tras la Cumbre de Río, se acordó que se realizarían reuniones anuales para la discusión de temáticas relacionadas con el cambio climático y orientadas a cumplir los objetivos establecidos en el Convenio de la CMNUCC, por lo que, a partir de 1995 se comenzaron a realizar anualmente las reuniones conocidas como Conferencia de las Partes (COP), órgano supremo de la Convención, que reúne a diversos actores y líderes del mundo para discutir temáticas relacionadas

³¹ Principio 7 de la Declaración de Río Sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo: “[...] En vista de que han contribuido en distinta medida a la degradación del medio ambiente mundial, los Estados tienen responsabilidades comunes pero diferenciadas. Los países desarrollados reconocen la responsabilidad que les cabe en la búsqueda internacional del desarrollo sostenible, en vista de las presiones que sus sociedades ejercen en el medio ambiente mundial y de las tecnologías y los recursos financieros de que disponen”.

con el clima cambiante de la Tierra, y cuya primera conferencia fue celebrada en Berlín, Alemania. A la fecha, se han realizado 25 COPs en diferentes sedes.

Destaca la COP 3 de 1997 en Kioto, Japón, de donde se desprende el *Protocolo de Kioto*, el cual entró en operación en 2005, siendo éste un primer paso hacia la creación de un acuerdo multilateral de reducción de GEI con metas de reducción de emisiones entre los años 2008 y 2012 del 5.5% con base a las emisiones registradas en 1990 a nivel global (Molina et al, 2017). El protocolo destaca por el establecimiento de obligaciones vinculantes y de mecanismos flexibles para el cumplimiento de los compromisos que establece: a) los proyectos de aplicación conjunta; b) los mecanismos de desarrollo limpio, y c) el comercio de derechos de emisión (Nava, 2018).

Tras las consecuentes reuniones, destaca la COP 7 de Marrakech de 2001, en donde se identificaron actividades relacionadas con la adaptación, entre ellas: fomentar la transferencia de tecnologías con enfoque en adaptación (Schipper et al., 2008); la COP 13 de 2007 de Bali, de donde se desprende el *Plan de Acción de Bali*, en el que, tanto la adaptación como la transferencia tecnológica fueron temas importantes en las discusiones.

En el año 2015, tras la COP 21, se logró el *Acuerdo de París*, en el que se estableció la meta de mantener la temperatura promedio del planeta por debajo de los 2 °C con respecto a los niveles preindustriales y, en la medida de lo posible, por debajo de 1.5 °C. Este acuerdo representó un logro en las negociaciones alrededor del tema climático, sin embargo, ha sido fuertemente criticado por no tener un carácter jurídicamente vinculante, por lo que las acciones de los países miembro para limitar o reducir sus emisiones de GEI, pueden permanecer en el terreno de lo voluntario, como quedó asentado por la propuesta de las denominadas *Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional* (NDC por sus siglas en inglés).

Lo que debe rescatarse es que, la apertura a las discusiones globales en torno al clima, representa un interés creciente y continuo de la humanidad por reconocer que se trata de una crisis real, en la que el paradigma del desarrollo ha contribuido al deterioro ambiental, así como el papel preponderante que han tenido los países desarrollados en dicho deterioro; de igual manera, con la atención internacional en la crisis climática, y el surgimiento de instituciones como la CMNUCC, se dio paso a la constitución de su régimen internacional.³²

Los regímenes internacionales constituyen una clase primordial de instituciones internacionales, de alcance regional o mundial, cuyo propósito es sustraer ciertas áreas de la política internacional del ámbito de las prácticas unilaterales. Propician que los Estados (y otros actores) cooperen³³ con el fin de obtener ganancias comunes (Hasenclever, Mayer y Rittberger, 1999). En cuanto al *Régimen Internacional del Cambio Climático (RICC)*, éste se conforma por una serie de conferencias, reuniones, normas e instrumentos jurídicos (vinculantes y no vinculantes) en torno al fenómeno del cambio climático antropogénico. El sustento normativo del RICC lo componen fundamentalmente cuatro tratados (Nava, 2018), como se puede observar en el Cuadro 1.8., a continuación:

Cuadro 1.8. Componentes del RICC

| | |
|--|---|
| Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático | De acuerdo con el artículo 2 de la Convención, su objetivo es: “[...] lograr, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Convención, la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático”. |
| Protocolo de Kioto | Estableció metas con el fin de promover el desarrollo sostenible, y puede considerarse como un acuerdo que caminó hacia un sistema multilateral de reducción de los GEI. |
| Enmienda de Doha al Protocolo de Kioto | Instrumento que enmienda al Protocolo de Kioto |

³² “Un régimen internacional se define como el conjunto de principios, normas, reglas y procedimientos para la toma de decisiones que rige el comportamiento de los Estados en un área de la política internacional” (Hasenclever, Mayer y Rittberger, 1999).

³³ El Diccionario de la Real Academia Española (2020) define *cooperar* como: “obrar juntamente con otro u otros para la consecución de un fin común”.



| | |
|-------------------------|--|
| | para su continuidad, el cual estableció un segundo periodo de compromisos por ocho años (de 2013 a 2020). |
| Acuerdo de París | Instrumento con normatividad no vinculante, cuyo objetivo es “reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza” (artículo 2.1). |

Fuente: elaboración propia a partir de Nava, 2018 y ONU, 1992.

El RICC, principalmente a través de la CMNUCC, impulsó desde sus inicios dos estrategias para enfrentar la crisis climática, la mitigación y la adaptación; en los últimos años las estrategias de adaptación han tomado mayor notoriedad e importancia para la reducción de la vulnerabilidad ante los efectos negativos de la crisis climática. Sin embargo, los países en desarrollo cuentan con menos recursos para atender sus necesidades de mitigación y adaptación, aunado a que son más vulnerables a dichos efectos, por lo que requieren de acciones de cooperación internacional para solventar los costos de proyectos destinados a estos fines, tal como se reconoce en la Convención sobre cambio climático: “[...] la naturaleza mundial del cambio climático requiere la cooperación más amplia posible de todos los países y su participación en una respuesta internacional efectiva y apropiada, de conformidad con sus responsabilidades comunes pero diferenciadas, sus capacidades respectivas y sus condiciones sociales y económicas” (ONU, 1992).

En ese sentido, la *cooperación internacional* se define como: “toda relación entre actores internacionales orientada a la mutua satisfacción de intereses o demandas, mediante la utilización complementaria de sus respectivos poderes en el desarrollo de actuaciones coordinadas y/o solidarias” (Calduch, 1991). Para el caso de la adaptación a la crisis climática, es necesaria la participación de diversos actores internacionales para atender las necesidades, principalmente de los países en desarrollo, por lo que contar con el respaldo institucional de un régimen internacional como el RICC y de mecanismos como la cooperación internacional, es fundamental.

De acuerdo con la autora Gabriela Sánchez et al. (2014), “la evolución de la cooperación internacional ha sido indiscutiblemente establecida por la visión estratégica del desarrollo prevaleciente en cada momento histórico”. Además, logra identificar tres etapas de la evolución de la cooperación internacional: “En una primera etapa se privilegió el crecimiento económico al que se consideraba como sinónimo de desarrollo, [...] se asignaba a la cooperación internacional la función de transferir recursos con el propósito de aumentar la capacidad productiva y de inversión de los países”. Y continúa diciendo que, “en una segunda etapa, el concepto de desarrollo fue enriquecido con el de modernización. [...]” y finaliza diciendo que “más adelante, en una tercera etapa que de alguna manera sigue determinando la agenda del presente, existe una idea orientadora: el desarrollo sustentable como eje transversal que atraviesa diversos ámbitos de la evolución de la sociedad” (p. 227).

En el recorrido de la evolución de la cooperación internacional no sólo han cambiado los enfoques del desarrollo impulsados desde la cooperación para el desarrollo (tanto en la agenda internacional como en la de los países), sino que también ha habido un proceso de democratización en la manera como se establecen las prioridades a escala global en el marco de foros multilaterales y en las formas de participación de las naciones. (Sánchez et al., 2014, p. 228). En este aspecto, el cambio climático representa una de esas prioridades a escala global.

Los autores Hernán Acuña y Arturo Vergara (2014), señalan que “[...] la cooperación internacional se encuentra en una situación excepcional por el hecho de ser actualmente un motor clave de intervención para apoyar el esfuerzo de los Estados en el emprendimiento y la promoción de nichos de desarrollo que buscan el bien común en forma armónica, sustentable, integrada social, económica y culturalmente a la comunidad local, nacional y mundial” (p. 311). La cooperación internacional también es clave para el impulso del desarrollo tomando en cuenta el aspecto medioambiental, ya que no se puede comprender el emprendimiento de

acciones para atender las problemáticas ambientales globales sin herramientas que involucren a la cooperación internacional y la participación de los Estados.

Dicho lo anterior, cabe señalar el rol de la gobernanza para el alcance de los objetivos del RICC. La *gobernanza*, entendida como un fenómeno social que cuenta con la participación de gobernantes tanto públicos como privados (Kooiman, 2000) para la resolución de problemas y asuntos específicos de interés colectivo, ha adquirido un lugar destacado en el abordaje de las problemáticas de carácter medioambiental, cuya agudización requiere de esfuerzos de gobernanza internacional con reglas claras y compromisos tajantes (Lucatello, 2012) que coadyuven en la procuración, búsqueda, implementación, seguimiento y evaluación de propuestas que atiendan esta problemática, de la cual, la crisis climática representa uno de los mayores retos a atender y se posiciona como uno de los problemas complejos emblemáticos en el ámbito medioambiental.

A pesar de que existe una “multiplicidad de significados que no ha fomentado su uso consistente” (Porrás, 2011), la gobernanza, de acuerdo con el autor Gerry Stoker (1998), “se ocupa en última instancia de crear las condiciones para tener reglas ordenadas y una acción colectiva [...]”, que, para el caso de la *gobernanza ambiental*, “incluye la facultad de definir quién tiene autoridad y legitimidad para proponer las reglas del juego” (Antal y Lucatello, 2014). De acuerdo con el PNUMA (2010), la gobernanza ambiental abarca las reglamentaciones, prácticas, políticas e instituciones que configuran la manera en que las personas interactúan con el medioambiente. Además, en la buena gobernanza ambiental se tiene en cuenta la función de todos los agentes que repercuten en el medio ambiente. Desde los gobiernos hasta las ONG, el sector privado y la sociedad civil, la cooperación es fundamental para lograr una gobernanza eficaz que nos pueda ayudar a transitar hacia un futuro más sostenible.

Para fines del presente trabajo de investigación se considera al RICC, y especialmente a la CMNUCC como instituciones internacionales que establecen la ruta de acciones para afrontar el reto de adaptación a la crisis climática desde un contexto internacional, en el que la cooperación internacional juega un rol decisivo en el establecimiento de objetivos y acciones, como la transferencia de tecnologías con enfoque en adaptación.

Hasta ahora se han planteado las bases científicas y los conceptos sobre los cuales se fundamenta la crisis climática, se han analizado sus causas naturales y antropogénicas, así como su enfoque en adaptación. De igual manera, se ha abordado la crisis climática desde las dimensiones del desarrollo sustentable hasta llegar al contexto histórico alrededor de las discusiones globales que han dado pie a la conformación de su régimen internacional. A continuación se presentarán las conclusiones de este primer capítulo y posteriormente, en el segundo capítulo, se abordará la temática de la tecnología con enfoque en adaptación a la crisis climática y su transferencia en el marco de la CMNUCC, su importancia y el papel que juega para atender este fenómeno como respuesta del RICC para atender la necesidad de los países en desarrollo de adaptarse a los efectos de la crisis climática por medio de la tecnología.

1.5. Conclusiones del primer capítulo

La crisis del cambio climático forma parte importante de las diversas problemáticas que agobian a las sociedades globales del siglo XXI, considerando los efectos adversos que plantea, y que ya pueden observarse, los escenarios se proyectan poco alentadores no sólo para las generaciones presentes, sino también para aquellas que están por venir, por lo que indudablemente, la crisis climática y el desarrollo sustentable comparten un compromiso mutuo en el que la adaptación forma parte de las estrategias que deben emprenderse para atender dicha crisis.

La complejidad de la crisis climática, tanto de las causas que la explican como de su abordaje, recae en los factores que la propician y en su interacción con otras crisis, aunado al interés político y a la capacidad de respuesta de los gobiernos de acuerdo con los recursos con los que cuentan. Si bien es cierto que la comunidad científica internacional arroja cada vez mayor claridad sobre los posibles escenarios que traerá como consecuencia la poca o nula acción respecto a esta crisis, también es cierto que existe un avance pasivo, lento y que denota una enorme falta de interés, compromiso y de acción, tanto de países en desarrollo como de los países desarrollados y sus respectivos gobiernos. Esto se puede ver reflejado en las distintas COPs, en las que la evidencia científica contrasta con las pocas acciones y acuerdos logrados, demostrando desinterés y falta de compromiso por atender la crisis climática.

Por otro lado, el papel que juega la concepción clásica del desarrollo sigue significando un paradigma difícil de derribar, muestra de ello es la innumerable bibliografía que sigue una narrativa que propone al pilar económico como el principal componente del desarrollo sustentable, seguido del social y el ambiental. Si bien las tres dimensiones son fundamentales para el desarrollo, la dimensión medioambiental es el pilar que sustenta a las sociedades y sus actividades económicas, sin la cual, no sería posible ninguna actividad humana. La humanidad debe encontrar un equilibrio en el que seamos capaces de adaptarnos y adoptar medidas que contrarresten los efectos adversos que plantea la crisis climática, y sobre todo, de implementarlas; finalmente, la crisis climática puede concebirse como el resultado de las alteraciones en el sistema climático, a causa de comportamientos y actividades humanas que desarrollamos, paradójicamente, para alcanzar el desarrollo.

Los impactos de la crisis climática vienen acompañados no sólo de un sentido de urgencia e incertidumbre, sino también de la necesidad de establecer mecanismos de cooperación entre distintos actores y a distintas escalas para atender las necesidades de mitigación y de adaptación a sus impactos, ya que es

un problema que no puede relegarse a la actividad científica o a la economía, al contrario, al tratarse de un problema complejo, requiere del involucramiento de todas las esferas sociales, incluyendo la política, e incluso la escala individual.

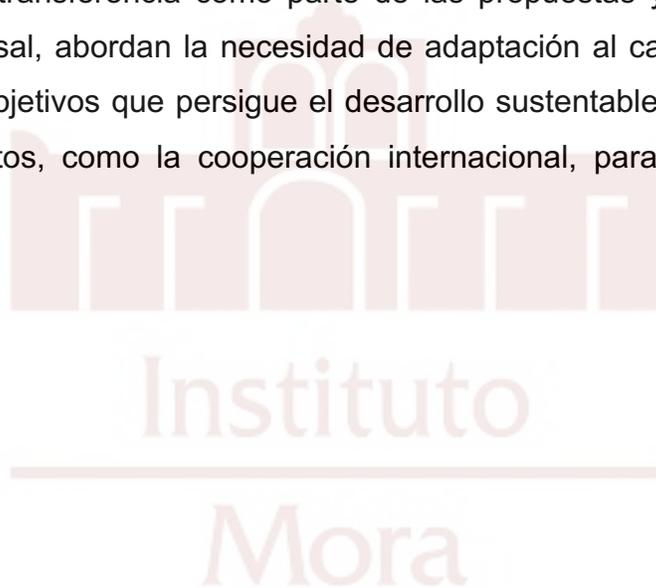
Las acciones que se tomen para adaptarnos al cambio climático desde las diversas organizaciones, ya sea locales, nacionales o internacionales, públicas o privadas, deben permear a la sociedad global, y para ello, la suma de todos los esfuerzos posibles, desde distintos espacios, disciplinas y plataformas, es más necesaria que nunca, esto si deseamos lograr un cambio de paradigma que nos conduzca a prácticas que propicien el desarrollo sustentable, a la vez que protejan al medio ambiente de la constante y creciente degradación en que se encuentra. De igual forma, es necesario hacer uso de distintas herramientas como la ciencia y la tecnología, no sólo para la construcción de conocimiento y la búsqueda de nuevas e innovadoras alternativas de adaptación, sino para integrar distintos saberes y conocimientos y superar la competencia para favorecer la cooperación en respuesta a la crisis que representa el cambio climático.

Como se planteó en este capítulo, la crisis climática requiere ser abordada desde un sentido de urgencia, esto si queremos que las acciones que se emprendan para combatirla tengan mayores posibilidades de no fracasar o, en el caso de la adaptación, que conduzcan a una mala adaptación. De igual manera, deben reforzarse los mecanismos de cooperación internacional para su abordaje, asumiendo la complejidad de la problemática y buscando soluciones innovadoras, siempre tomando en cuenta el contexto en el que se implementen dichas medidas.

La evidencia científica es clara, la crisis climática es un hecho sin precedentes en la historia de la humanidad y del propio planeta Tierra; las emisiones de GEI y el constante aumento de la temperatura global indican que nos acercamos a un punto en el que el escenario de 1.5 °C podría alcanzarse mucho antes de lo previsto, lo cual nos coloca ante nuevos escenarios de

incertidumbre y vulnerabilidad con alcances que incluso desconocemos en la actualidad.

El acceso al conocimiento y la tecnología que genera la ciencia para enfrentar la crisis climática se vuelve en una necesidad cada vez más urgente. No obstante, la tecnología debe responder a las necesidades reales de cada contexto en el que se implemente, ya sea para efectuar acciones de mitigación o de adaptación. Para esto, el RICC debe adoptar el compromiso real de conducir las negociaciones internacionales en torno al clima atendiendo las necesidades de transferencia tecnológica para dicho fin. En el siguiente capítulo se aborda a la tecnología y su transferencia como parte de las propuestas y acciones que, de manera transversal, abordan la necesidad de adaptación al cambio climático con el logro de los objetivos que persigue el desarrollo sustentable y que representan una serie de retos, como la cooperación internacional, para el logro de dicha transferencia.



Capítulo 2. Crisis climática y tecnología: su enfoque en adaptación y la transferencia tecnológica en el marco de la CMNUCC

El consenso entre la comunidad científica internacional respecto a que las causas que originan la crisis climática son antropogénicas es claro, así como lo es que se prevé que sus impactos no serán homogéneos y afectarán a las sociedades de distintas formas y a distintas escalas (Molina et al., 2017), poniendo a prueba su capacidad de prepararse, responder, mitigar y adaptarse a dichos impactos. De igual forma, la comunidad científica advierte que los *límites planetarios* que han servido de base para un planeta ecológicamente estable durante los últimos 10 000 años se están tensando y, en algunos casos, se están transgrediendo. El clima global, a causa de las actividades humanas, se está moviendo rápidamente fuera de la banda estable en la que las civilizaciones han nacido y prosperado (GEF, 2018).

El papel que tiene la ciencia, tecnología e innovación (CTI) para el desarrollo de las sociedades (principalmente en el fomento al desarrollo sustentable) es innegable y de un gran potencial, ya que su función transformadora es un factor decisivo no sólo para el crecimiento y productividad de las economías, sino también para la solución de problemas sociales y ambientales (Sánchez et al., 2014), siendo la crisis climática uno de los mayores retos ambientales a los que se debe enfrentar.

El Tercer Informe de Evaluación del IPCC del año 2001, ya estimaba que: “se podrían lograr reducciones netas de emisiones mediante una serie de tecnologías (por ejemplo una conversión más eficaz en la producción y el uso de la energía, la adopción de tecnologías que no emiten o emiten escasas cantidades de GEI, el secuestro y almacenamiento de carbono, y una mejora del uso de las tierras y prácticas forestales)”, por lo que, el desarrollo de tecnologías y su transferencia es una tarea que debe responder de forma positiva a atender las

necesidades de reducción de los impactos y los efectos adversos que ya han comenzado a manifestarse con la crisis climática.

El objetivo general de este capítulo es abordar y analizar a grandes rasgos la transferencia tecnológica con enfoque en adaptación como una forma de operacionalizar el RICC a través de la cooperación internacional en un contexto de desarrollo sustentable. En ese sentido, en el primer apartado se identificarán y describirán los conceptos de tecnología, transferencia tecnológica y tecnologías para la adaptación a la crisis climática, así como sus características, componentes, clasificación y algunos obstáculos a los que se enfrenta.

En el segundo apartado se abordará la transferencia de tecnologías con enfoque en adaptación en el marco de la CMNUCC y se presentará un breve recorrido por las disposiciones que han resultado de las Conferencias de las Partes a la Convención, referentes a los conceptos antes señalados, finalizando en la adopción de su Mecanismo Tecnológico. En la parte final se hace un análisis del papel que ha jugado la comunidad científica, así como la tecnología, tanto en la propuesta de alternativas tecnológicas para enfrentar las necesidades de adaptación a la crisis climática, como en la degradación del medio ambiente que ha repercutido en el clima y su condición cambiante.

2.1. Crisis climática, tecnología y transferencia tecnológica

La tecnología es una parte integral de las respuestas globales para hacer frente al cambio climático (Vincent, Cull & Joubert, 2011), sin embargo, resulta interesante que su concepto siga siendo debatido en la actualidad sin que exista una conceptualización contundente y consensuada que de cuenta de su importancia y las características que debe comprender para considerarse como tal. Incluso bajo la Convención de cambio climático de las Naciones Unidas no existe una definición acordada del concepto de tecnología, a pesar de que, para la CMNUCC, “la tecnología constituye un pilar central para abordar al cambio climático”

(Trærup, Olhoff & Christiansen, 2011), y de que, en sus inicios, parte del trabajo técnico de la misma consistió en intentar definirla (Sharma y Moehner, 2011).

Al igual que en el capítulo anterior, con los conceptos de desarrollo y desarrollo sustentable, la conceptualización de la tecnología, en el contexto de la crisis climática, representa una temática sumamente interesante respecto a su epistemología, etimología y semántica, misma que requeriría de un trabajo de investigación exhaustivo, el cual no compete a los objetivos de la presente investigación. No obstante, a continuación se presenta un marco conceptual de referencia para abordar dicha temática.

Para comenzar, a modo general, por *tecnología* se puede entender a: “la aplicación del conocimiento para generar nuevos métodos, procesos, servicios y dispositivos” (Gavito et al., 2017). Al tratarse de un concepto que puede prestarse a distintas acepciones, en el contexto de la crisis climática y para efectos del presente trabajo de investigación, se consideran principalmente los conceptos que proponen el IPCC y la CMNUCC. En ese sentido, el IPCC en su Informe Especial del Grupo de trabajo III, del año 2000, titulado “Cuestiones metodológicas y tecnológicas en la transferencia de tecnología”, define a la tecnología como: “una pieza de equipo, una técnica, conocimiento práctico o habilidades para realizar una actividad particular”.³⁴ Esta definición es a la que se hará referencia al referirse al concepto de tecnología en el presente trabajo de investigación.

El mismo informe hace un uso amplio del concepto *tecnologías respetuosas del medio ambiente (TRMA)*, sin embargo no ofrece ninguna definición de dicho concepto, pero señala que “para cumplir con el objetivo de la Convención sobre el clima y para reducir la vulnerabilidad a los impactos del cambio climático serán necesarios esfuerzos innovadores y más intensos que permitan transferir *tecnologías respetuosas con el medio ambiente*, a fin de limitar las emisiones de gases de efecto invernadero y de adaptarse al cambio climático” (IPCC, 2000).

³⁴ Cabe señalar que dicho trabajo del IPCC no ha presentado actualización alguna hasta la fecha de realización de la presente investigación.

Por otra parte, la CMNUCC hace uso del término *tecnologías ambientalmente racionales* en la “Guía de la Convención sobre el Cambio Climático y el Protocolo de Kioto”, documento que tampoco ofrece una definición de dicho concepto, sin embargo lo menciona al señalar que “la adopción de *tecnologías ambientalmente racionales* y de planteamientos de desarrollo sostenible debería permitir a los países en desarrollo evitar los errores cometidos por los países industriales en el pasado, cuando todavía no se conocían los riesgos” (CMNUCC, 2007). No obstante, en el reporte “GEO 4 Perspectivas del medio ambiente mundial. Medio ambiente para el desarrollo” del PNUMA (2007) sí se ofrece una definición a este concepto, sin embargo lo nombra *tecnología limpia* (también tecnología ambientalmente racional), como: “el proceso de fabricación o la tecnología de producto que reduce la contaminación o los desechos, el uso de energía o el empleo de materiales en comparación con la tecnología a la que sustituye”.

La CMNUCC (2016), en el documento denominado “Tecnología y la CMNUCC: Construyendo los cimientos para el desarrollo sostenible” ofrece una definición del concepto de *tecnologías climáticas* como:

Las tecnologías que utilizamos para abordar el cambio climático se conocen como *tecnologías climáticas*. Las tecnologías climáticas que nos ayudan a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero incluyen energías renovables como la energía eólica, la energía solar y la energía hidroeléctrica. Para adaptarnos a los efectos adversos del cambio climático, utilizamos tecnologías climáticas como cultivos resistentes a la sequía, sistemas de alerta temprana y diques. También hay tecnologías climáticas “blandas”, como prácticas de eficiencia energética o capacitación para el uso de equipos (p. 2).

Esta definición hace mención a una clasificación de tecnología, al referirse a las *tecnologías blandas*, lo cual, como se verá más adelante, infiere que toma en consideración la clasificación de la tecnología como *dura* y *blanda*, no obstante, al no hacerse mención explícita de la *tecnología dura*, esta definición no es clara y,

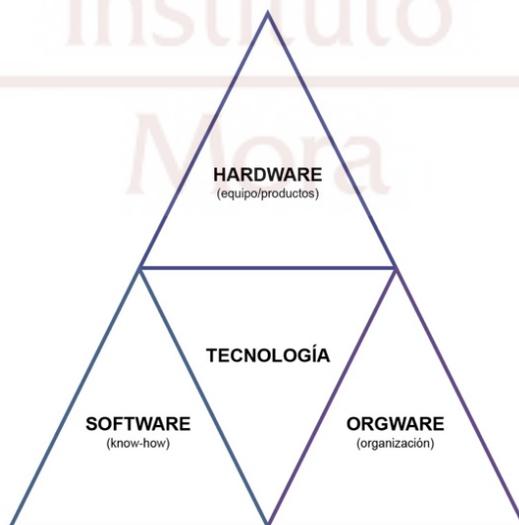
además, recurre a ejemplificar las tecnologías climáticas a modo de definir las; este señalamiento, como se verá en los siguientes apartados, es una constante en el establecimiento de conceptos y definiciones alrededor de la tecnología y la transferencia tecnológica, lo cual representa un primer obstáculo en el estudio y comprensión de esta temática. Los autores Ivan Nygaard y Ulrich Elmer Hansen (2015), complementan la definición proporcionada por el IPCC y agregan que es posible distinguir entre tres elementos o componentes diferentes de la tecnología (véase Cuadro 2.1.). Dichos componentes también pueden representarse como se muestra en la Figura 2.1.

Cuadro 2.1. Elementos o componentes de la tecnología

| |
|---|
| Hardware: los aspectos tangibles, como los equipos y productos; |
| Software: los conocimientos, la experiencia y las prácticas asociados con la producción y el uso del hardware; y |
| Orgware: el marco institucional u organización involucrado en la transferencia y difusión de un nuevo equipo o producto. |

Fuente: elaboración propia a partir de Nygaard y Hansen, 2015.

Figura 2.1. Componentes de la tecnología



Fuente: adaptado y traducido de “Understanding technology” por Nygaard, I., & Hansen, U. E., 2015, *Overcoming Barriers to the Transfer and Diffusion of Climate Technologies*, p. 5.

Además de la dificultad que representa no contar con un concepto claro de tecnología, sobre todo bajo la Convención, existe un agravante más en cuanto se requiere definir a las tecnologías con enfoque en adaptación a la crisis climática, ya que “mientras que el concepto de adaptación no es nuevo y actualmente se ha hecho más claro, el concepto de tecnologías para la adaptación no ha recibido la atención necesaria” (Thiaw, 2011). Esto se debe en gran medida a que, “si bien el enfoque temprano se centró en las tecnologías de mitigación, las tecnologías de adaptación ganaron impulso una vez que los países reconocieron la necesidad de adaptarse a los impactos adversos observados y proyectados” (Sharma y Moehner, 2011) de la crisis climática. Más adelante en este capítulo se ahondará en la evolución de la discusión global de la temática de la tecnología con enfoque en adaptación en el contexto de las Conferencias de las Partes (COPs) de la CMNUCC.

De acuerdo con el autor Ibrahim Thiaw (2011), “la literatura, tanto como la experiencia operacional con las tecnologías para adaptación, ha sido limitada; y existe una falta de claridad incluso en el aspecto de definiciones básicas y conceptos relacionados a las tecnologías para la adaptación”, no obstante, la CMNUCC (2006) propone dos clasificaciones para estas tecnologías. La primera hace una diferenciación de acuerdo a si ésta es *dura* o *blanda*, sin ofrecer ninguna definición y enfocándose en ejemplificar lo que representa cada una. En ese sentido, la *tecnología dura* puede expresarse como “nuevos sistemas de riego o semillas resistentes a la sequía”, y la *tecnología blanda* como “esquemas de seguro o patrones de rotación de cultivos”. La segunda clasificación consta de cuatro conceptos: a) tecnología tradicional; b) tecnología moderna; c) alta tecnología y, d) tecnología futura. A continuación, en el Cuadro 2.2., se describen, nuevamente con ejemplos, cada uno de los conceptos:

Cuadro 2.2. Clasificación de la tecnología para la adaptación I

| Concepto | Descripción |
|------------------------|---|
| Tecnología tradicional | “Las comunidades locales, por ejemplo, han utilizado tecnologías tradicionales para hacer |



| | |
|---------------------------|---|
| | frente a las inundaciones regulares mediante la construcción de casas sobre pilotes, y muchas comunidades siguen haciéndolo, incluso si utilizan materiales más modernos como pilares de hormigón o techos de hierro corrugado”. |
| Tecnología moderna | “Otras tecnologías podrían considerarse ‘modernas’, datadas de la revolución industrial a finales del siglo XVIII. Los agricultores han aprovechado los avances tecnológicos para hacer frente mejor a los entornos áridos, introduciendo nuevos híbridos de cultivos y haciendo un mejor uso del agua escasa, como con los sistemas de riego por goteo”. |
| Alta tecnología | “Hoy en día las sociedades humanas también pueden aprovechar las tecnologías ‘altas’, como los sistemas de observación de la tierra que pueden proporcionar pronósticos meteorológicos más precisos, o como los cultivos basados en organismos genéticamente modificados”. |
| Tecnología futura | “[...] las personas pueden mirar hacia un horizonte de tecnologías futuras aún por inventar o desarrollar, que pueden incluir cultivos que necesitan poca o ninguna agua, o una vacuna contra la malaria”. |

Fuente: elaboración y traducción propia, adaptado de “Technologies for adaptation” por CMNUCC, 2006, *Technologies for adaptation to climate change*, p. 9.

Por otra parte, las autoras Katharine Vincent y Tracy Cull, junto con el autor Alec Joubert (2011) proponen otra clasificación de *tecnologías para la adaptación* que consta de: hardware, software y orgware (véase Cuadro 2.3.).

Cuadro 2.3. Clasificación de tecnologías para la adaptación II

| Clasificación | Descripción |
|----------------------|---|
| Hardware | Infraestructura concreta. |
| Software | Habilidades suaves requeridas para hacer cambios en el comportamiento y socio-culturales. |
| Orgware | Mecanismos institucionales de configuración y coordinación necesarios para apoyar la implementación de hardware y software. |

Fuente: elaboración y traducción propia, adaptado de “Introduction”, por Vincent, K., Cull, T. y Joubert, A., 2011, *Technologies for adaptation Perspectives and practical experiences*, p. 70.

Nuevamente, se pone énfasis en ejemplificar (a modo de definir) los conceptos propuestos, lo cual obstaculiza su comprensión, puesto que no se define definitivamente ni con claridad los conceptos propuestos en dicha clasificación. A continuación, en el Cuadro 2.4., se ejemplifican algunos tipos de tecnologías para distintos sectores:

Cuadro 2.4. Tipos de tecnología por sectores

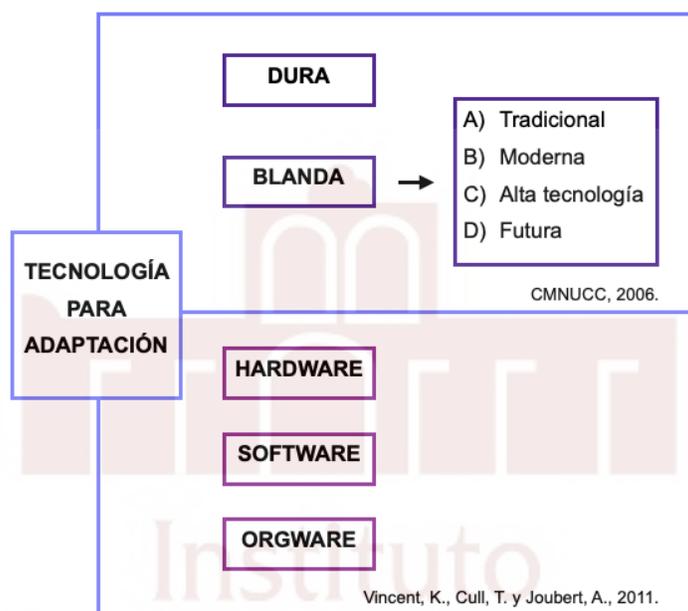
| Sector/Tipo de tecnología | Hardware | Software | Orgware |
|---------------------------|--|---|---|
| Agricultura | Cambio de cultivo. | Prácticas agrícolas, investigación sobre nuevas variedades de cultivos. | Instituciones locales. |
| Agua | Estanques, pozos, embalses, captación de agua de lluvia. | Aumento de la eficiencia del uso del agua y el reciclaje. | Asociaciones de usuarios de agua, precios del agua. |
| Salud | Control de vectores, vacunación, tratamiento mejorado de agua y saneamiento. | Planificación urbana, educación en salud e higiene. | Legislación sanitaria. |
| Zonas costeras | Diques, malecones, barreras de marea, rompeolas. | Planificación del desarrollo en zonas expuestas. | Códigos de construcción, sistemas de alerta temprana, aseguradoras. |
| Infraestructura | Impermeabilización de edificios, carreteras y puentes. | Conocimiento y <i>know-how</i> . | Códigos y normas o estándares de construcción. |

Fuente: elaboración y traducción propia, a partir de Trærup, Olhoff y Christiansen, 2011.

A pesar de que no se proporcionan definiciones claras o una clasificación integrada para los componentes de las tecnologías con enfoque en adaptación, la CMNUCC (2006) señala que “muchas de estas tecnologías ya están disponibles y se utilizan ampliamente. El sistema climático global siempre ha enfrentado a las sociedades humanas con eventos climáticos extremos y, en muchos aspectos, el cambio climático futuro simplemente exacerbará estos eventos, alterando su escala, duración o intensidad”. Si bien esta aseveración es cierta, también es cierto que un organismo de la importancia y el liderazgo en materia de cambio climático como lo es la CMNUCC, bien podría establecer y proporcionar dentro de

sus glosarios las definiciones de tecnología y de tecnologías para adaptación propias para un contexto de crisis climática. Antes de continuar con el concepto de transferencia tecnológica, a continuación se presenta, a modo de síntesis, la clasificación de la tecnología enfocada a la adaptación a la crisis climática (véase Figura 2.2.):

Figura 2.2. Clasificación de tecnología para adaptación a la crisis climática



Fuente: elaboración propia a partir de CMNUCC, 2006 y Vincent, K., Cull, T. y Joubert, A., 2011.

La tecnología es un elemento pilar para el logro de los objetivos de la Convención sobre cambio climático, así como parte de las COPs, prueba de ello es que, la COP 1 celebrada en Berlín en 1995, pidió al IPCC que examinara en sus evaluaciones la manera en que podía efectuarse una transferencia de tecnologías respetuosas con el medio ambiente y de conocimientos especializados (IPCC, 2000). Como ampliación a dicha petición, el Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico (OSACT) pidió al IPCC que preparara un documento técnico sobre los aspectos metodológicos y tecnológicos de la transferencia de tecnología con el objetivo de sintetizar información del

Segundo Informe de Evaluación con respecto a la experiencia disponible en materia de: a) tipos de transferencia, evaluación de tecnologías y opciones; b) sectores elegidos; c) el papel que desempeñan los participantes (por ejemplo, los gobiernos, el sector privado, las organizaciones intergubernamentales o las organizaciones no gubernamentales); d) planteamientos para fomentar la cooperación; y e) temas relativos a la creación de capacidades (*Ibid.*).

Atendiendo a dicha petición, el IPCC decidió, en su 12a reunión plenaria, celebrada en la Ciudad de México, preparar dicho informe, el cual fue aceptado en su reunión plenaria número 16, celebrada en Montreal del 1 al 8 de mayo del año 2000; el resultado es un informe cuya relevancia en materia de transferencia tecnológica sigue siendo vigente, a pesar de que requiere de una actualización que de cuenta de las transformaciones y acontecimientos que han surgido alrededor de la crisis climática en los últimos años.

La relevancia del informe, que lleva por nombre: *Informe Especial del IPCC sobre Cuestiones Metodológicas y Tecnológicas en la Transferencia de Tecnología*, consiste en que, a grandes rasgos, analiza el papel de la transferencia de tecnología ante el cambio climático, hace una aproximación a lo que se entiende por transferencia tecnológica en dicho contexto, identifica a las partes interesadas en dicha temática, identifica los mecanismos para la transferencia de tecnología así como ciertas actuaciones sectoriales. De igual forma, dicho informe señala que existe una mayor probabilidad de éxito en el proceso de la transferencia de tecnología cuando responden a las necesidades y prioridades locales.

En ese sentido, la *transferencia tecnológica* surge como una necesidad de compartir conocimientos, técnicas y tecnología que sean empleadas para atender las necesidades, sobre todo de los países menos desarrollados, tanto de mitigación como de adaptación al cambio climático. En cuanto a la *transferencia de tecnología*, esta la define como: “un conjunto amplio de procesos que abarcan

los flujos de conocimientos especializados, de experiencia y de equipo, y es el resultado de un gran número de decisiones cotidianas de los diferentes interlocutores implicados” (IPCC, 2000).

Otra definición de *transferencia tecnológica*, propuesta también por el IPCC (2018), la define como: “el intercambio de conocimiento, hardware y software asociado, dinero y bienes entre las partes interesadas, lo que conduce a la difusión de tecnología para la adaptación o mitigación. El término abarca tanto la difusión de tecnologías como la cooperación tecnológica entre países y dentro de ellos”. A pesar de que esta definición no contempla explícitamente al componente *orgware* de la tecnología, queda implícito en tanto menciona su difusión y la cooperación tecnológica, que son mecanismos que ayudan a la implementación de hardware y software., por ello, en adelante al hablar de transferencia tecnológica se hace referencia a este concepto.

La transferencia de tecnología aplica a distintos sectores en los que su empleo puede tener contribuciones positivas. Los sectores identificados para la transferencia tecnológica son los siguientes: a) edificios; b) transporte; c) industria; d) suministro de energía; e) agricultura; f) silvicultura; g) gestión de desechos; h) salud humana y, i) adaptación de zonas costeras. A continuación (véase Cuadro 2.5.) se presentan algunas actuaciones que han sido eficaces respecto a estos sectores:

Cuadro 2.5. Actuaciones eficaces por sectores

| Sector | Actuaciones |
|-------------------|--|
| Edificios | Financiación estatal de incentivos para la construcción de hogares que aprovechen mejor la energía; códigos y directrices sobre edificaciones, y normas de equipo desarrolladas en consulta con la industria; etiquetado de los productos de consumo indicando el comportamiento de éstos en términos de energía y respecto al medio ambiente. |
| Transporte | Un mejor diseño y mantenimiento de las tecnologías, la utilización de combustibles alternativos o mejorados, un cambio de uso de los vehículos, o los cambios de modalidad. |
| Industria | Empleo de nuevos procesos, la utilización eficiente de la energía y de |



| | |
|-------------------------------------|--|
| | los recursos, la sustitución de materiales, los cambios de diseño y la fabricación de productos que permitan un menor desgaste, y un mayor reciclado, pueden reducir considerablemente las emisiones de gases de efecto invernadero. |
| Energía | La actuación de los gobiernos en el sentido de fomentar las opciones de energía, incluidas las fuentes renovables, puede ser de importancia crucial para movilizar capital privado para suscitar un mayor interés por la eficiencia energética. |
| Agricultura | El desarrollo de bases de información sobre, entre otros, la mejora de las especies y de las variedades de cultivo, las instalaciones de riego, los diferentes sistemas de arado y de gestión de los cultivos, y el tratamiento del estiércol del ganado, incluidos los sistemas de recuperación de biogases, pueden facilitar y promover la transferencia de tecnologías de adaptación y mitigación en y entre los países, y la integración a soluciones locales. |
| Silvicultura | Gestión sostenible de los bosques (incluidas la tala de impacto reducido, las técnicas de certificación y las prácticas silvícolas), el reciclado, las tecnologías bioenergéticas y la agrosilvicultura pueden contribuir a la mitigación de las emisiones de dióxido de carbono. |
| Gestión de desechos | Es importante que los proyectos den relevancia especial a la implantación de tecnologías localmente apropiadas, y que reduzcan al mínimo el desarrollo de grandes sistemas de gestión de desechos convencionales e integrados en situaciones en que pueden utilizarse alternativas de menor costo y más simples, sin comprometer la salud pública ni los niveles de calidad del medio ambiente. |
| Salud humana | Crear una mayor conciencia en la población respecto de los posibles efectos para la salud, vigilar atentamente los efectos para la salud, e impartir formación a profesionales sanitarios; disponer de tecnologías a nivel nacional y local para hacer frente a cualquier cambio en el nivel de enfermedades que pudiera conllevar el cambio climático. |
| Adaptación de zonas costeras | La transferencia de tecnología debería centrarse en tecnologías demostradas con miras a la adaptación de las costas, y en particular en soluciones autóctonas. La restauración y conservación de los humedales constituye un ejemplo de ese tipo de tecnologías. |

Fuente: elaboración propia a partir de IPCC, 2000, p. 7-8.

Cabe señalar que las actuaciones más importantes para la transferencia tecnológica (tanto de mitigación como de adaptación), varían de acuerdo a cada sector, asimismo:

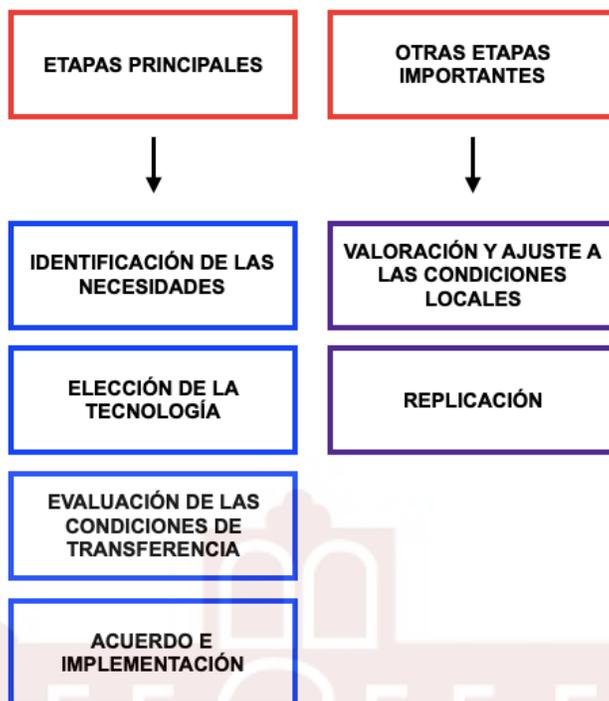
Frecuentemente, las tecnologías de adaptación están orientadas a aspectos específicos de un lugar determinado, por lo que sus beneficios son principalmente locales, lo cual podría dificultar la replicación en gran escala. Por otra parte, podrían reducir la vulnerabilidad no sólo a los impactos previstos del cambio climático, sino también a los peligros actuales asociados a la variabilidad del clima (IPCC, 2000, p. 7).

Las vías que se pueden adoptar para llevar a cabo la transferencia de tecnologías entre las partes interesadas son diversas, dependiendo del sector al que estén enfocadas, de las circunstancias de cada país y del tipo de tecnologías que se requiera. El IPCC (2000) identifica las siguientes vías: a) programas de asistencia de los gobiernos, b) compras directas, c) concesión de licencias, d) inversión extranjera directa, e) empresas mixtas, f) acuerdos cooperativos de investigación, g) acuerdos de coproducción, h) acuerdos de educación y formación y, i) inversión estatal directa. A pesar de que no se menciona explícitamente a la cooperación internacional, ésta queda implícita en muchas de las vías propuestas, puesto que se trata de mecanismos que requieren de la participación de actores específicos y de la interacción entre ellos para el logro de objetivos comunes, en este caso, la transferencia de tecnologías para atender las necesidades de mitigación y adaptación a la crisis climática.

Por otra parte, intervienen múltiples actores en los procesos de transferencia de tecnologías para el abordaje de la crisis climática. En cuanto a las partes interesadas, se identifican las siguientes: “los desarrolladores; los propietarios, proveedores, compradores, receptores y usuarios de tecnología (por ejemplo, empresas privadas o estatales, y consumidores); las entidades financieras y donantes; los gobiernos; las instituciones internacionales; las ONG y colectivos” (IPCC, 2000). Son muchos los actores que pueden participar de la transferencia tecnológica, estableciendo dinámicas de cooperación de acuerdo a los intereses particulares de las partes involucradas y de los sectores prioritarios en los que se busque trabajar, además de otras condiciones que favorezcan dicha colaboración, siempre con la finalidad de que se atiendan las necesidades de mitigación o de adaptación a la crisis climática.

Los procesos de transferencia de tecnología en el contexto de la crisis climática y del desarrollo sustentable pueden ser complejos, a pesar de esto el IPCC (2000) identifica y delimita las etapas de dicho proceso (véase Figura 2.3.).

Figura 2.3. Etapas del proceso de transferencia tecnológica



Fuente: elaboración propia a partir de IPCC, 2000, p.4.

Aunado a lo anterior, se puede considerar como elementos de una transferencia de tecnología eficaz a los siguientes (véase Cuadro 2.6.):

Cuadro 2.6. Elementos de una transferencia tecnológica eficaz

| |
|---|
| a) La conciencia de los consumidores y de las empresas; |
| b) El acceso a la información; |
| c) La disponibilidad de muy diversas aptitudes técnicas, empresariales, de gestión y de reglamentación a nivel local; y |
| d) Marcos adecuados de política económica y de reglamentación. |

Fuente: elaboración propia a partir de IPCC, 2000.

Finalmente, cabe señalar que las medidas o actuaciones propuestas de transferencia de tecnología pueden complementarse con otras medidas que no necesariamente sean tecnológicas, para lo que la gobernanza podría contribuir en

el establecimiento de asociaciones entre el sector público y el privado, a su vez, la cooperación internacional puede contribuir a promover la transferencia tecnológica como un mecanismo de acción conjunta que es necesario para su implementación. Considero que las partes interesadas deberían hacer esfuerzos deliberados para facilitar la transferencia de tecnologías multidireccionales (Norte-Sur, Sur-Norte y Sur-Sur) para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ONU, 2019e) y las metas de reducción de la vulnerabilidad ante los efectos negativos del clima cambiante. Hasta ahora se ha abordado el marco conceptual alrededor de la tecnología y su transferencia en el contexto de la crisis climática global, sin embargo, a continuación se ahondará en aquellos obstáculos que es preciso considerar para lograr su eficacia, así como también se abordará la relación que guarda la tecnología y su transferencia con el desarrollo sustentable.

2.2. Obstáculos para la transferencia tecnológica con enfoque en adaptación y su vínculo con el desarrollo sustentable

Existe la necesidad de enriquecer el diálogo internacional alrededor de la temática de las tecnologías enfocadas en adaptación, su transferencia y contribuir a cómo definir y operacionalizar el concepto de tecnologías que corresponde a la adaptación al cambio climático (Trærup, 2011), sobre todo cuando “en el debate de la transferencia tecnológica, históricamente, la atención se ha centrado en las tecnologías para la mitigación, dándole una atención limitada a las de adaptación” (Thiaw, 2011). Esto se debe en parte a que las acciones de mitigación atienden la urgente necesidad de reducir las emisiones y las concentraciones de gases de efecto invernadero, y las acciones de adaptación son consideradas como alternativas a largo plazo, no obstante:

La mitigación es esencial y la adaptación es inevitable. La mitigación es esencial porque, sin una acción firme ahora, las generaciones futuras podrían enfrentarse al cambio climático a una escala tan abrumadora que la adaptación ya no sería factible. Pero la mitigación no será suficiente por sí sola. Incluso si los esfuerzos de hoy para reducir las emisiones son exitosos, alguna adaptación será inevitable porque el cambio climático

ocurre solo después de un largo retraso. El calentamiento global actual es la consecuencia de las emisiones hace décadas, y el proceso continuará; incluso los esfuerzos más rigurosos de mitigación de hoy serán incapaces de prevenir los cambios climáticos en el futuro. (CMNUCC, 2006, p.7-8).

De acuerdo con las autoras Sara Trærup y Riyong Kim Bakkegaard (2015), la transferencia de tecnología es un área de creciente prioridad en la agenda internacional sobre adaptación al cambio climático. Se debe tomar en consideración que los aspectos metodológicos y operativos de las tecnologías en el ramo de la adaptación a la crisis climática están relativamente menos desarrollados y aún enfrentan una serie de obstáculos (véase Cuadro 2.7.).

Cuadro 2.7. Obstáculos de las tecnologías para adaptación

| |
|---|
| a) Definir y operacionalizar el concepto de tecnologías para la adaptación de una manera más clara. |
| b) Desarrollar metodologías sobre cómo evaluar y priorizar mejor las tecnologías con enfoque en adaptación. |
| c) Asegurar que la información y el conocimiento relevante disponible se utilicen e integren plenamente en los procesos. |

Fuente: elaboración propia a partir de Trærup y Bakkegaard, 2015.

Además, se pueden identificar otros obstáculos, tales como: “infraestructuras deficientes, leyes y normas inadecuadas, escasez de mano de obra calificada, la falta de financiamiento y de conocimientos sobre tecnología, costos elevados de algunos acuerdos en materia de tecnología, problemas generados por los proveedores del equipamiento y los derechos de propiedad intelectual” (Khor, 2012). Otros factores que influyen tanto en el flujo como en la calidad de la transferencia de tecnología son: factores de orden social, económico, político, jurídico e incluso tecnológico (IPCC, 2000).

Para conseguir el objetivo último de la CMNUCC, tal como se expone en el artículo 2³⁵ de dicha convención, será necesaria una innovación tecnológica, así como una rápida y extendida transferencia y aplicación de tecnologías, y en particular de los conocimientos técnicos necesarios para la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). La transferencia de tecnologías de adaptación al cambio climático es también un elemento importante para reducir la vulnerabilidad frente a dicho cambio; por lo tanto, es necesario atender los obstáculos a modo de propiciar la efectividad de la transferencia tecnológica.

Por otra parte, la relación que existe entre la tecnología y el desarrollo es evidente, ya que “la innovación tecnológica ha sido reconocida durante mucho tiempo como fundamental para lograr los objetivos de desarrollo” (ONU, 2019e), prueba de ello es que “la ciencia y la tecnología están en el centro de la Agenda 2030” (*Ibid.*). “Ampliar las aplicaciones del conocimiento científico existente y la innovación tecnológica, tanto en las ciencias naturales como en las sociales, puede permitir abordar los desafíos de desarrollo en muchos sectores. A menudo, la tecnología ya existe y la tarea es identificar y abordar los obstáculos para su despliegue generalizado” (ONU, 2019e).

Aprovechar al máximo el potencial de la ciencia y la tecnología para afrontar los retos que plantea la crisis climática requerirá una inversión sustancial en investigación y desarrollo (I+D).

En la actualidad, la inversión mundial asciende a casi 1,7 billones de dólares al año, de los cuales 10 países son responsables del 80 %. Si bien algunos países en desarrollo han acelerado su inversión en I+D a un ritmo más rápido que sus homólogos de países desarrollados, la mayoría de los países en desarrollo [...] necesitan un mejor acceso a la tecnología y los conocimientos mediante la cooperación con los países en desarrollo, y modalidades como la cooperación Sur-Sur y triangular [...]. La transferencia de tecnología,

³⁵ El objetivo último de la presente Convención y de todo instrumento jurídico conexo que adopte la Conferencia de las Partes, es lograr, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Convención, la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible.

especialmente a instituciones en países en desarrollo, será fundamental para ampliar y acelerar la implementación de la Agenda 2030. El sector privado y las asociaciones público-privadas pueden promover innovaciones destinadas al desarrollo sostenible, protegiendo adecuadamente los derechos de propiedad intelectual al tiempo que aumentan el acceso de los países en desarrollo a los bienes y tecnologías esenciales (ONU, 2019e, p.37).

La investigación y desarrollo en materia de ciencia y tecnología abarca también los procesos de transferencia tecnológica entre países desarrollados y en desarrollo, además de los procesos de aprendizaje necesario para comprender, utilizar y replicar la tecnología transferida, incluyendo la capacidad de elegirla, adaptarla a las condiciones locales y de integrarla a las tecnologías indígenas (IPCC, 2000).

Cabe recalcar que en el caso de las tecnologías enfocadas a la mitigación, éstas tienen un mayor auge, ya que se han ido desarrollando a lo largo de décadas de investigación, y actualmente son ampliamente utilizadas,³⁶ no obstante, para el caso de las tecnologías con enfoque en adaptación, existe una innovación relativamente reciente. Para lograr reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y emprender acciones tanto de mitigación como de adaptación a la crisis del cambio climático, a la vez que se contribuya a la procuración del desarrollo sustentable, la transferencia de tecnologías debe tener un mayor impulso por parte de todos los actores involucrados en su proceso, esto implica cumplir los compromisos internacionales adquiridos en materia climática, como el Acuerdo de París, promover la cooperación internacional y proveer de los recursos financieros a los países en desarrollo, haciendo referencia al principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas.

Con políticas económicas positivas, marcos normativos, transparencia y estabilidad política, los gobiernos pueden crear el entorno propicio para la

³⁶ Véase el sitio: <<https://tech-action.unepdtu.org/wp-content/uploads/sites/2/2019/05/final-mca-guidance-mitigation-september2015-1.pdf>>.

transferencia de tecnología. Además, para una transferencia más eficaz de la tecnología es fundamental constituir una red entre las partes interesadas públicas y privadas, y centrarse en productos y técnicas con múltiples ventajas secundarias que se ajusten o adapten a las necesidades y prioridades locales de desarrollo. (IPCC, 2001).

2.3. Tecnología y transferencia tecnológica con enfoque en adaptación a la crisis climática en el marco de la CMNUCC y su Mecanismo Tecnológico

Entre las décadas de 1940 y 1970, el tema del calentamiento global y la consecuente crisis climática no tuvo mayor presencia en las discusiones del medio científico, esto se puede atribuir a dos factores; el primero fue la complejidad de elementos que intervienen en la determinación del clima y el segundo fue la percepción social del mundo como una fuente de recursos inagotables. Cualquier nueva idea sobre el impacto negativo que el desarrollo económico y tecnológico de la humanidad tenía sobre el ambiente se veía contrarrestada por la convicción de que los avances tecnológicos del futuro podrían resolver todos esos problemas (Molina et al., 2017).

Tras el establecimiento del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) en 1988 por parte de la Organización Meteorológica Mundial (WMO, por sus siglas en inglés) y el Programa de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente (UNEP, por sus siglas en inglés), cuyo trabajo representa el fundamento científico de las negociaciones internacionales en materia medioambiental, el estudio de las condiciones meteorológicas y del estado cambiante del clima comenzó a posicionar el *mainstreaming ambiental*³⁷ a escala global.

³⁷ El *mainstreaming ambiental* se refiere al enfoque de integración del medioambiente o integración ambiental utilizado en las agendas políticas nacionales e internacionales, en las políticas públicas o las estrategias privadas de desarrollo, programas y proyectos de desarrollo, etc. (Lucatello y Zortea, 2016).

En 1990 el IPCC publicó su Primer Reporte de Evaluación, el cual advertía que las emisiones derivadas de las actividades humanas incrementan substancialmente las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) del planeta. En diciembre del mismo año, la Asamblea General de Naciones Unidas estableció el Comité Intergubernamental de Negociación (INC, por sus siglas en inglés) para una Convención Marco del Cambio Climático, en donde se discutieron los compromisos comunes, objetivos y tiempos para la reducción de emisiones, así como los mecanismos financieros, de transferencia tecnológica y el principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas.

En mayo de 1992 se adoptó el texto de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) en la sede de Naciones Unidas (ONU) en Nueva York; en junio del mismo año, el texto quedó abierto para su firma durante la Convención de Río o Cumbre de la Tierra, entrando en vigor el 21 de marzo de 1994. Los 197 países que han ratificado la Convención son los llamados "Partes en la Convención" y su objetivo final es prevenir las interferencias antropogénicas peligrosas con el sistema climático; a partir de ese año, las Partes se reúnen anualmente para sostener negociaciones multilaterales en respuesta al cambio climático. Cabe señalar que la tecnología ha jugado un papel primordial para el logro de los objetivos que se establecen en la Convención, y esto puede apreciarse en varios artículos que la componen. A continuación, en el Cuadro 2.8., se muestran algunos de los artículos más relevantes que hacen mención a la tecnología en la CMNUCC.

Cuadro 2.8. Tecnología en la CMNUCC

Art. 4.1 (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 antropogénicas de gases de efecto invernadero [...]”.

Art. 4.5: Se establece que las 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 [...]”.

Art. 4.7: “La medida en que las Partes que son países en desarrollo lleven a la práctica efectivamente sus compromisos en virtud de la Convención dependerá de la manera en que las

Partes que son países desarrollados lleven a la práctica efectivamente sus compromisos relativos a los recursos financieros y la transferencia de tecnología, y se tendrá plenamente en cuenta que el desarrollo económico y social y la erradicación de la pobreza son las prioridades primeras y esenciales de las Partes que son países en desarrollo”.

Art. 4.8: “Al llevar a la práctica los compromisos a que se refiere este artículo, las Partes estudiarán a fondo las medidas que sea necesario tomar en virtud de la Convención, inclusive medidas relacionadas con la financiación, los seguros y la transferencia de tecnología, para atender a las necesidades y preocupaciones específicas de las Partes que son países en desarrollo derivadas de los efectos adversos del cambio climático [...]”.

Art. 4.9: “Las Partes tomarán plenamente en cuenta las necesidades específicas y las situaciones especiales de los países menos adelantados al adoptar medidas con respecto a la financiación y a la transferencia de tecnología”.

Fuente: elaboración propia a partir de CMNUCC, 1992.

La Convención³⁸ establece los arreglos institucionales intergubernamentales para el abordaje del cambio climático; por su parte, las Conferencias de las Partes (COPs), como se mencionó en el primer capítulo, son espacios de encuentro entre los países miembros de la Convención, para el análisis, discusión y logro de acuerdos en torno a diversas temáticas referentes a la crisis climática. A continuación, se presenta una reseña (véase Cuadro 2.9.) de acontecimientos destacados que derivaron de dichas reuniones internacionales, en los que se presta especial atención a la tecnología y su transferencia con enfoque en la adaptación a la crisis climática.

Cuadro 2.9. Tecnología en las COPs de la CMNUCC

| COP | Lugar | Año | Relevancia |
|-------|---------------------|------|---|
| COP 1 | Berlín, Alemania | 1995 | Primer conferencia global en torno a la problemática climática bajo la Organización de las Naciones Unidas, la cual sentó las bases para el establecimiento del Protocolo de Kioto. |

³⁸ La CMNUCC está constituida por: a) Órgano supremo, conformado por la Conferencia de las Partes (COP) a la Convención, la Conferencia de las Partes sirviendo como Reunión de las Partes del Protocolo de Kioto (CMP) y la Conferencia de las Partes sirviendo como Reunión de las Partes del Acuerdo de París (CMA); b) Órgano de gestión de procesos, conformado por el Bureau u Oficina de la COP, CMP y CMA; c) Órganos subsidiarios: dos permanentes, el Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico (SBSTA) y el Órgano Subsidiario de Implementación (SBI); y órganos subsidiarios Ad-Hoc establecidos por la COP, CMP y CMA; d) Órganos subsidiarios técnicos con membresía limitada, establecidos por la Convención, el Protocolo de Kioto y el Acuerdo de París. También son conocidos en la práctica como los órganos constituidos; e) Un secretariado. Proporciona experiencia técnica y soporte organizacional a la Convención e instituciones y; f) Entidades encargadas de las operaciones del Mecanismo Financiero: Global Environment Facility (GEF por sus siglas en inglés) o, Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) y el Green Climate Fund (GCF por sus siglas en inglés) o Fondo Verde para el Clima (FVC).

| | | | |
|---------------|----------------------|------|--|
| COP 3 | Kioto, Japón | 1997 | Protocolo de Kioto. Primer tratado global para la reducción de gases de efecto invernadero. ³⁹ Promueve el desarrollo de <i>tecnología climática</i> y su <i>transferencia</i> , al incluir en su artículo 10, inciso c, que todas las Partes deberán: “cooperar en la promoción de modalidades efectivas para el desarrollo, aplicación y difusión de, y tomar todas las medidas posibles para promover, facilitar y financiar, según corresponda, la transferencia o el acceso a, tecnologías ecológicamente racionales [...] en particular para los países en desarrollo [...]”. |
| COP 7 | Marrakech, Marruecos | 2001 | Se establecieron los Acuerdos de Marrakech, ⁴⁰ que proporcionan reglas detalladas para la implementación del Protocolo de Kioto, y establecen nuevos instrumentos de financiamiento y planificación para las medidas de <i>adaptación</i> , así como para establecer un marco de <i>transferencia tecnológica</i> . |
| COP 12 | Nairobi, Kenia | 2006 | El Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico (SBSTA, por sus siglas en inglés), ⁴¹ fue ordenado a emprender un programa que atendiera los impactos, vulnerabilidad y <i>adaptación</i> al cambio climático y es llamado el Programa de Trabajo de Nairobi (NWP, por sus siglas en inglés). El Programa de Trabajo de Nairobi destaca por su objetivo de ayudar particularmente a los países en desarrollo que forman parte de la Convención en: a) mejorar la comprensión y evaluación de los impactos, la vulnerabilidad y la <i>adaptación al cambio climático</i> y, b) adoptar decisiones informadas sobre actividades y medidas prácticas de adaptación con una base científica sólida, así como técnica y socioeconómica. Dicho programa de trabajo consta de nueve áreas, e incluye en el número ocho la que se enfoca a las tecnologías para la adaptación para “promover el intercambio y <i>transferencia de tecnologías</i> y conocimiento para que los países en desarrollo tengan mejores herramientas para adaptarse al cambio climático”. ⁴² |
| COP 13 | Bali, Indonesia | 2007 | Se adopta el Mapa de Ruta de Bali (BRM, por sus siglas en inglés), así como el Plan de Acción de Bali (PAB), en la que se establecieron cuatro categorías prioritarias: a) <i>adaptación</i> ; b) mitigación; c) financiamiento y, d) <i>tecnología</i> ; además de la temática de una <i>visión compartida</i> sobre acciones de cooperación a largo plazo. “El Plan de Acción de Bali identificó la necesidad de acción para la adaptación, particularmente de acción mejorada en la provisión de recursos financieros, inversión y tecnología para respaldar la acción a la adaptación”. |

³⁹ Entró en vigor en 2005, tras la ratificación de la Federación Rusa y comenzó su primer periodo de compromisos del año 2008 al 2012, y su segundo periodo se comprende entre el primero de enero de 2013 y concluirá en diciembre del 2020.

⁴⁰ Sentaron el escenario para la ratificación del Protocolo de Kioto, así como para formalizar un acuerdo sobre las reglas operativas del Comercio Internacional de Emisiones, el Mecanismo de Desarrollo Limpio y la Implementación Conjunta, así como un régimen de cumplimiento y procedimientos contables.

⁴¹ Cabe señalar que el Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico (SBSTA, por sus siglas en inglés), es uno de los dos órganos subsidiarios permanentes a la Convención y provee de información oportuna y asesoramiento tecnológico y científico tanto a la Convención como al Protocolo de Kioto y al Acuerdo de París. Si bien, no forma parte como tal del mecanismo tecnológico de la COP, su trabajo está estrechamente relacionado, debido a que promueve la colaboración en el campo de la investigación y observación sistemática del sistema climático, juega un rol importante como vínculo entre la información científica brindada por fuentes como el IPCC y las necesidades de orientación política que requiere la COP.

⁴² Véase el sitio: < <https://cambioclimatico.gob.mx/plan-de-trabajo-de-nairobi/>>.

| | | | |
|---------------|--------------------|------|--|
| COP 14 | Poznan, Polonia | 2008 | Se hace el lanzamiento del <i>Fondo de Adaptación</i> (AF, por sus siglas en inglés) y el <i>Programa Estratégico en Transferencia Tecnológica de Poznan</i> . Dicho programa estableció las siguientes ventanas de financiamiento dentro del FMAM en apoyo de la transferencia de tecnología: a) realizar evaluaciones de necesidades tecnológicas (Technology Needs Assessment, TNA, por sus siglas en inglés); b) proyectos tecnológicos prioritarios piloto vinculados a las evaluaciones de necesidades tecnológicas y, c) difundir la experiencia del FMAM y de las tecnologías ecológicamente racionales (Environmentally Sound Technologies, ESTs) demostradas con éxito. |
| COP 16 | Cancún, México | 2010 | Se establecieron los Acuerdos de Cancún, así como el Fondo Verde del Clima como parte del Mecanismo Financiero de la Convención, el cual busca entregar recursos en proporciones iguales, tanto para mitigación como para <i>adaptación</i> , y cuenta con 48 entidades acreditadas para su implementación, el <i>Mecanismo Tecnológico</i> , el cual consiste en el Comité Ejecutivo de Tecnología (TEC, por sus siglas en inglés) y en el Centro y Red de Tecnología Climática (CTCN, por sus siglas en inglés), y el Marco de Adaptación de Cancún, enfocado a incrementar las acciones de adaptación. La importancia de la COP de Cancún también radica en que puso énfasis en las <i>tecnologías para adaptación</i> , cuando históricamente las discusiones se enfocaban sólo en las tecnologías para la mitigación. |

Fuente: elaboración propia a partir de CMNUCC, 2016; PNUD, 2008, y GEF, 2012.

Como se observa en el cuadro anterior, la tecnología con enfoque en adaptación y su transferencia, son temáticas que han formado parte de las discusiones globales al interior de las COPs de la CMNUCC, sin embargo, resulta interesante que el abordaje de las temáticas relacionadas a la adaptación, han tenido un proceso distinto y más lento con respecto a la mitigación.

Otros acontecimientos relevantes que han ocurrido en el marco de las COPs, y que vale la pena señalar, son la COP 17 en Durban, la cual condujo al lanzamiento del Grupo de Trabajo Ad-Hoc sobre la Plataforma Durban para una Acción Mejorada, cuyo mandato fue el de desarrollar un protocolo, un acuerdo o algún instrumento legal bajo la Convención, aplicable a todas sus Partes que fuese adoptado durante la reunión 21 de la COP, sentando un preámbulo al Acuerdo de París; durante la COP 18 en Doha en el año 2012, se adoptó la

Enmienda de Doha y fue lanzado un segundo periodo de compromisos del Protocolo de Kioto.

En la COP 19 de 2013 en Warsaw, se produjeron los Resultados de Warsaw, en los que se tomaron decisiones alineadas al logro de un acuerdo en materia de cambio climático para 2015. De igual manera, entre los logros alcanzados, el CTCN avanzó a su fase operacional y, en seguimiento a la Plataforma de Durban, las Partes acordaron entregar sus Contribuciones Previstas Determinadas a Nivel Nacional (INDC, por sus siglas en inglés).

A la par de las COPs, destaca que en septiembre de 2015, durante la Cumbre de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas, se adoptó la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible y sus 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (SDG, por sus siglas en inglés). Es necesario recalcar que ese mismo año, en diciembre, se llevó a cabo la COP 21 en París, cuyo proceso de negociación logró la adopción del Acuerdo de París, en el que 195 naciones acordaron combatir el cambio climático, además:

Dispone que todos los países de manera voluntaria y sin distinción alguna, definan su contribución nacional en términos de reducción de emisiones y se comprometan a comunicar e implementar sus compromisos, que deben de ser ambiciosos. También, precisa mecanismos de transparencia y rendición de cuentas para verificar los compromisos, no sólo en términos de reducción de emisiones y esfuerzos de adaptación, sino también de apoyos en términos de financiamiento, transferencia de tecnología y desarrollo de capacidades (Molina et al., 2017, p. 150).

Para el logro de los objetivos del Acuerdo de París, se estableció el Grupo de Trabajo Ad-Hoc sobre el Acuerdo de París (APA, por sus siglas en inglés), cuyo mandato fue el de preparar su entrada en vigor, así como las reuniones posteriores de la Conferencia de las Partes sirviendo como Reunión de las Partes del Acuerdo de París (CMA, por sus siglas en inglés).

En relación a la *transferencia de tecnología*, el Acuerdo de París establece, en su artículo 10, que: "las Partes comparten una visión a largo plazo sobre la importancia de realizar plenamente el desarrollo y la transferencia de tecnología para mejorar la resistencia al cambio climático y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero".

El Acuerdo de París representa un logro en las negociaciones internacionales para el establecimiento de medidas enfocadas a la reducción de la emisión de GEI, estableciendo un límite en el aumento de la temperatura promedio mundial de 2 °C con miras a no rebasar el incremento en 1.5 °C. Si bien dichos objetivos podrían parecer loables para reducir las emisiones de GEI y desacelerar el calentamiento global, también es cierto que los mismos provocaron "cierta tención entre la comunidad internacional de que los niveles estimados de emisiones agregadas de GEI para 2025 y 2030 resultantes de las INDCs, no son compatibles con los escenarios de niveles por debajo de los 2 °C de temperatura media global" (Nava, 2018). Además de que, como se señaló en el primer capítulo, se trata de un instrumento con normatividad no vinculante.

En ese mismo orden de ideas, en octubre del año 2018, el IPCC publicó su *Reporte Especial sobre Calentamiento Global 1.5* en el que advirtió sobre la necesidad de dar cumplimiento a los compromisos del Acuerdo de París para evitar los peores escenarios previstos por la crisis climática. En dicho reporte se señala que "la influencia humana se ha convertido en un agente principal de cambio en el planeta, desplazando al mundo del periodo relativamente estable del Holoceno a una nueva era geológica, a menudo denominada Antropoceno".⁴³ Y añadió que "responder al cambio climático en el Antropoceno requerirá enfoques

⁴³ El antropoceno es "una nueva época geológica propuesta como resultado de cambios significativos en la estructura y el funcionamiento del Sistema de la Tierra, incluido el sistema climático, impulsados por el ser humano. Originalmente propuesta en la comunidad científica del Sistema de la Tierra en 2000, la nueva época propuesta está experimentando un proceso de formalización dentro de la comunidad geológica basada en la evidencia estratigráfica de que las actividades humanas han cambiado el Sistema de la Tierra hasta el punto de formar depósitos geológicos con una firma que es distinta de los del Holoceno, y que permanecerán en el registro geológico. Tanto los enfoques estratigráficos como los del Sistema de la Tierra para definir el Antropoceno consideran que la mitad del siglo XX es la fecha de inicio más apropiada, aunque se han propuesto otros y se siguen discutiendo. El concepto del Antropoceno ha sido adoptado por una diversidad de disciplinas y el público para denotar la influencia sustantiva que los humanos han tenido en el estado, la dinámica y el futuro del Sistema de la Tierra" (IPCC, 2018).

que integren múltiples niveles de interconectividad en toda la comunidad global” (IPCC, 2018).

Ese mismo año, durante la COP 24 en Katowice, Polonia, los gobiernos adoptaron un conjunto de directrices para la implementación del Acuerdo de París, denominado el *Paquete Climático de Katowice*, el cual operacionaliza el régimen del cambio climático, promueve la cooperación internacional e invita a incrementar la ambición de los compromisos y las acciones referentes a dicha temática.

Finalmente, la COP 25 de 2019 tuvo un abrupto cambio de sede, de Santiago de Chile a Madrid, España, y tenía el objetivo de afinar los últimos detalles para la completa implementación del Acuerdo de París sobre cambio climático, sin embargo, su emblema de “incrementar la ambición” respecto a la acción climática, no parece haber trascendido lo suficiente, sobre todo si se considera que el 2020 sería el año en el que los países miembros se comprometerían a actualizar sus Planes Nacionales de Acción Climática; incluso el secretario general de la ONU, António Guterres declaró que “la comunidad internacional ha perdido una oportunidad importante de mostrar una mayor ambición en mitigación, adaptación y finanzas para afrontar la crisis climática (BBC, 2019).

Por si fuese poco, la COP 26 que había sido programada para llevarse a cabo en Glasgow en noviembre de 2020 fue pospuesta para el mes de noviembre del 2021 debido a la pandemia de COVID-19,⁴⁴ postergando aún más la discusión global en torno a la crisis climática.

Tras más de 20 años de reuniones para discutir la problemática del cambio climático, resulta inquietante que los logros alcanzados, como el Acuerdo de París, contrastan con el notable y constante aumento de las temperaturas del planeta desde que éstas son registradas. Diversas personalidades se han proclamado a lo

⁴⁴ Véase el sitio: <<https://unfccc.int/es/news/la-cop26-queda-aplazada>>.

largo de los años sobre el papel que tienen las COPs y las metas que se proponen, por ejemplo, la periodista y escritora canadiense Naomi Klein, quien ha sido crítica en obras como *This changes everything: Capitalism vs. The Climate* del 2014, señaló en 2015 que dicho acuerdo no menciona las palabras “combustible fósil”, “petróleo” o “carbón”, además de que no permite que los países más afectados por los efectos de la crisis climática puedan demandar por “daños y perjuicios”.⁴⁵

Por su parte, el Dr. James E. Hansen, científico estadounidense considerado el “padre del calentamiento global”,⁴⁶ calificó a la Cumbre de París como un “fraude” al considerar que sólo se trata de promesas y no de acciones. La organización *Action Aid International*, la cual incluye en su agenda de trabajo la temática del clima, señala que “los países ricos y las empresas son en gran parte responsables del cambio climático. Pero las personas que viven en la pobreza, que poco han hecho para causar el problema climático, son las más afectadas por sus efectos” (Action Aid, 2020). El objetivo de 2° C “[...] que supuestamente representa el límite seguro del cambio climático, ha sido siempre una elección netamente política que tiene más que ver con minimizar los trastornos económicos en el sistema actual que con proteger al mayor número posible de personas” (Klein, 2015).

Aunado a lo anterior, bajo el Sistema de las Naciones Unidas se sigue teniendo un discurso predominante sobre “el cambio climático”, sin que dicha problemática sea abordada desde una perspectiva de mayor urgencia y relevancia, como lo sería escalar la problemática a su condición de crisis. En ese sentido, la activista sueca Greta Thunberg, impulsora del movimiento global *Friday's for future*, ha señalado que “tenemos que tratar la crisis como lo que es: una crisis”,⁴⁷ refiriéndose a la crisis climática. No obstante, a lo largo de la historia de las COPs, el concepto de cambio climático no ha escalado al de crisis climática

⁴⁵ Véase el sitio: <https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/12/151214_critica_acuerdo_cambio_climatico_gtg>.

⁴⁶ Véase el sitio: <<https://www.theguardian.com/environment/2015/dec/12/james-hansen-climate-change-paris-talks-fraud>>.

⁴⁷ Véase el sitio: <<https://www.forbes.com.mx/mundo-greta-thunberg-llama-a-nueva-protesta-global-por-el-clima-el-proximo-viernes/>>.

de forma contundente, lo que sí ha escalado son los efectos negativos de esta problemática, sobre todo en países en vías de desarrollo, tal es el caso de Kiribati, un Estado conformado por 33 islas en el Pacífico, o las Islas Salomón, también en el Pacífico, las cuales se ven amenazadas por el constante aumento en el nivel del mar, que se presume que es provocado por la crisis climática y que amenaza con desaparecer sus territorios y provocar el desplazamiento de sus habitantes.

Finalmente, las discusiones globales sobre la crisis climática en el marco de la CMNUCC y sus COPs, han tenido una evolución que parecería estar desfazada de las pruebas y los estudios científicos que dan cuenta de la urgencia de la problemática, al no plasmar en los acuerdos logrados metas que sean lo suficientemente ambiciosas para lograr una verdadera reducción de emisiones de GEI y metas de adaptación a los efectos adversos de la crisis climática; además, el papel que han desempeñado los gobiernos de algunos países en desestimar la gravedad de la problemática, constituye un obstáculo para hacerle frente, tal es el caso de los Estados Unidos, país que decidió en noviembre de 2019 anunciar formalmente su retiro del Acuerdo de París, aludiendo al artículo 28 de dicho acuerdo. Acontecimientos como este dan cuenta de la necesidad de que exista voluntad política por cooperar y continuar no solo con las discusiones, sino con las acciones que no desestimen los alcances y dimensiones que plantea la crisis climática y para ello, los países miembros de la Convención tienen el gran reto y responsabilidad de continuar su labor en las COPs basándose en la mejor evidencia científica disponible e implementar las acciones, tanto de mitigación como de adaptación en sus respectivos territorios.

Al analizar la inclusión de la tecnología y la transferencia tecnológica de, valga la redundancia, tecnologías con enfoque en adaptación al cambio climático, en la misma evolución de las discusiones internacionales en el contexto de la CMNUCC y sus COPs, queda claro que la tecnología forma parte intrínseca de los objetivos propios de la Convención, así como también lo hace la transferencia tecnológica. No obstante, dichas temáticas han tenido un desarrollo distinto al de

los mecanismos de mitigación, en gran medida debido a la idea de que la crisis climática se ha manejado como una problemática a futuro. Al Gore, en su libro de 1992 *Earth in the balance*, describe a la adaptación como “una especie de pereza, una fe arrogante en nuestra capacidad de reaccionar a tiempo para salvarnos el pellejo”.⁴⁸ No obstante, la adaptación a la crisis climática y la tecnología destinada a este fin, son temáticas que han sido discutidas en el marco de las COPs, sin embargo su relevancia sigue siendo relegada ante la emergencia que representa la crisis climática y ante la posibilidad de que en un futuro cercano ya no sea posible adaptarnos a los efectos adversos de la crisis climática.

Además, se puede observar que, tras el establecimiento de la CMNUCC, el esfuerzo de los países se centró en comprender los problemas de la tecnología climática, no sin dificultades al momento de conceptualizar tanto a las tecnologías como a su transferencia, tanto para mitigación como para adaptación; en esta etapa, el trabajo de la OMM y del IPCC fue fundamental para indagar sobre la información disponible sobre el tema. “De 1997 a 2001, sobre la base de dicho trabajo inicial, los países intensificaron sus esfuerzos al participar en un proceso consultivo sobre el desarrollo y la transferencia de tecnología climática. Los talleres regionales en Asia y el Pacífico, África y América Latina y el Caribe exploraron una amplia gama de temas relacionados con el tema a nivel nacional, regional e internacional” (CMNUCC, 2016).

El impulso hasta la conformación de un Mecanismo Tecnológico bajo la Convención, tuvo que recorrer un largo camino de discusiones y reuniones en el marco de las COPs, para lograr que los países desarrollados promovieran y tomaran las medidas necesarias para cooperar con los países en desarrollo, esto partiendo del principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas y tomando en cuenta que la crisis del cambio climático presenta afectaciones asimétricas entre países del Norte y Sur global.

⁴⁸ Véase el sitio: <<https://www.nytimes.com/2018/09/21/climate/climate-change-adaptation.html?searchResultPosition=1>>.

El Mecanismo Tecnológico (MT) de la Convención fue un logro en sí mismo que respondió a la necesidad de fortalecer uno de los pilares de la Convención misma: la *tecnología*. Como se señaló en el Cuadro 2.9., en el año 2010, la Conferencia de las Partes estableció su Mecanismo Tecnológico, el cual consta de: el Comité Ejecutivo de Tecnología (TEC, por sus siglas en inglés) y el Centro y Red de Tecnología Climática (CTCN, por sus siglas en inglés), las cuales consisten en lo siguiente:

El *Comité Ejecutivo de Tecnología (TEC)* es el órgano político que analiza problemas y emite recomendaciones para mejorar la *transferencia tecnológica climática*. Se conforma por 20 expertos en tecnología que representan tanto a países desarrollados como en desarrollo. Lleva a cabo distintas reuniones durante el año en las que aborda cuestiones clave de la política tecnológica.⁴⁹ Actualmente, se centra en las siguientes áreas prioritarias (véase Cuadro 2.10.):

Cuadro 2.10. Áreas prioritarias del TEC

| |
|--|
| a) Tecnologías para Adaptación; |
| b) Entornos Apropriados y Barreras; |
| c) Financiamiento de Tecnología Climática; |
| d) Asuntos Emergentes y Transversales; |
| e) Innovación e Investigación Tecnológica, Desarrollo y Demostración (RD&D); |
| f) Tecnologías para Mitigación; y, |
| g) Evaluaciones de Necesidades Tecnológicas (TNA, por sus siglas en inglés). |

Fuente: elaboración y traducción propia a partir de UNFCCC, 2020.

⁴⁹ Véase el sitio: <<https://unfccc.int/ttclear/tec>>.

Por otra parte, el *Centro y Red de Tecnología Climática (CTCN)*⁵⁰ es el órgano de implementación del Mecanismo Tecnológico y es el que acelera el desarrollo y transferencia de tecnología a través de tres servicios (véase Cuadro 2.11.):

Cuadro 2.11. Servicios del CTCN

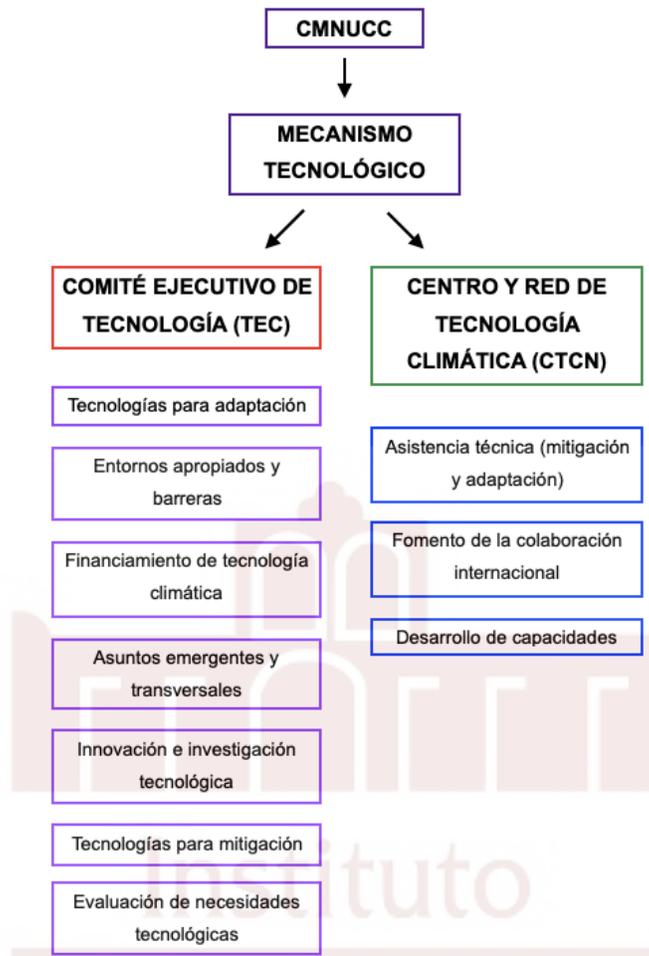
| |
|--|
| a) Proporciona asistencia técnica en cuestiones tecnológicas, a solicitud de los países en desarrollo que así lo soliciten. |
| b) Crea acceso a la información y el conocimiento sobre tecnologías climáticas. |
| c) Fomentando la colaboración entre actores de la tecnología climática por medio de su red de expertos regionales y sectoriales. |

Fuente: elaboración y traducción propia a partir de CTCN, 2020.

El TEC y el CTCN tienen funciones complementarias y brindan apoyo a países en desarrollo y a sus esfuerzos para abordar tanto la parte política como los aspectos de implementación del desarrollo y transferencia de tecnología climática. Ambos representan los instrumentos por los cuales se llevan a cabo las acciones de mitigación y adaptación en relación a la tecnología y su transferencia desde el RICC y son un claro ejemplo de la operacionalización de dicho régimen. A modo de síntesis, a continuación se presenta (véase Figura 2.4.) un esquema de los componentes del Mecanismo Tecnológico de la CMNUCC.

⁵⁰ Véase el sitio: < <https://www.ctc-n.org> >.

Figura 2.4. Mecanismo Tecnológico de la CMNUCC



Fuente: elaboración propia a partir de UNFCCC, 2020 y CTCN, 2020.

En el tercer capítulo se abordará una de las áreas prioritarias del TEC, la evaluación de necesidades tecnológicas como parte de las iniciativas, en el marco del RICC, a través de la CMNUCC, para atender la problemática de la crisis climática por medio de la transferencia de tecnologías para la adaptación en sectores específicos. En el siguiente apartado se hará un análisis del rol que ha jugado la tecnología en el mejoramiento de las condiciones medioambientales y en el abordaje de la problemática del clima, así como su papel en el deterioro medioambiental y su contribución a la crisis climática.

2.4. Tecnología y transferencia tecnológica con enfoque en adaptación a la crisis climática: una temática con controversias

Existe una relación estrecha entre ciencia-tecnología-clima, dado que el estudio científico del clima ha permitido indagar y hacer investigaciones referentes al estado cambiante del clima, estableciendo una relación cercana en el entendimiento y la búsqueda de alternativas tecnológicas que atiendan la problemática de la crisis climática, entre muchas otras. Sin embargo, no puede dejar de señalarse la responsabilidad que han tenido, tanto la ciencia como la tecnología, en el deterioro medioambiental y su repercusión en la crisis climática, así como su papel predominante como si se tratase de la única solución para atender dicha crisis; principalmente en su papel como potenciadora o agravante, al responder a intereses corporativos, políticos o ideológicos que no consideran el cuidado del medioambiente como una prioridad. Esto principalmente debido a que la formación científica carece de la enseñanza de reconocimiento al “otro”, al reduccionismo científico y a que pocas veces se plantean las repercusiones y efectos que tendrá sobre la naturaleza las creaciones que de ellos derivan (Tamayo, 2011).

Aunado a lo anterior, la comunidad científica y las tecnologías que generan, muchas veces responden a necesidades principalmente del mercado, del sistema económico capitalista, desde una visión antropocéntrica y que responde a necesidades creadas, a comodidades vacías y una visión de corto plazo, misma que se contrapone a las necesidades reales de adaptación y a una visión a largo plazo, tal como lo propone el desarrollo sustentable; “el mayor reto que tienen los científicos en el futuro cercano, para contribuir a la construcción de la sustentabilidad, es el de trabajar juntos y al mismo nivel con los políticos, los productores, los empresarios, los maestros, las comunidades rurales y urbanas, entre otros actores y sectores sociales” (Gavito et al., 2017).

Por una parte, la tecnología es fundamental en la generación y aplicación de conocimiento científico, pero también se subraya su responsabilidad y capacidad de atender la adaptación climática como un tema que debe trascender los intereses políticos y económicos para atender las necesidades reales de adaptación en los distintos contextos en los que se apliquen.

Ciertamente, los avances tecnológicos, sin haber resuelto los impactos negativos del cambio climático, han ayudado a que se tenga plena conciencia de los factores que afectan al clima del planeta (Molina et al., 2017). Sin embargo, la tecnología en sí misma no es una panacea: la efectividad de una medida de adaptación tecnológica particular depende de las circunstancias locales y nacionales, incluido el entorno biofísico y los contextos económicos, institucionales, legales y socioculturales en los que se implementa (Klein, 2011). Además, “las desigualdades que se originan en el desarrollo económico de algunos países con respecto a otros, queda patente en la necesidad por parte de los países menos desarrollados de tener acceso e importar conocimientos o, dicho en otras palabras, de acceder a la transferencia tecnológica” (Raizer, 1995).

Considerando que “el sistema climático global siempre ha enfrentado a las sociedades humanas con eventos climáticos extremos y, en muchos aspectos, el cambio climático futuro simplemente exacerbará estos eventos, alterando su escala, duración o intensidad, [...] debería ser posible adaptarse hasta cierto punto modificando o ampliando las tecnologías existentes” (CMNUCC, 2006). Sin embargo, considero que la capacidad de adaptación y reducción de vulnerabilidad de las sociedades, sobre todo de las más pobres, no queda solamente en manos de la capacidad de transferir tecnologías, puesto que éstas no siempre responden a las necesidades locales en las que se implementan, lo cual puede agravar aún más su vulnerabilidad ante los efectos adversos de la crisis climática e incluso contribuir a una *mala-adaptación*, es decir a aumentar su vulnerabilidad y riesgo ante dichos efectos adversos.

Aunado a lo anterior, considerando que “[...] incluso los más brillantes desarrollos científicos y tecnológicos no están logrando vencer el reto de frenar el deterioro ambiental, cuya magnitud y complejidad no tienen paralelo en la historia de la humanidad” (Gavito et al., 2017), y que “no hay una respuesta predefinida al problema de mejorar la transferencia de tecnología. Las interacciones y los obstáculos varían según el sector, el tipo de tecnología y el país, y recientes tendencias de los flujos financieros internacionales que determinan la transferencia de tecnología están alterando las capacidades y funciones relativas de diferentes interlocutores” (IPCC, 2000); las tecnologías climáticas enfrentan aún en la actualidad, retos importantes que requieren de análisis profundos que, en el contexto de la crisis del cambio climático, acentúan la urgencia de un enfoque tecnológico que sea capaz de trasgredir dichas barreras.

Aunado a los retos que enfrenta la tecnología, mencionados anteriormente, los autores Cannatelli, Masi y Molteni (2012) y Olsson y Galaz (2012), hacen el siguiente señalamiento respecto a la tecnología a modo general:

La tecnología llega a la sociedad mediante su comercialización por empresas que desarrollan patentes para proteger su propiedad intelectual. Este modelo lineal de innovación tecnológica ha sido fuertemente cuestionado ya que, por un lado, muchas tecnologías e innovaciones son altamente contaminantes, generan riesgos sanitarios, erosionan la diversidad biológica y cultural, agotan los recursos naturales y, en consecuencia, no conservan los recursos, no mejoran la calidad de vida, ni son sustentables (Cannatelli, Masi y Molteni, 2012 y Olsson y Galaz, 2012).

Es importante recalcar que existe una visión antropocéntrica predominante que separa al ser humano de la naturaleza, y que “este antropocentrismo, que ya existía en varias sociedades precapitalistas, se ha multiplicado exponencialmente con la revolución industrial y el desarrollo tecnológico” (Solón, 2017). Aunado a esto, “en los discursos reinantes del Norte global no se cuestionan los patrones de producción y consumo existentes, más bien se ha tratado de sostenerlos [...]. No se ha dejado de pensar que el planeta es un reservorio de bienes materiales

inagotables ni se asimila plenamente que el mundo tiene límites biofísicos que ya están siendo sobrepasados” (Vallejo, 2018).

Esta misma visión, enmarcada en el contexto del sistema económico capitalista, ha permeado en muchas áreas del quehacer de las sociedades, entre ellas, la tecnología. Un ejemplo muy claro de esto es la *geoingeniería*, entendida a modo general como: “el conjunto de tecnologías que permiten manipular el clima y que cumplen con al menos dos características fundamentales: deben ser intencionales y tener un impacto global o de gran escala” (Schelling, 1996; Keith, 2001; Bala, 2009).

El IPCC señala que existen dos enfoques principales considerados como geoingeniería: la modificación de la radiación solar (SRM, por sus siglas en inglés) y la eliminación del dióxido de carbono (CDR). La modificación de la radiación solar (SRM) se refiere a “la modificación intencional del balance radiativo de onda corta de la Tierra con el objetivo de reducir el calentamiento. La inyección artificial de aerosoles estratosféricos, el brillo de las nubes marinas y la modificación del albedo de la superficie terrestre son ejemplos de métodos de SRM propuestos” (IPCC, 2018). La eliminación del dióxido de carbono (CDR) se refiere a “actividades antropogénicas que eliminan el CO₂ de la atmósfera y lo almacenan de forma duradera en depósitos geológicos, terrestres u oceánicos, o en productos” (IPCC, 2018). Este enfoque se vuelca hacia las medidas de mitigación de los efectos adversos de la crisis climática, en cambio, la modificación de la radiación solar, que también se conoce como gestión de la radiación solar o mejora del albedo, no se considera dentro de las medidas de adaptación o mitigación, sin embargo, ambos enfoques plantean la necesidad de abordar sus posibles implicaciones, tanto sociales como ambientales, políticas, legales e inclusive éticas, así como su viabilidad económica, los riesgos y la incertidumbre que podrían representar.

Si bien el propósito de las tecnologías consideradas como geoingenierías de reducir los niveles de CO₂ en la atmósfera, como es el caso de la Fundación para la Restauración del Clima (F4CR, por sus siglas en inglés), con sede en los Estados Unidos y cuyo objetivo es “revertir el daño catastrófico del cambio climático”,⁵¹ es loable, tal hazaña requeriría “la implementación a gran escala de tecnologías, ya sean naturales o artificiales, para eliminar grandes cantidades de gases de la atmósfera y enfriar con ello el planeta” (Zimmer, 2020). No obstante, manipular el clima a escala global podría traer consecuencias incluso desconocidas en la actualidad, cuyos alcances generan una gran incertidumbre. Además, considero que este tipo de tecnologías apuestan por la reducción de la concentración de gases de efecto invernadero, sin abordar la raíz de la problemática climática a fondo, es decir, dejando a un lado la perspectiva social y las prácticas de producción y consumo que son las causantes de dichas emisiones en primera instancia.

A pesar de que el presente trabajo de investigación se centra en las tecnologías con enfoque en adaptación, considero que es importante señalar el ejemplo de la geoingeniería debido a que este tipo de tecnologías tienen implicaciones inciertas que podrían incluso exacerbar los desafíos para la adaptación a un clima global cambiante, pues se trata de tecnologías de alcance global, a diferencia de las tecnologías para adaptación cuyo alcance es local.

Como lo señala el Grupo Independiente de Científicos designado por el Secretario General de las Naciones Unidas, en su Informe de Desarrollo Sostenible Global 2019: El futuro es ahora: ciencia para lograr el desarrollo sostenible:

La tecnología también juega un papel central en los debates sobre la desigualdad. Por un lado, las desigualdades en el acceso a la tecnología o en la capacidad para trabajar con ella amenazan con traducirse en un conjunto más amplio de desigualdades relacionadas con el bienestar [...]. Para integrar los objetivos sociales en las políticas de ciencia,

⁵¹ Véase el sitio: <https://foundationforclimaterestoration.org/wp-content/uploads/2020/08/Climate-Restoration-Messaging-Toolkit_7.17.20.pdf>.

tecnología e innovación, sería importante considerar las situaciones y necesidades específicas de los pobres, las mujeres y otros grupos vulnerables. De lo contrario, las poblaciones empobrecidas y vulnerables pueden tener que lidiar con tecnologías inadecuadas elegidas por otros (p.37).

La complejidad de la crisis climática que se entrelaza con otras crisis tiene eco en el Norte y el Sur global y plantea la necesidad de diálogo, acuerdos, cooperación y acción conjunta, así como la búsqueda, desarrollo, implementación y transferencia de tecnologías, no obstante, es necesario replantear la relación de las sociedades globales con el entorno natural y que esto se traduzca en un verdadero cambio de paradigma y transformación social de los patrones de producción y consumo que alimentan el sistema económico capitalista. De igual forma, la aplicación de tecnologías deben responder no solo a la adaptación de la humanidad a escenarios de un clima global cambiante, sino a la recuperación de los ecosistemas y contribuir a que éstos sean capaces de cumplir su papel como la primera línea de defensa contra los efectos adversos de la crisis climática. Reducir las emisiones de GEI mediante las labores de mitigación no es suficiente, ni garantiza que al reducirse las condiciones mejoren, mucho menos si solo se busca reducir y seguir en la misma dinámica de mercado. El cambio debe ser profundo, y sobre todo ese cambio debe producirse desde las sociedades, modificando sus patrones de producción y de consumo. A dicho cambio la tecnología debe responder a las necesidades reales tanto de adaptación como de mitigación y ser parte de las soluciones, más no la única solución.

Finalmente, “las características socioeconómicas y tecnológicas de las diferentes vías de desarrollo determinarán en gran medida las emisiones de GEI, la velocidad y magnitud del cambio climático, sus impactos, la capacidad para adaptarse y la capacidad para mitigar sus consecuencias” (IPCC, 2001), por lo que es necesario incluir todas las voces, perspectivas, del Norte y del Sur global, así como saberes tradicionales y contribuciones que provengan de distintos contextos, manteniendo una visión holística de la crisis del cambio climático, sin olvidar que se trata de una crisis sistémica y, por lo tanto, debe considerar cada

posibilidad de hacer frente al reto que representa, no solo para la humanidad, sino para el Sistema Tierra.

2.5. Conclusiones del segundo capítulo

La tecnología, y especialmente las tecnologías climáticas, son necesarias para conseguir los objetivos que establece la CMNUCC, para ello, su desarrollo, transferencia y aplicación debe procurarse, no solo de forma extendida, sino también de forma rápida si queremos atender las necesidades de reducción de nuestra vulnerabilidad ante los efectos adversos de la crisis climática, así como las necesidades de mitigación y adaptación. En cuanto a las tecnologías con enfoque en adaptación, es necesario acelerar el proceso de innovación e implementación, sin dejar de lado el hecho de que se trata de tecnologías que principalmente responden a contextos locales específicos que, por una parte propician su éxito al estar focalizadas, y por otra, dificultan su replicación en contextos diferentes y a mayor escala.

Bajo el Régimen Internacional del Cambio Climático, la CMNUCC ha adoptado un discurso en torno a la tecnología como un pilar fundamental para el logro de sus objetivos, sin embargo, las Partes que conforman el Convenio, es decir, los Estados, tienen distintas capacidades, visiones y objetivos en torno a la tecnología. Esto se ve reflejado en que son los Estados desarrollados quienes se ven comprometidos a impulsar la transferencia tecnológica, mientras que los Estados en desarrollo se convierten en receptores de la tecnología. Esto genera una dinámica lineal en la que los países en desarrollo continúan siendo receptores, bajo una serie de condiciones que los hagan candidatos viables para la transferencia de tecnologías, lo cual, desde mi perspectiva, deja de lado el impulso a la investigación y el desarrollo de tecnologías por y para los países en desarrollo, pues finalmente se trata de cubrir las necesidades tecnológicas locales de adaptación.

Esta dinámica, que también se acopla a un discurso vertical de Norte a Sur, presenta dos características: a) los países desarrollados, o países del Norte global, son quienes desarrollan y realizan innovaciones en torno a las tecnologías climáticas, mismas que responden a sus propias necesidades e intereses y, al momento de transferir esas tecnologías a países en desarrollo o del Sur global, se encuentran descontextualizadas, es decir, no responden a sus necesidades puesto que no fueron diseñadas con ese propósito (a pesar de responder a la necesidad compartida de atender la crisis climática) y, b) la transferencia tecnológica requiere, por parte de los países en desarrollo, de ciertas capacidades que les permitan ser receptores de dichas tecnologías, tales como infraestructura, recursos financieros, capacidades técnicas y de gestión, institucionales, así como de instrumentos de política pública para dicho fin.

Por otra parte, la promoción de la tecnología como parte de las soluciones ante el cambio climático también debe considerar al factor de incertidumbre como un elemento importante, y más al tratarse de las tecnologías con enfoque en adaptación, es decir, que deben desarrollarse tecnologías con visión a largo plazo, en base a la mejor información y bases científicas disponibles, que sean ecológicamente racionales y que a la vez estén en sintonía con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y con sus posibles sucesores.

Resulta interesante, a la vez que preocupante, que, tras la creación de la CMNUCC en 1992, tuvieron que pasar 18 años para que se estableciera su Mecanismo Tecnológico en 2010; sobre todo cuando, las COPs, una tras otra, reiteran su compromiso de acelerar las acciones de mitigación y adaptación al cambio climático, al menos en el discurso y en el seno de cada reunión anual. La acción climática debe trascender el discurso para convertirse en verdaderas acciones. La tecnología y la transferencia tecnológica no son soluciones al cambio climático por sí solas, sin embargo, sí constituyen una parte esencial en el enfrentamiento de la crisis climática, es por que ello que, la cooperación internacional en este rubro también debe refozarse y ser, no solo en el discurso,

una serie de acciones que fomenten el desarrollo sustentable y que, al igual que la adaptación, sean capaces de tener una visión a largo plazo.

Como se planteó al final de este capítulo, la tecnología no queda exenta de controversias. Las discusiones alrededor del papel de la tecnología en las labores de mitigación y adaptación a la crisis climática han tenido un mayor auge y difusión, con temáticas como el uso de geoingeniería para reducir y capturar las emisiones de GEI, mismas que plantean distintas posturas tanto a favor como en contra, pues se trata de manipular el clima, desconociendo los efectos que pueden derivar de estas prácticas. En el caso específico de la tecnología enfocada a atender las necesidades de adaptación a la crisis climática, nos debemos plantear para qué se destinará el desarrollo de dichas tecnologías, en beneficio de quién y los aspectos positivos y negativos que de ellas deriven para discutir su viabilidad, transferencia, replicación, adopción, y regulación, siempre tomando en consideración que su enfoque debe contribuir tanto a un beneficio social como ambiental y a que éstas contribuyan realmente a adaptarnos a los efectos adversos del cambio climático.

Alternativas tecnológicas como la geoingeniería plantean la necesidad de incluir en las discusiones las implicaciones éticas que derivan de la manipulación del clima global. Conforme los efectos adversos de la crisis climática se vuelven más duros y visibles, ¿estaremos dispuestos como humanidad a correr riesgos tecnológicos mayores como lo plantea la geoingeniería?

Capítulo 3. Transferencia de tecnología para la adaptación a la crisis climática: el caso del proyecto Technology Needs Assessment del UNEP-DTU Partnership (UDP)

Las estrategias de adaptación a la crisis del cambio climático, como ya se ha señalado en los capítulos anteriores, se vuelcan hacia las medidas de reducción de la vulnerabilidad ante sus efectos adversos esperados (ya sean presentes o a futuro), y la tecnología forma parte fundamental de las condiciones necesarias para determinar la capacidad de adaptación a los efectos negativos de la crisis climática; en los últimos años, la adaptación ha tomado un papel cada vez más relevante en la discusión global, ya que involucra distintas acciones que incluyen, entre otras, crear más y distintas sinergias entre actores internacionales, realizar grandes inversiones financieras en infraestructura resiliente, fortalecimiento institucional, así como identificar e implementar las tecnologías adecuadas que sirvan "[...] para reducir la vulnerabilidad o fortalecer la resiliencia, de un sistema natural o humano a los impactos del cambio climático" (CMNUCC, 2010).

En este sentido, la transferencia de tecnologías con enfoque en adaptación resulta una tarea necesaria, sin embargo, se requiere que dicha transferencia responda a las necesidades reales de adaptación a nivel local y que sea solicitada y adoptada por las comunidades en que es implementada, esto en el marco de la CMNUCC como se analizó en el capítulo anterior; no obstante, existen dificultades que la transferencia de tecnologías debe afrontar, sobre todo si se quiere tener un efecto positivo en la adopción de ciertas tecnologías.

El objetivo principal de este capítulo es identificar y analizar los aspectos clave y los retos a los que se enfrenta la transferencia de tecnologías enfocadas a la adaptación a la crisis climática en el marco del proyecto *Technology Needs Assessment* (TNA, por sus siglas en inglés), o Evaluación de Necesidades Tecnológicas (ENT), que forma parte de las prioridades del Comité Ejecutivo de Tecnología del Mecanismo Tecnológico de la CMNUCC y así contribuir a explicar

el fenómeno de la transferencia tecnológica. Con esta finalidad, el presente capítulo se dividirá en tres apartados.

En primer lugar se hará una descripción de la asociación entre el PNUMA y la Universidad Técnica de Dinamarca (UNEP-DTU Partnership), así como de los componentes principales y las características del proyecto TNA; en el segundo apartado se presentará la sistematización y análisis del proyecto TNA, a través de los resultados obtenidos mediante las herramientas de investigación empleadas para el presente trabajo, esto con el objetivo de identificar aquellos retos y aspectos clave para la transferencia tecnológica en adaptación; en el tercer apartado se presentarán las consideraciones finales y una discusión de los resultados obtenidos, y finalmente se presentarán las conclusiones finales de la tesis.

3.1. Estudio de caso: el proyecto Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA) del UNEP-DTU Partnership (UDP)

Como se ha planteado en los capítulos anteriores, la crisis climática representa una de las problemáticas ambientales más importantes del siglo XXI a escala global, tanto para la especie humana como para otras especies y los ecosistemas del planeta. Considerando que los impactos y las consecuencias de la crisis climática tienen el potencial de retroceder los logros alcanzados en el desarrollo de las naciones (especialmente en aquellas en desarrollo), se hace evidente que existen vínculos entre el desarrollo y la adaptación a la crisis climática, así como en los objetivos que persigue la cooperación internacional y la necesidad de implementar aquellas alternativas que contribuyan al abordaje de esta problemática global, entre ellas, la tecnología.

El uso de la tecnología para afrontar los retos que plantea dicha problemática es indispensable, no obstante, los países menos desarrollados se encuentran ante un reto mayor, no solo por considerarse más vulnerables a los

efectos adversos de la crisis climática, sino porque requieren de acceso a las tecnologías que les permitan afrontar sus necesidades de mitigación y adaptación. En este sentido, la transferencia tecnológica juega un papel muy importante para establecer mecanismos de cooperación entre aquellos países que desarrollan las tecnologías climáticas y aquellos que no tienen acceso a ellas.

Derivado de la identificación de esta problemática, es que surge el interés de analizar al proyecto TNA como caso de estudio, para identificar los elementos clave que han servido para atender la necesidad de adaptación a la crisis climática mediante la transferencia de tecnologías a países en desarrollo, así como identificar los retos a los que se enfrenta, a fin de que esto contribuya a la comprensión, el análisis y a generar un mayor entendimiento sobre los procesos que permiten la transferencia de tecnologías enfocadas a la adaptación a la crisis climática.

En este sentido, en los siguientes apartados se abordará el objeto de estudio, que es el proyecto de Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA). Para ello, el estudio de caso se dividirá en dos apartados. El primer apartado ofrece una descripción de la asociación entre el PNUMA y la Universidad Técnica de Dinamarca, que es la institución a cargo de ejecutar el proyecto TNA. En el segundo apartado se abordarán los tres elementos que conforman el proceso de evaluación de necesidades tecnológicas y los resultados concretos que derivan de ellos.

3.1.1. El UNEP-DTU Partnership (UDP)

El UNEP-DTU Partnership (en adelante UDP, por sus siglas en inglés) es una institución internacional enfocada en la investigación y el asesoramiento sobre temas de energía, clima y desarrollo sostenible, principalmente hacia países en desarrollo, esto en concordancia con el logro de los objetivos que establece el Acuerdo de París y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU,

particularmente los objetivos 7 (garantizar el acceso a una energía asequible, fiable y sostenible), 13 (adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático) y 17 (fortalecer los medios de implementación y revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible) (ONU, 2018).

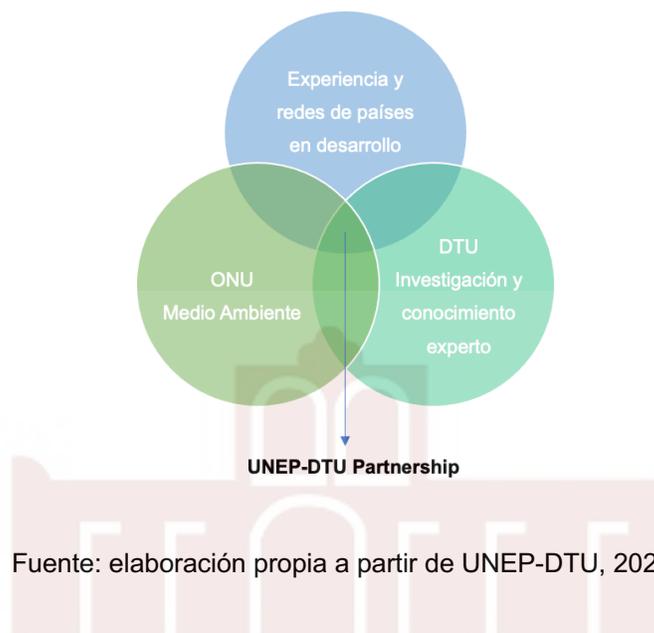
El UDP realiza sus labores desde las oficinas de la “Ciudad de las Naciones Unidas” en Copenhague, Dinamarca, junto con otras organizaciones pertenecientes al sistema de las Naciones Unidas. En total, residen 11 agencias de la ONU en el edificio de la Ciudad de las Naciones Unidas y este “respalda los esfuerzos de [...] un sistema de las Naciones Unidas más coordinado, eficiente y colaborativo. Reunir a las organizaciones en el mismo edificio no solo les ahorra dinero a las organizaciones en costos de administración y funcionamiento, sino que también facilita y mejora el aprendizaje y la cooperación entre organizaciones” (ONU, 2020b).

El UDP es “un centro colaborador del PNUMA que opera bajo un acuerdo tripartito entre el Ministerio de Relaciones Exteriores de Dinamarca, el PNUMA y la Universidad Técnica de Dinamarca (DTU), y es una institución líder internacional en investigación y asesoría sobre clima, energía y desarrollo sostenible” (CTCN, 2020). El trabajo del UDP se enfoca en ayudar a los países a hacer la transición hacia caminos de desarrollo bajos en emisiones de carbono, y apoya la integración de la resiliencia climática en las estrategias de desarrollo nacional, esto a través de investigaciones en profundidad, análisis de políticas públicas y actividades para el desarrollo de capacidades (UNEP-DTU, 2020).

El UDP también se caracteriza por sustentarse en una base única de conocimiento científico y operativo y una red institucional global (véase Figura 3.1.). Esta característica es relevante, ya que emplea a 70 investigadores de 26 nacionalidades diferentes, constituyendo relaciones de trabajo multidisciplinario en el que además se establecen dinámicas de colaboración con otras agencias del

sistema de Naciones Unidas que laboran desde el mismo edificio en la “Ciudad de las Naciones Unidas”.

Figura 3.1. Posición del UNEP-DTU Partnership



Fuente: elaboración propia a partir de UNEP-DTU, 2020.

El UDP se estableció en 1990. Como centro colaborador del medio ambiente de las Naciones Unidas, el UDP participa activamente en la implementación de la Estrategia de Cambio Climático y el Programa de Energía de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Destaca, para fines del presente trabajo de investigación, el trabajo que realiza en materia de transferencia de tecnologías con enfoque en adaptación como una medida de colaboración con países en desarrollo que presentan mayor vulnerabilidad ante los efectos adversos que plantea la crisis climática.

Como parte de la Universidad Técnica de Dinamarca, el UDP aprovecha una amplia gama de experiencia científica y colabora con socios científicos líderes en el mundo para llevar a cabo las investigaciones que sirven de base para sus actividades. Además, el UDP combina esto con la experiencia y la red de los países en desarrollo. Las áreas de enfoque del UDP se centran en: a) planificación y política climática, b) modelos de negocio y mercados, y, c) transparencia y

responsabilidad climática. A continuación, (véase Cuadro 3.1.) se describe brevemente en qué consisten dichas áreas.

Cuadro 3.1. Áreas de enfoque del trabajo del UDP

| Planificación y política climática | Modelos de negocio y mercados | Transparencia y responsabilidad climática |
|---|--|--|
| <p>Brinda apoyo en la toma de decisiones y asistencia técnica para integrar las prioridades de mitigación y adaptación en los procesos nacionales de desarrollo. Su objetivo es que los países desarrollen e implementen acciones climáticas tangibles y medibles como parte integral de la planificación y las políticas nacionales de desarrollo, y como resultado presenten NDCs más ambiciosas y de mayor calidad ante la CMNUCC. Dentro de esta área se encuentra el <i>proyecto TNA</i>, para la implementación acelerada de acciones tecnológicas.</p> | <p>Se enfoca en apoyar a los gobiernos nacionales y subnacionales en los países en desarrollo y las economías emergentes para acelerar la implementación de la acción climática. Su objetivo es que los mercados y modelos de negocio que funcionan bien se establezcan y apliquen para promover aún más la difusión y la adopción de tecnologías y prácticas limpias y resistentes al clima, basadas en la innovación y la producción local cuando sea posible.</p> | <p>Responde directamente al artículo 13 del Acuerdo de París y su objetivo principal es que los países y los actores no estatales establezcan sistemas de transparencia que faciliten la presentación de informes y la documentación de los resultados e impactos de las NDCs y otras acciones. Esto para facilitar una mayor confianza entre los actores y crear las bases para una mayor ambición (en las acciones).</p> |

Fuente: elaboración propia a partir de UNEP-DTU, 2019.

En el 2001, como resultado de la COP 7, a través de la Decisión 4/CP.7, las Partes en la CMNUCC decidieron adoptar el marco para acciones significativas y efectivas para mejorar la implementación del Artículo 4, párrafo 5 de la Convención, que tiene como propósito facilitar la transferencia y el acceso a las tecnologías climáticas y *know-how* por parte de los países desarrollados a los países en desarrollo (Nygaard y Hansen, 2015), bajo este marco, las necesidades tecnológicas y las evaluaciones de necesidades tecnológicas se definieron como: “un conjunto de actividades impulsadas por los países que identifican y determinan las prioridades tecnológicas de mitigación y adaptación de las Partes [...], involucran a diferentes partes interesadas en un proceso consultivo para identificar las barreras a la transferencia de tecnología y medidas para abordar estas

barreras a través de análisis sectoriales” (Fida, 2011). Una evaluación de necesidades tecnológicas o TNA, puede definirse, en un sentido más amplio, como:

Un conjunto de actividades participativas impulsadas por los países que conducen a la identificación, selección e implementación de tecnologías ambientalmente racionales para disminuir las emisiones de CO₂ (mitigación) y/o disminuir la vulnerabilidad al cambio climático (adaptación). Como proceso impulsado por los países, no debe llevarse a cabo de forma aislada, sino más bien integrado con otros procesos similares en curso con el objetivo de apoyar el desarrollo nacional sostenible. Las TNAs también son un proceso participativo y, por lo tanto, es fundamental involucrar a todas las partes interesadas pertinentes, en el supuesto de que es más probable que cualquier tecnología determinada sea comprendida, aceptada, apoyada e implementada en todos los niveles pertinentes, es decir, desde los ministerios gubernamentales hasta los agricultores u hogares, si todas las partes interesadas están involucradas en toda la evaluación (Haselip, Narkeviciute y Rogat, 2015, p. 4-5).

En síntesis, la evaluación de necesidades de tecnología “[...] es una oportunidad para que los países identifiquen sus necesidades cambiantes de equipos, técnicas, conocimientos prácticos y habilidades necesarias para mitigar [...] y adaptarse a los impactos adversos del cambio climático” (Christiansen, Ray, Smith y Haites, 2012). Se utiliza para examinar la contribución que las diferentes tecnologías pueden hacer a los objetivos nacionales de mitigación y adaptación y para priorizar estas tecnologías en función de las prioridades y planes nacionales de desarrollo de cada Estado-nación (*Ibid.*). De acuerdo con el UNEP-DTU (2020), “comprender las necesidades tecnológicas es el punto de partida para una acción efectiva sobre el cambio climático. Antes de invertir en tecnologías que reducen las emisiones de GEI y aporten a la adaptación a los impactos del cambio climático, es esencial evaluar y analizar las necesidades específicas de un país”, esto, tomando en cuenta el contexto, capacidades y las circunstancias en que se requiere implementar dichas tecnologías.

Las evaluaciones de necesidades tecnológicas están diseñadas para hacer precisamente este tipo de análisis en profundidad y para fortalecer la capacidad de los países para analizar y priorizar las tecnologías climáticas, guiando a los países hacia la implementación del Acuerdo de París de la CMNUCC, en donde las TNA son mencionadas directamente.⁵²

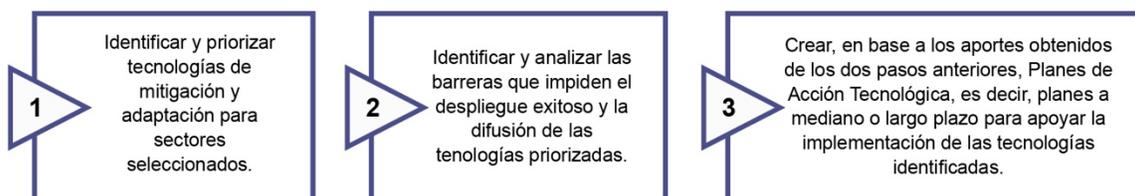
A través del proyecto TNA, el PNUMA, junto con el UDP, ayuda a los países en desarrollo a determinar sus prioridades tecnológicas para mitigar y adaptarse al cambio climático. El proyecto está financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) y se implementa en estrecha colaboración con el Mecanismo Tecnológico de la CMNUCC, que es el Comité Ejecutivo de Tecnología y el Centro y Red de Tecnología del Clima. Este proyecto nace de la necesidad de responder a la pregunta: ¿qué tipo de tecnologías se adaptan mejor a la situación específica de cambio climático de un país? (UNEP-DTU, 2018) y se caracteriza por seguir un enfoque “impulsado por el país”, que consiste en designar una institución nacional que toma la iniciativa, involucrando a una amplia gama de partes interesadas en el proceso. Trabaja con centros regionales de excelencia en mitigación y adaptación en cada una de las regiones (América Latina y el Caribe, África, Europa del Este y Asia), los cuales son fundamentales para proporcionar apoyo técnico a los equipos nacionales de TNA. El proyecto ofrece apoyo a los países participantes en forma de: a) talleres nacionales, regionales y mundiales de creación de capacidades, b) misiones de apoyo técnico y, c) apoyo técnico a través de medios electrónicos (UNEP-DTU, 2020).

La metodología con la que se rige la labor del proyecto TNA es un “proceso maduro” que ha evolucionado durante los más de 15 años que se ha utilizado en los países en desarrollo. Gracias a la información que proporcionan sobre el potencial, la capacidad y la escala de las tecnologías de cambio climático, las TNA pueden desempeñar un papel único en la implementación de las NDCs. El proceso de la evaluación de necesidades tecnológicas (TNA) se organiza en torno

⁵² Decisión 1/CP.21. párrafo 67. Véase el sitio: < <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/10a01.pdf>>.

a tres actividades principales (véase la Figura 3.2.), las cuales siguen un orden o pasos progresivos.

Figura 3.2. Actividades principales en el proceso de Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA)



Fuente: elaboración propia a partir de UNEP-DTU, 2019.

Para iniciar el proceso de TNA, primero se debe seguir una serie de etapas de preparación por parte de los países, tal como se muestra en el Cuadro 3.2., a continuación:

Cuadro 3.2. Etapas clave de preparación al proceso de TNA

| Etapas de preparación | Responsables |
|---|---|
| Estructura institucional: se debe conformar un equipo nacional a cargo del proceso del proyecto TNA. ⁵³ | Coordinador de TNA, Ministerio firmante |
| Priorización sectorial: acordar los sectores prioritarios en los que se enfocará el proceso de TNA. ⁵⁴ | Equipo TNA |
| Plan de trabajo: preparar un plan de consulta y participación, redactar un plan de trabajo detallado. | Coordinador TNA |
| Selección de consultores: seleccionar consultores capacitados y con el conocimiento requerido. | Coordinador TNA |
| Plan de participación de las partes interesadas: identificar y seleccionar a las partes interesadas. | Coordinador TNA, Consultor |

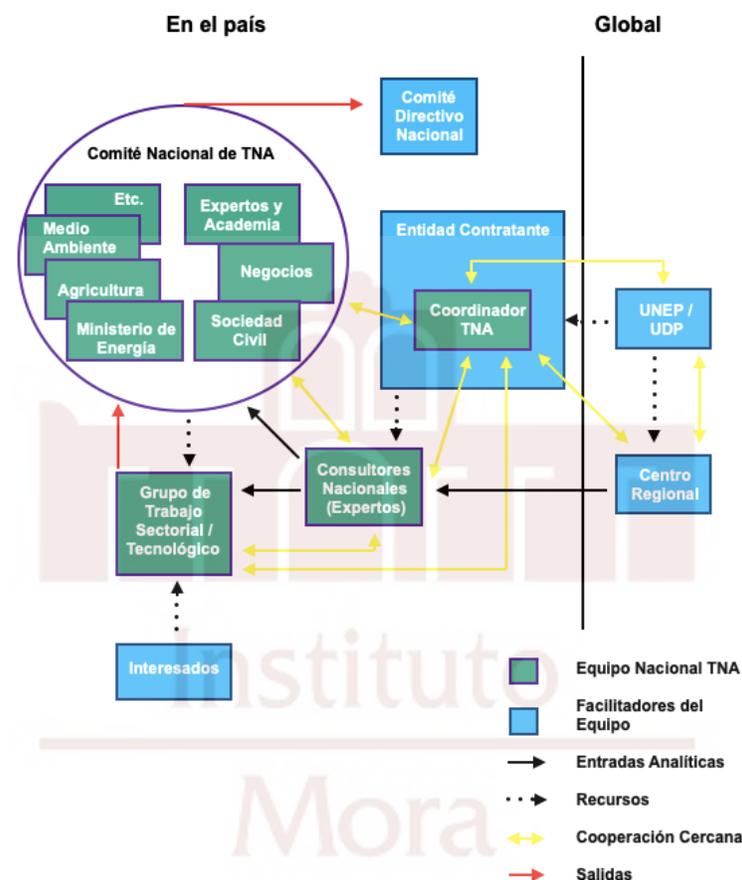
Fuente: elaboración y traducción propia a partir de Haselip et al., 2015 y UNEP-DTU, 2018.

⁵³ Una institución nacional designada, puede ser, por ejemplo, el Ministerio de Medio Ambiente o la Oficina del Primer Ministro, quien asume el liderazgo e involucra a una amplia gama de partes interesadas en el proceso.

⁵⁴ Algunos criterios para priorizar los sectores estratégicos son: a) vulnerabilidad ante el cambio climático; b) capacidad de adaptación; c) prioridad nacional; d) importancia socioeconómica y; e) grado en el que se pueden infligir cambios (Haselip et al., 2015).

La estructura organizacional para un proceso de evaluación de necesidades tecnológicas (TNA) se lleva a cabo a nivel del país receptor y, en menor medida a nivel global, tal como se muestra en la Figura 3.3., a continuación:

Figura 3.3. Estructura organizacional para un proceso de TNA



Fuente: elaboración y traducción propia a partir de Dhar, Painuly, Nygaard y Rogat, 2014; Haselip et al., 2015 y Rogat, 2015.

Como se muestra en la Figura 3.3., el Equipo Nacional TNA está conformado por: a) el coordinador nacional de TNA; b) el Comité Nacional de TNA; c) Consultores Nacionales y; d) Grupos de Trabajo Sectorial. A continuación se describen sus funciones (véase Cuadro 3.3.):

Cuadro 3.3. Funciones del Equipo Nacional de TNA

| | |
|------------------------------------|---|
| Coordinador Nacional de TNA | Es designado por la entidad contratante (ministerio u organismo estatal responsable de la TNA). Por lo general, es un funcionario empleado por la agencia contratante, idealmente con experiencia científica o de ingeniería, familiarizado con los problemas más amplios del cambio climático y el papel de las tecnologías en la mitigación y adaptación. Su trabajo es proporcionar el liderazgo y visión del proceso TNA, responsable de la gestión general del TNA. |
| Comité Nacional de TNA | Proporcionar liderazgo al proyecto en asociación con el coordinador de TNA. Las responsabilidades incluyen identificar las prioridades nacionales de desarrollo y los sectores prioritarios para las necesidades tecnológicas; decidir sobre la constitución de grupos de trabajo sectoriales / tecnológicos; aprobar las tecnologías y estrategias de mitigación y adaptación recomendadas por los grupos de trabajo sectoriales. Se recomienda que no tenga más de 10 miembros. |
| Consultores Nacionales | Realizar el trabajo analítico sustantivo que informa el proceso TNA / TAP. Se pueden contratar expertos nacionales en mitigación y adaptación de empresas consultoras independientes, universidades o institutos de investigación con sede en cada país. |
| Grupos de Trabajo Sectorial | Pueden establecerse sobre una base específica del sector o de la tecnología, de manera que tenga sentido para las necesidades y condiciones locales. La composición de los grupos de trabajo sectoriales incluye a representantes de los departamentos gubernamentales que tienen la responsabilidad de la formulación y / o regulación de políticas; representantes de la industria del sector público y privado; delegados de empresas eléctricas y reguladores; representantes de proveedores de tecnología, finanzas, usuarios finales de tecnología (por ejemplo, hogares, pequeñas empresas, agricultores) y expertos en tecnología (por ejemplo, de universidades, consultores, etc.). |

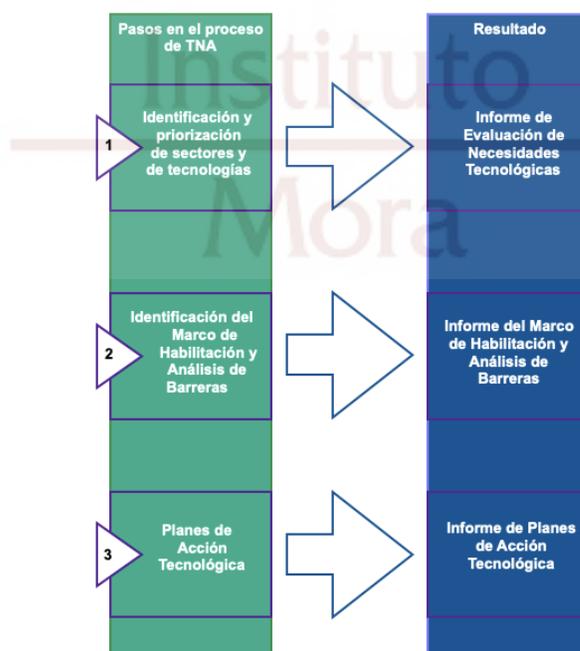
Fuente: elaboración y traducción propia a partir de Haselip et al., 2015.

El *Comité Directivo Nacional* “debe estar compuesto por miembros de todos los ministerios relevantes responsables de la formulación de políticas, además de

partes interesadas clave del sector privado. Su función es proporcionar orientación de alto nivel al equipo nacional de TNA y ayudar a asegurar la aceptación política del TAP”. Identificar e involucrar a las *partes interesadas relevantes* “es un aspecto fundamental del proceso de TNA [...]. Todo aquel que tenga un interés o se vea afectado por el proceso de TNA o por sus resultados, debe ser considerado un actor relevante” (Haselip et al., 2015). Los *Centros Regionales* son “principalmente responsables de brindar soporte técnico a los Equipos Nacionales de TNA” (Rogat, 2015) y, finalmente, el UNEP/UDP, “cumple el rol de agencia ejecutora del proyecto TNA a nivel mundial” (*Ibid.*)

Una vez establecida la estructura organizacional, el proceso de evaluación de necesidades tecnológicas debe conducir a tres resultados concretos: a) el Informe de TNA; b) el Informe del Marco de Habilitación y Análisis de Barreras (BAEF, por sus siglas en inglés) y; c) el Informe de TAP (véase Figura 3.4.):

Figura 3.4. Resultados concretos derivados del proceso de TNA



Fuente: elaboración y traducción propia a partir de Haselip et al., 2015 y UNEP-DTU, 2018.

El proyecto TNA es “un conjunto de actividades que los países en desarrollo realizan para identificar sus prioridades de tecnología climática” (CMNUCC, 2016), cuya elaboración conduce a las naciones al desarrollo de sus Planes de Acción Tecnológica (TAPs), además “recomiendan marcos propicios para la difusión de estas tecnologías y facilitan la identificación de buenos proyectos de transferencia de tecnología y sus vínculos con fuentes de financiamiento relevantes” (UNEP-DTU, 2020). En el siguiente apartado se abordará cada uno de los componentes del proceso de evaluación de necesidades tecnológicas y sus resultados concretos.

3.1.2. Los componentes del proceso de TNA y sus resultados concretos

Como se mencionó anteriormente, el proyecto TNA sigue tres pasos y objetivos que a su vez dan como resultado tres documentos o informes concretos. A continuación, se presentan los aspectos más relevantes de dichos pasos y sus resultados de forma sintetizada (véase Cuadro 3.4.) y se incluye algunos ejemplos de actores interesados en cada paso del proceso de evaluación de necesidades tecnológicas.

Cuadro 3.4. Pasos del proceso de TNA, actores interesados y sus resultados concretos

| Paso | Descripción | Ejemplos de actores interesados | Resultado concreto |
|---|--|--|---|
| 1. Identificación y priorización de sectores tecnológicos | Este es el primer paso analítico en el proceso de TNA; se propone establecer y clasificar las tecnologías más apropiadas de mitigación y adaptación, de acuerdo a las necesidades de cada país. Comienza por generar una visión integral de las tecnologías disponibles. Se evalúa normalmente | <ul style="list-style-type: none"> • Expertos en cambio climático que brindan apoyo técnico para alcanzar los objetivos en adaptación y mitigación. • Productores o proveedores de tecnología (sector privado) que brindan soporte técnico y abrirán el mercado a nuevas | Cada país debe presentar un informe en el que se detalle el proceso de priorización de tecnologías y sus resultados, denominado "Informe TNA". Este debe contener una descripción detallada de cómo se ha realizado la priorización para los sectores y subsectores que necesitan tecnologías |

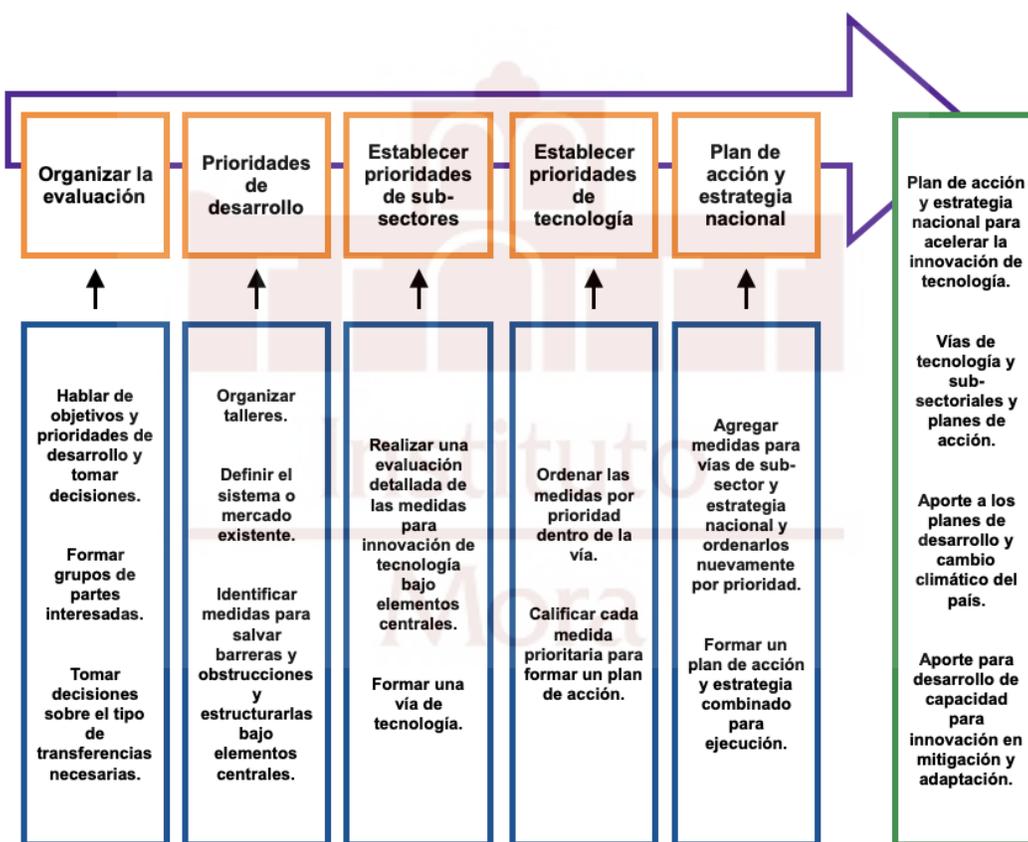
| | | | |
|--|---|--|---|
| | <p>mediante el Análisis de Decisiones de Criterios Múltiples, cuantificando el proceso de selección y determinando en qué medida cada tecnología potencial contribuye a los ODS, reduce las emisiones de GEI y/o beneficia la adaptación, a la vez que sea rentable.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Representantes gubernamentales de ministerios de sectores relacionados con la solicitud (tomadores de decisiones políticas). • ONGs que promueven objetivos tecnológicos sociales o ambientales. • Instituciones que brindan apoyo técnico tanto al gobierno como a la industria. | <p>de mitigación y adaptación, y qué metodologías se han utilizado en la elaboración de la lista de priorización.</p> |
| <p>2. Identificación del Marco de Habilitación y Análisis de Barreras</p> | <p>Tiene como objetivo identificar barreras para rastrear las razones que obstaculizan la transferencia y difusión de tecnologías. Por lo tanto, se debe realizar un estudio para determinar por qué las tecnologías identificadas en el paso 1 no están actualmente en uso (generalizado) y por qué no hay inversiones significativas. Este debe comenzar con un recorrido por documentos técnicos, políticas, impactos ambientales, capacidades institucionales, evaluaciones económicas, etc., así como el aporte de diferentes actores a través de entrevistas y talleres. Es necesario analizar la lista completa de barreras para</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Expertos en cambio climático que brindan apoyo técnico para alcanzar los objetivos en adaptación y mitigación. • Productores o proveedores de tecnología (sector privado) que brindan soporte técnico y abrirán el mercado a nuevas tecnologías. • Representantes gubernamentales de ministerios de sectores relacionados con la solicitud (tomadores de decisiones políticas). • Grupos de interés como sindicatos y medios de comunicación. • Consumidores o usuarios de la tecnología. • Instituciones que | <p>El informe del BAEF es el segundo de los tres entregables que se espera que presenten los países participantes, en el que se alienta a dedicar más recursos en su preparación y finalización, dados los requisitos analíticos. Los países tienen la oportunidad de presentar los primeros borradores completos del informe BAEF para que el personal de la UDP y los centros regionales los revise críticamente.</p> |

| | | |
|--|---|---|
| | identificar las principales que deben abordarse y las medidas a seguir para superarlas. | brindan apoyo técnico tanto al gobierno como a la industria. |
| 3. Planes de Acción Tecnológica | <p>Es necesario para acelerar la adopción de las tecnologías priorizadas para la adaptación y mitigación. La estrategia y el plan se presentan como parte integral de la estrategia nacional de cambio climático del país. También proporciona sugerencias para la implementación acelerada de tecnologías priorizadas disponibles a corto plazo.</p> <p>El tercer paso requiere, en primer lugar, aclarar las prioridades y establecer los principales objetivos para los sectores y las tecnologías. Con esto, deben identificarse medidas para desarrollar capacidades y marcos propicios. La estrategia y plan nacional también debe incluir una justificación de las medidas propuestas para el desarrollo de capacidades a nivel nacional, costos y beneficios de las inversiones tecnológicas.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Departamentos, ministerios o agencias gubernamentales. • Tomadores de decisiones, incluidos asesores del gabinete y el congreso. • ONGs que promueven objetivos tecnológicos o sociales o ambientales. • Instituciones que brindan apoyo técnico tanto al gobierno como a la industria. • Consumidores o usuarios de la tecnología. • Financiadores y donantes. • Inversores privados. • Desarrolladores de tecnología. |
| | | El paso final en el proceso de TNA es la preparación de un TAP para apoyar la implementación de las tecnologías priorizadas en la escala deseada dentro del país para lograr los beneficios climáticos y de desarrollo identificados anteriormente en el TNA. Concretamente, el TAP debe basarse en las medidas identificadas en el TNA para superar las barreras a la implementación de tecnología, y especifica cómo implementar estas medidas, incluyendo quién es responsable, cuándo y desde dónde para asegurar la financiación. Como tal, un TAP sirve como puente entre el análisis de las tecnologías priorizadas y su implementación. |

Fuente: elaboración y traducción propia a partir de Rogat, 2015; y Haselip, Narkevičiūtė, Rogat y Trærup, 2019.

Para ahondar más en el proceso de la identificación de opciones de tecnología, tanto para la mitigación como la adaptación a la crisis climática, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) publicó el “Manual para realizar una evaluación de necesidades en materia de tecnología para el cambio climático” en 2010, en dicho documento propone el siguiente orden (véase Figura 3.5.):

Figura 3.5. Proceso de la identificación de opciones de tecnología para la mitigación y la adaptación a la crisis climática



Fuente: elaboración propia a partir de UNDP, 2010, p. 8.

El proceso que describe el PNUD va dirigido a países en desarrollo y muestra a modo general los pasos que deben seguir para establecer planes de acción y estrategias nacionales que vayan de acuerdo a sus necesidades

tecnológicas y de desarrollo sustentable, además muestra la importancia de esclarecer sus necesidades tecnológicas, ya sea para mitigación o adaptación y así priorizar aquellas que consideren más necesarias.

Cabe señalar que los pasos del proceso de evaluación de necesidades tecnológicas y sus resultados concretos no hacen explícitamente una diferenciación entre las tecnologías enfocadas a la mitigación y las enfocadas a la adaptación, sin embargo, cada evaluación se debe realizar por separado, dependiendo de las necesidades específicas de cada país, ya sea para mitigación o adaptación.

Hasta ahora se han presentado las características más relevantes del proyecto TNA del UNEP-DTU Partnership, así como los componentes de su proceso y sus resultados concretos; el siguiente apartado constituye la sustancia del análisis del proyecto TNA y busca dar respuesta a la pregunta de investigación: ¿cuáles han sido los factores clave dentro del proyecto TNA para operacionalizar la transferencia de tecnologías para afrontar los retos de la adaptación a la crisis climática?, así como corroborar o desestimar la hipótesis planteada.

3.2. Análisis del proyecto TNA: elementos clave para la transferencia tecnológica y sus desafíos

El objeto de estudio del presente trabajo de investigación es el proyecto *Technology Needs Assessment (TNA)*, del UNEP-DTU Partnership, ya que se trata de un proyecto que aborda una problemática compleja, como lo es la crisis del cambio climático antropogénico, y la relaciona con otras variables como lo son: las tecnologías con enfoque en adaptación, la transferencia tecnológica, el desarrollo sustentable y la cooperación internacional. A modo de comprender el papel de la tecnología, su transferencia y la evaluación de las necesidades tecnológicas de los países en desarrollo para hacer frente a las necesidades de adaptación a la crisis climática, así como identificar los retos a los que se

enfrentan, el estudio de caso como estrategia metodológica de esta investigación consiste en un análisis de tres aspectos relevantes del proyecto TNA.

En primer lugar se identifican los sectores estratégicos en los que se requiere de la tecnología para adaptación a la crisis climática, asimismo, se identifican ejemplos de tecnologías para adaptación en dos sectores específicos: agua y agricultura, esto con base en las tres primeras fases del proyecto TNA y en los hallazgos que de ellas derivan. En segundo lugar se presentan los resultados y hallazgos sobre los elementos clave que posibilitan la transferencia tecnológica y los desafíos a los que se enfrenta el proyecto TNA en esta tarea, derivados de la metodología y las herramientas de investigación empleadas, incluyendo los datos obtenidos durante mi estancia de investigación en el UNEP-DTU Partnership en Copenhague, Dinamarca, como parte de las prácticas institucionales de maestría; finalmente, el tercer apartado corresponde a la identificación y caracterización del papel de la cooperación internacional en la transferencia de tecnologías con enfoque en adaptación.

3.2.1. Fases del proyecto TNA e identificación de sectores estratégicos para la adaptación a la crisis climática

Las fases del proyecto de Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA) dieron inicio en el año 2009, con la Fase I, que apoyó a 36 países entre los años 2009 y 2013; la Fase II, del 2015 al 2018, a 26 países. La Fase III, que dio inicio a mediados del 2018⁵⁵ y concluyó en 2020, asesoró a 23 países adicionales, incluidos principalmente los Países Menos Desarrollados y los Pequeños Estados Insulares en Desarrollo (UNEP-DTU, 2019). Los países que han solicitado asesoría para identificar sus necesidades tecnológicas bajo el proyecto TNA son los siguientes:

⁵⁵ La Fase IV del Proyecto TNA, que contempla el ciclo 2020-2022, fue aprobada por el FMAM en junio de 2019 e incluye a 17 países menos adelantados y pequeños Estados insulares en desarrollo (UNEP-DTU, CMNUCC, 2019).

Cuadro 3.5. Países que integran las fases del proyecto TNA

| Región | TNA Fase I | TNA Fase II | TNA Fase III |
|---|---|---|---|
| África y Medio Este | Costa de Marfil, Ghana, Líbano, Mauricio, Ruanda, Sudán, Zambia. | Burkina Faso, Burundi, Esuatini, Jordania, Madagascar, Mauritania, Mozambique, Seychelles, Togo, Túnez. | Benín, República Centroafricana, Chad, Djibouti, Guinea, Níger, Liberia, Malawi, Santo Tomé y Príncipe, Uganda. |
| Asia y Comunidades de Estados Independientes (CIS, por sus siglas en inglés) | Azerbaiyán, Bangladesh, Bután, Camboya, Georgia, Indonesia, Kazajstán, República Democrática Popular Lao, Moldavia, Mongolia, Nepal, Sri Lanka, Tailandia, Vietnam. | Armenia, Kazajstán, República Democrática Popular Lao, Pakistán, Filipinas. | Afganistán, Fiji, Myanmar, Nauru, Vanuatu. |
| América Latina y el Caribe | Argentina, Colombia, Costa Rica, Cuba, República Dominicana, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Perú. | Belice, Granada, Guyana, Honduras, Panamá, Uruguay. | Antigua y Barbuda, Dominica, Haití, Jamaica, Surinam, Trinidad y Tobago. |

Fuente: elaboración y traducción propia, a partir de UNEP-DTU y CMNUCC, 2019.

Los países que integran las tres primeras fases del proyecto TNA, debieron reconocer su propia necesidad de identificar las tecnologías para adaptación que les fuesen más adecuadas, de acuerdo a los sectores en los que la tecnología es requerida para dicho fin. En este sentido, entre los sectores estratégicos en los que existe un rol específico de la tecnología se encuentran los siguientes (véase Cuadro 3.6.):

Cuadro 3.6. Opciones de adaptación y el rol de la tecnología

| Sector/Impacto | Ejemplos de políticas y medidas | Ejemplos del rol de la tecnología |
|--------------------|--|--|
| Agricultura | Cambios en cultivos y prácticas de cultivo. Desarrollo de nuevas variedades que sean más resistentes a temperaturas más altas y a la escasez de agua. | Mejorar los sistemas de entrega de información. Producir nuevas variedades y nuevos métodos de cultivo. |

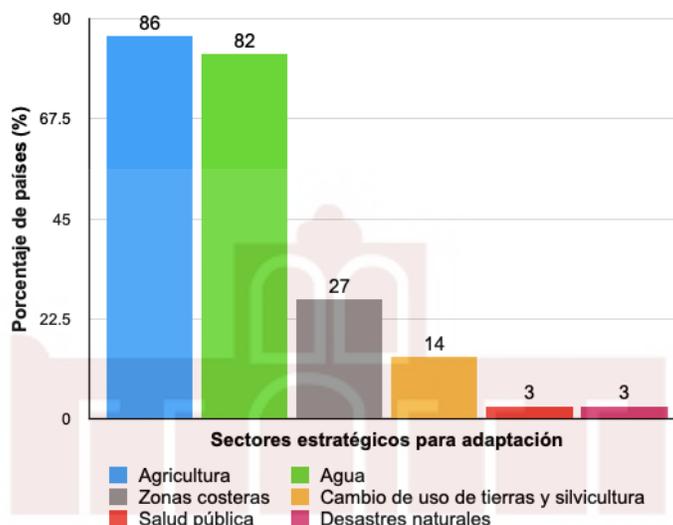
| | | |
|-------------------------|--|--|
| | Información a los agricultores sobre técnicas y clima. | |
| Agua | Aumentar la disponibilidad de almacenamiento donde sea necesario. Aumentar la oferta por riego. Aumentar el suministro de desalinización. Reducir la demanda a través de cambios en las prácticas. | Todas las medidas del lado de la oferta implican alguna tecnología. Las medidas del lado de la demanda podrían mejorarse con la tecnología. |
| Energía | Rediseñar los sistemas hidroeléctricos para tener en cuenta la disponibilidad cambiante de agua e inundaciones, etc. Rediseñar otros componentes para permitir eventos extremos, disponibilidad de agua. | La tecnología está involucrada en todo esto. Las elecciones entre ellas están influenciadas por cuán amplio es el rango de opciones. |
| Salud | Reducir los riesgos de enfermedades transmitidas por vectores a través de métodos anticipatorios. Reducir los riesgos de enfermedades transmitidas por el agua a través de un mejor suministro de agua y saneamiento. Sistemas de alerta temprana para efectos relacionados con el calor. Sistemas de apoyo para personas afectadas por altas temperaturas. | Tecnologías para reducir los riesgos de infección. |
| Zonas costeras | Las políticas se dividen en: protección, acomodo y retiro. Proteger incluye la construcción de defensas marinas, etc. Acomodar incluye la modificación del uso de la tierra para que no se vea afectado por SLR. Retirarse significa abandonar un área para la mayoría de los usos. | Proporcionar defensas efectivas de bajo costo. Mejorar los sistemas de alerta temprana. |
| Eventos extremos | Control de sistemas de flujo de agua. Fortalecimiento de la infraestructura para soportar eventos. Sistemas de alerta temprana. Reclasificación del uso del suelo y reubicación de personas. | Sistemas de control de agua para mitigar inundaciones. Sistemas de alerta temprana. |
| Infraestructura | Diseñar infraestructura para soportar variaciones climáticas. | La tecnología está involucrada en todos estos. |
| Turismo | Diseño de instalaciones turísticas, teniendo en cuenta los cambios en la demanda y el período de demanda. | Principalmente para garantizar que las estructuras físicas sean sólidas. |

Fuente: elaboración y traducción propia a partir de Markandya y Galarraga, 2011.

Tomando como referencia las tres primeras fases del proyecto TNA, se han identificado seis sectores estratégicos que son prioritarios para los requerimientos

de adaptación de los países participantes, estos son: a) agricultura; b) agua; c) zonas costeras; d) cambio de uso de tierras y silvicultura; e) salud pública; y, f) desastres naturales. En la Figura 3.6., se observa el porcentaje de los países que considera a cada uno de los sectores identificados como prioritarios.

Figura 3.6. Sectores prioritarios para la adaptación



Fuente: elaboración y traducción propia a partir de UNEP-DTU, 2018.

Como puede observarse en la figura anterior, los sectores del agua y la agricultura son los sectores con mayor prioridad para la adaptación de los países, con un 82% y 86%, respectivamente. El sector de las zonas costeras representa un 27%, el cambio de uso de tierras y la silvicultura un 14% y la salud pública y los desastres naturales un 3% cada sector (UNEP-DTU, 2018).

De acuerdo con el Banco Mundial (2020), las actividades agrícolas ocupan en promedio el 70% del agua que se extrae en el mundo y, debido a que se prevé que la competencia por los recursos hídricos aumente en el futuro, aunado al aumento de la población, la urbanización, la industrialización y el cambio climático, es necesario aumentar la eficiencia en el consumo de agua para fines agrícolas, y esto “dependerá también de hacer coincidir las mejoras fuera de las explotaciones

agrícolas con los incentivos y las transferencias de tecnología para las inversiones dentro de las explotaciones agrícolas”.

Para efectos del presente trabajo de investigación, y a modo de identificar las tecnologías que tienen un enfoque en adaptación a la crisis climática y proporcionar algunos ejemplos de estas tecnologías, a continuación se analizarán los sectores estratégicos del agua y la agricultura (véase Cuadro 3.7. y 3.8.). Esta selección corresponde, en primer lugar a que son los dos sectores estratégicos para adaptación que los países que han participado del proyecto TNA señalan con el mayor porcentaje de prioridad y, en segundo lugar, a la correlación que existe entre ambos sectores; al respecto, Markandya y Galarraga (2011) identifican las siguientes tecnologías prioritarias para la adaptación en el sector del agua y en el sector agrícola:

Cuadro 3.7. Tecnologías prioritarias para la adaptación en el sector del agua

| Categoría de uso del agua | Lado de la oferta | Lado de la demanda |
|----------------------------------|--|---|
| Municipal o doméstico | Incrementar la capacidad de las reservas. ** Desalinización. ** Hacer transferencias entre cuencas. ** | Uso de aguas “grises”. Reducción de las fugas. * Usar soluciones de saneamiento sin agua. ** Hacer cumplir los estándares del agua. ** |
| Enfriamiento industrial | Uso de agua en menor grado. | Incrementar la eficiencia y el reciclaje. ** |
| Energía hidroeléctrica | Incrementar la capacidad de depósito o reservorio. ** | Incrementar la eficiencia de las turbinas. *** |
| Navegación | Construir presas y cerraduras. ** | Modificar el tamaño de barcos y la frecuencia de los viajes. * |
| Control de polución | Mejorar trabajos de tratamiento. ** Reutilizar y recuperar materiales. ** | Reducir los volúmenes de aguas residuales. ** Promover alternativas a los productos químicos. *** |
| Manejo de inundaciones | Construir embalses y diques. ** Proteger y restaurar humedales. * | Mejorar las advertencias de inundaciones. * Frenar el desarrollo de llanuras de inundación. |
| Agricultura | Mejorar la conservación del suelo. ** Cambiar las prácticas de labranza. ** Cosechar agua de lluvia. * | Usar cultivos tolerantes a la sequía. ** Aumentar la eficiencia del riego. ** Ajustar el precio del agua de riego. |

Fuente: elaboración y traducción propia, a partir de Markandya y Galarraga, 2011.

Cuadro 3.8. Tecnologías prioritarias para la adaptación en el sector agrícola

| Estrategia de respuesta | Algunas opciones de adaptación |
|--|---|
| Uso de diferentes cultivos. *** | Realizar investigaciones sobre nuevas variedades de cultivos. *** |
| Cambiar la topografía del terreno para mejorar la absorción de agua y reducir la erosión eólica. * | Subdividir grandes campos. Mantener canales fluviales. Fortalecer la superficie terrestre. Construir cortavientos. * |
| Mejorar el uso y la disponibilidad del agua y controlar la erosión del suelo. ** | Canales de línea con películas de plástico. ** Donde sea posible, usar agua salobre. Riego concentrado en períodos de crecimiento máximo. Usar riego por goteo. ** |
| Cambiar las prácticas agrícolas para conservar la humedad y los nutrientes del suelo, reducir la escorrentía y controlar la erosión del suelo. * | Cubrir el rastrojo y la paja. * Rotar cultivos. * Evitar el monocultivo. Usar densidades de plantación más bajas. * |
| Cambiar la medida de la duración de las operaciones agrícolas. ** | Adelantar fechas de siembra para compensar el estrés por humedad durante los períodos cálidos. ** |

Fuente: elaboración y traducción propia, a partir de Markandya y Galarraga, 2011.

El número de asteriscos en los cuadros anteriores muestran la medida en que la tecnología está involucrada en cada una de las medidas de adaptación, siendo tres asteriscos un rol mayor en el sector señalado.

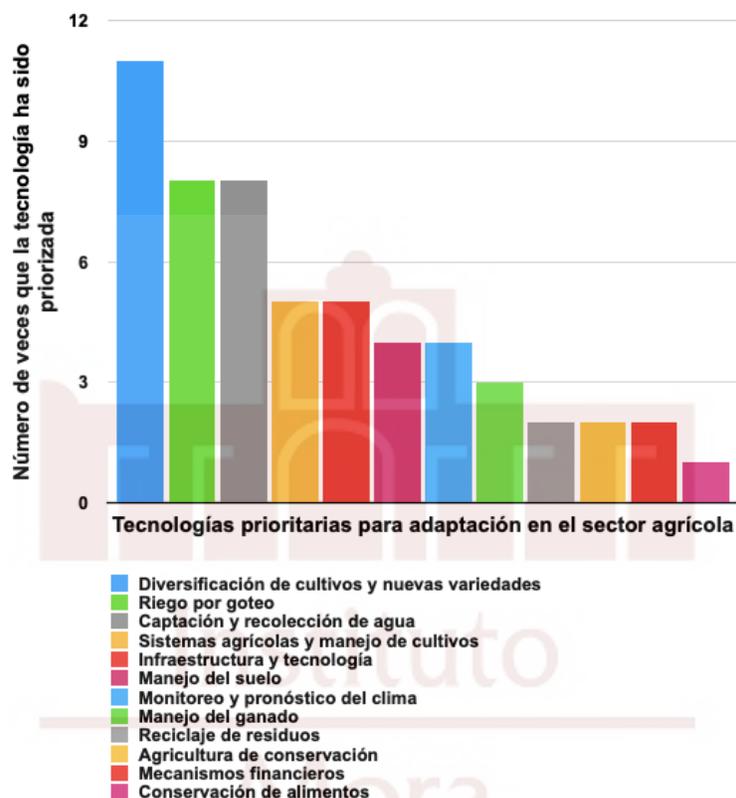
Para el caso del sector del agua, *incrementar la eficiencia de las turbinas empleadas en la generación de energía hidroeléctrica*, así como la *promoción de alternativas a los productos químicos empleados en el control de la polución*, son las medidas de adaptación en las que la tecnología juega un papel principal.

En el caso del sector agrícola, *realizar investigaciones sobre nuevas variedades de cultivos* como opción de adaptación en respuesta al uso de diferentes cultivos, es el área identificada con un mayor rol de la tecnología.

Debido a que ambos sectores guardan una relación estrecha y a que la agricultura es dependiente respecto al agua, a continuación se presentan

tecnologías prioritarias para la adaptación en el sector agrícola a modo de indagar más en las opciones de tecnologías para adaptación en estos sectores (véase Figura 3.7.).

Figura 3.7. Tecnologías prioritarias para adaptación en el sector agrícola



Fuente: elaboración y traducción propia a partir de UNEP-DTU, 2018.

Las tecnologías de *riego por goteo*, *captación y recolección de agua* destacan la popularidad de las tecnologías relacionadas con el agua en el sector agrícola (UNEP-DTU, 2018). Asimismo, los cuadros anteriores muestran que las tecnologías desempeñan un papel importante para la adaptación en ambos sectores; además, muestran que la tecnología enfocada en adaptación efectivamente responde a una clasificación del uso de hardware, software y orgware, ya sea de forma aislada o combinando estas tecnologías. Sin embargo, sigue siendo necesario distinguir entre qué tipo de tecnología es la más adecuada

de acuerdo al contexto en el que será implementada, por lo que la evaluación de necesidades tecnológicas es una alternativa formulada desde el régimen internacional del cambio climático que responde a esa necesidad de los países en desarrollo.

Una vez que se han planteado los sectores prioritarios en los que se requiere de la tecnología para atender las necesidades de adaptación a la crisis climática, así como se han proporcionado algunos ejemplos de estas tecnologías en los sectores del agua y la agricultura, cabe recalcar que “si interpretamos la tecnología como el uso o la introducción de cualquier técnica física o fuente de conocimiento, entonces vemos que tiene un papel muy amplio en la adaptación al cambio climático” (Markandya y Galarraga, 2011).

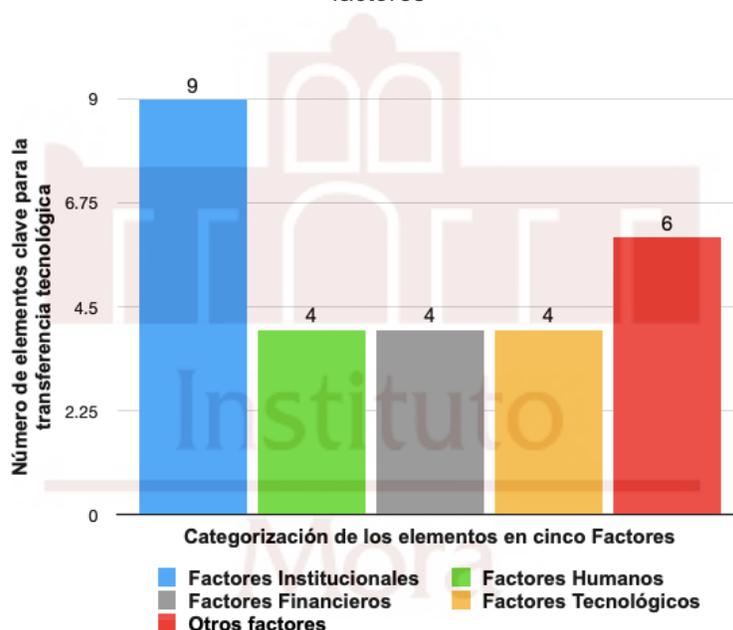
A continuación se presentarán los resultados del proceso de investigación con base en la metodología empleada, de tal modo que se abordarán los elementos clave para la transferencia tecnológica y los desafíos que debe superar para su implementación.

3.2.2. Proyecto TNA: Resultados, hallazgos y desafíos

El proyecto TNA presenta ciertas características o aspectos clave que sirven para identificar el papel de la tecnología, su transferencia y la evaluación de las necesidades tecnológicas de los países en desarrollo para hacer frente a las necesidades de adaptación a la crisis climática. Con base en las herramientas de investigación utilizadas, a continuación se presentarán los resultados obtenidos durante la etapa de las entrevistas informales y las entrevistas semi-estructuradas realizadas, en los que se muestran los elementos clave identificados para favorecer la transferencia de tecnologías con enfoque en adaptación.

Derivado de las entrevistas semi-estructuradas,⁵⁶ realizadas entre los meses de agosto a noviembre de 2019, se lograron identificar una serie de elementos clave que las nueve personas entrevistadas consideraron que son fundamentales para favorecer la transferencia de tecnologías enfocadas a la adaptación para atender la problemática de la crisis climática y fomentar el logro de los objetivos de desarrollo de los países así como el de los ODS. En total se identificaron 27 elementos clave, en la gráfica siguiente (véase Figura 3.8.) se muestra una categorización de dichos elementos, agrupados en cinco factores.

Figura 3.8. Categorización de los elementos clave para la transferencia tecnológica en cinco factores



Fuente: elaboración propia con base en las entrevistas realizadas.

De acuerdo con la gráfica anterior, la categoría de *factores institucionales* es la que cuenta con la mayor cantidad de elementos clave para la transferencia de tecnologías con enfoque en adaptación; los *factores humanos*, *financieros* y *tecnológicos* cuentan con la misma cantidad de elementos clave y, finalmente, se identificaron seis elementos que corresponden a la categoría de “*otros factores*”. A

⁵⁶ Debido a las políticas internas de confidencialidad del UNEP-DTU Partnership, y a que me fue solicitado de forma explícita, no se proporcionan los nombres de las y los entrevistados en esta investigación.

continuación, el Cuadro 3.9., muestra cada elemento identificado por cada categoría.

Cuadro 3.9. Elementos clave para la transferencia tecnológica por categorías

| Categoría | Elementos clave |
|---------------------------------|--|
| Factores Institucionales | <ol style="list-style-type: none"> 1. Instituciones capaces de conducir el proceso de transferencia tecnológica. 2. Contar con la infraestructura necesaria para llevar a cabo el proceso. 3. Contar con una gestión adecuada de recursos humanos y financieros. 4. Contar con mecanismos de transparencia y rendición de cuentas. 5. Apertura al diálogo y la cooperación.⁵⁷ 6. Capacidad de entrelazar las necesidades tecnológicas con otras necesidades de desarrollo. 7. Contar con alianzas o redes. 8. Contar con un marco institucional y legal robusto en materia de cambio climático. 9. Tener identificadas sus necesidades de adaptación al cambio climático.⁵⁸ |
| Factores Humanos | <ol style="list-style-type: none"> 1. Contar con personal capacitado y con conocimiento en materia de cambio climático. 2. Contar con personal sensible a la problemática del cambio climático. 3. Contar con personal con capacidades técnicas en materia de adaptación al cambio climático. 4. Personal con acceso a la información referente al cambio climático y a las necesidades de adaptación y de desarrollo sustentable. |
| Factores Financieros | <ol style="list-style-type: none"> 1. Condiciones del mercado favorables para la transferencia de tecnología. 2. De parte del oferente: contar con recursos económicos para el proceso de transferencia tecnológica. 3. Homologación de intereses y objetivos entre la parte oferente de la tecnología y la parte demandante. 4. Por parte del demandante: contar con acceso a financiamiento internacional. |
| Factores Tecnológicos | <ol style="list-style-type: none"> 1. Por parte del oferente: contar con la tecnología existente o en etapa de I&D. 2. Que la tecnología sea asequible. 3. Que la tecnología esté libre de protecciones (como las patentes). 4. Que la tecnología sea ambientalmente racional. |
| Otros factores | <p>Factores políticos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Que exista voluntad política para el proceso de transferencia tecnológica. 2. Que no existan conflictos de intereses. <p>Factores socio-culturales:</p> |

⁵⁷ No se hace referencia específica a la cooperación internacional, más bien se refiere a la cooperación en un sentido más general.

⁵⁸ No necesariamente se deben tener identificadas las necesidades tecnológicas de adaptación, pero sí las necesidades de adaptación a la crisis climática.

1. Que exista involucramiento de actores de la sociedad civil.
2. Que exista una adopción de la tecnología recibida.

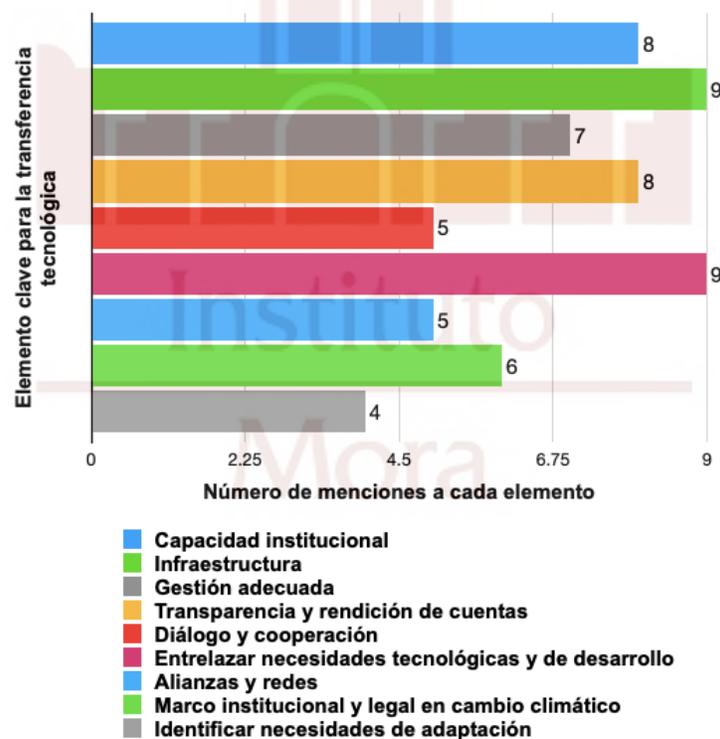
Factores medioambientales:

1. Que realmente existan condiciones a mejorar o que requieran de medidas de adaptación al cambio climático.

Fuente: elaboración propia con base en las entrevistas realizadas.

A modo de desglosar cada categoría e identificar los elementos clave que fueron mencionados con mayor frecuencia, a continuación se mostrará una representación gráfica para cada categoría propuesta:

Figura 3.9. Número de menciones de cada elemento clave para la transferencia tecnológica en la categoría de factores institucionales



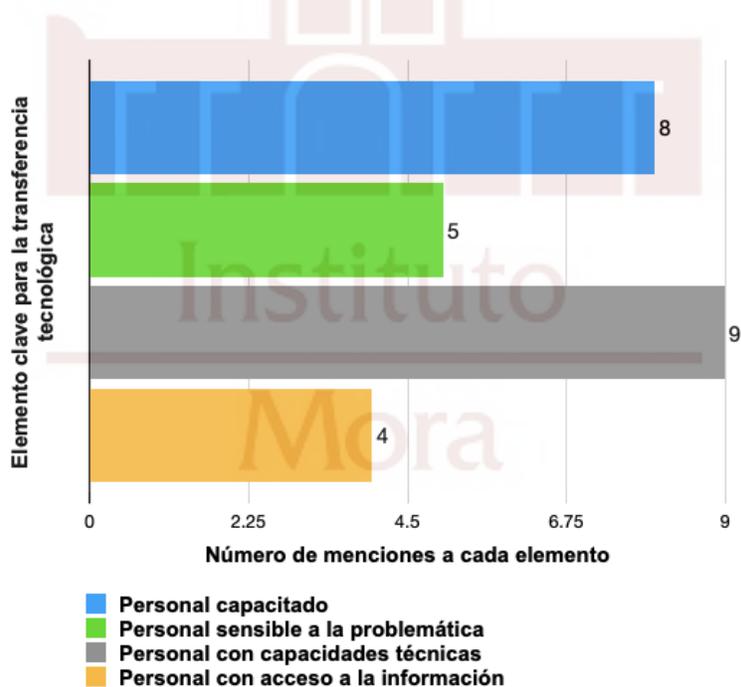
Fuente: elaboración propia con base en las entrevistas realizadas.

La categoría de los factores institucionales para la transferencia tecnológica identifica 9 elementos clave, de los cuales la *infraestructura* y la *capacidad de entrelazar las necesidades tecnológicas con las necesidades de desarrollo* fueron

los más mencionados, seguidos por la *capacidad institucional para conducir el proceso de transferencia tecnológica y la transparencia y la rendición de cuentas*. Por otra parte, *identificar las necesidades de adaptación* fue el elemento con menor cantidad de menciones.

Respecto a la categoría de factores humanos, las personas entrevistadas mencionaron los siguientes cuatro elementos: contar con personal capacitado, sensible a la problemática, con capacidades técnicas y con acceso a la información referente al cambio climático, las necesidades de adaptación y de desarrollo sustentable (véase Figura 3.10.):

Figura 3.10. Número de menciones de cada elemento clave para la transferencia tecnológica en la categoría de factores humanos

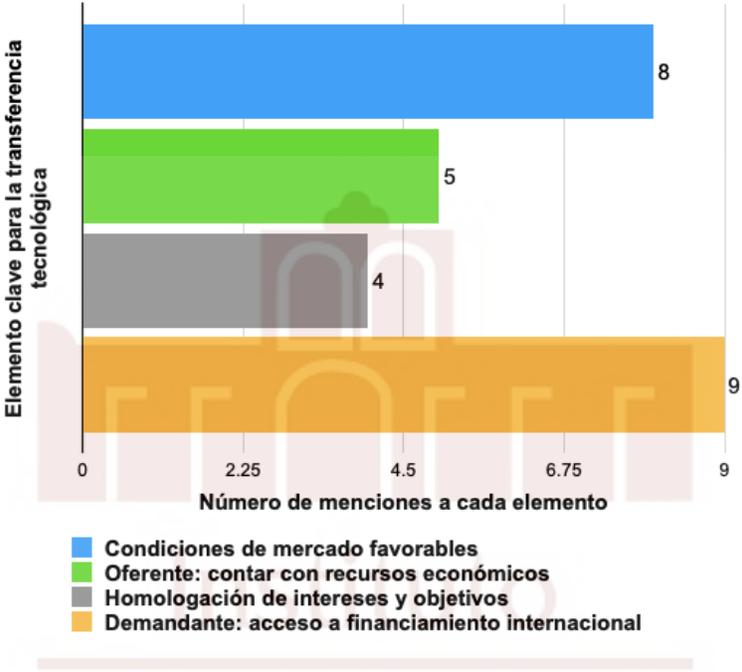


Fuente: elaboración propia con base en las entrevistas realizadas.

La categoría de los factores humanos identifica como elemento clave con el mayor número de menciones al de *contar con personal con capacidades técnicas en materia de adaptación al cambio climático*, en contraste, *contar con personal*

con acceso a la información referente al cambio climático y a las necesidades de adaptación y de desarrollo sustentable fue el elemento menos mencionado. A continuación se desglosa la categoría de factores financieros:

Figura 3.11. Número de menciones de cada elemento clave para la transferencia tecnológica en la categoría de factores financieros



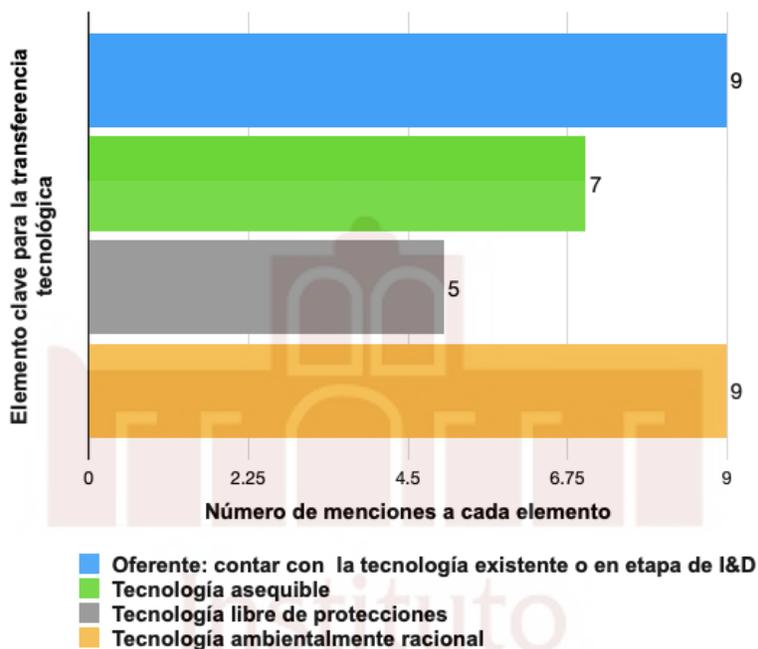
Fuente: elaboración propia con base en las entrevistas realizadas.

El elemento clave para la transferencia tecnológica en la categoría del sector financiero que tuvo el mayor número de menciones fue el de *contar con acceso a financiamiento internacional por parte del demandante de tecnología*, seguido del elemento de *contar con las condiciones de mercado favorables para la transferencia de tecnología*; en contraste, el elemento con menos menciones fue el referente a *contar con una homologación de intereses y objetivos entre el oferente de la tecnología y el demandante*.



A continuación se presentará la categoría de los factores tecnológicos con los elementos identificados como necesarios para propiciar la transferencia de tecnologías con enfoque en adaptación:

Figura 3.12. Número de menciones de cada elemento clave para la transferencia tecnológica en la categoría de factores tecnológicos



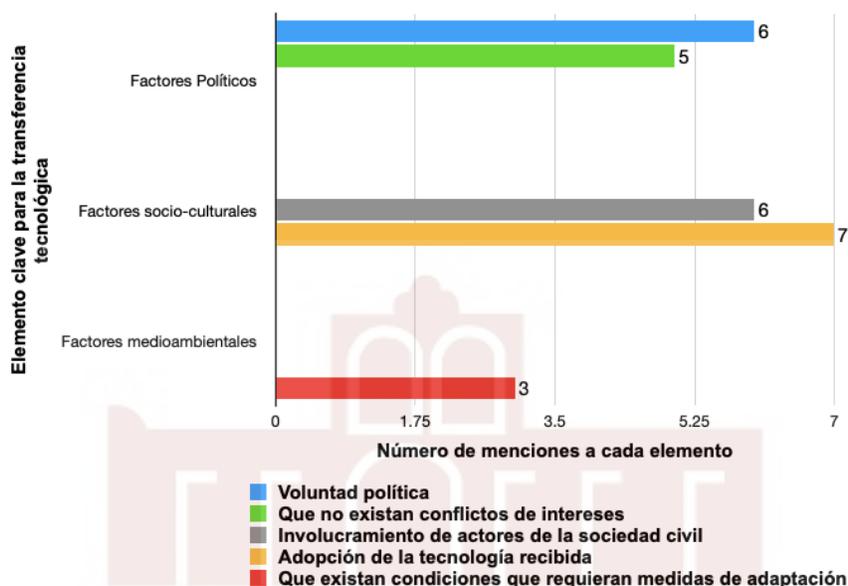
Fuente: elaboración propia con base en las entrevistas realizadas.

La categoría de factores tecnológicos identifica dos elementos con el mismo número de menciones: *que exista la tecnología o se encuentre en etapa de desarrollo e investigación por parte del oferente y que la tecnología sea ambientalmente racional*. Un elemento igual de importante, que sin embargo fue el menos mencionado es *que la tecnología esté libre de protecciones para su uso*, es decir que no tenga obstáculos para su propagación, por ejemplo patentes⁵⁹ que

⁵⁹ De acuerdo con el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI), la patente es “el derecho de uso exclusivo que otorga el Estado sobre un invento que puede ser un producto o proceso, como fórmulas químicas o compuestos, maquinaria, dispositivos electrónicos, procedimientos para la fabricación de un producto, entre otros”. Véase el sitio: <<https://www.gob.mx/imp/ articulos/la-patente-pieza-clave-que-mejora-la-vida?idiom=es>>.

restringan su uso y transferencia. Finalmente, a continuación en la Figura 3.13., se muestran las menciones a los elementos categorizados como otros factores:

Figura 3.13. Número de menciones de cada elemento clave para la transferencia tecnológica en la categoría de otros factores



Fuente: elaboración propia con base en las entrevistas realizadas.

Entre los principales elementos clave que fueron mencionados en la categoría de otros factores, destaca la *adopción de la tecnología transferida*, este elemento se refiere a que la tecnología tenga un impacto positivo y sea aceptada por la comunidad en donde se implementa. Finalmente, el elemento con menor número de menciones, no solo de esta categoría, sino de todas, fue el que destaca la importancia de que existan *condiciones que requieran de medidas de adaptación al cambio climático*.

En otro orden de ideas, la transferencia tecnológica también presenta desafíos que obstaculizan su proceso y que es necesario superar. En este sentido, la transferencia de tecnologías enfocadas a la adaptación a la crisis climática, a través del estudio de caso del proyecto *Technology Needs*

Assessment (TNA), del UNEP-DTU Partnership proporciona una mirada a aquellos desafíos, identificados a lo largo de las tres fases analizadas. De acuerdo con Rogat (2015), dichos obstáculos se pueden caracterizar en dos grupos: a) obstáculos de carácter político y, b) obstáculos para el soporte técnico y de facilitación.

Cuadro 3.10. Obstáculos del proyecto TNA

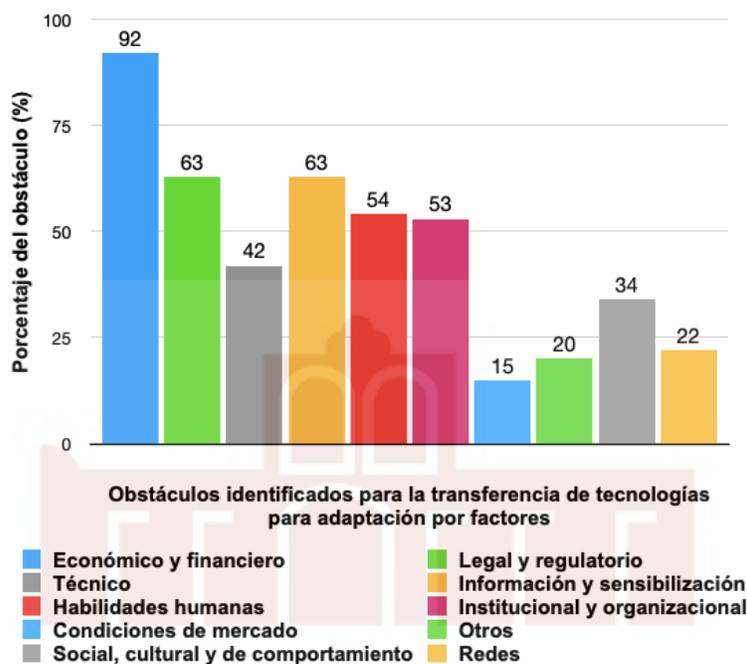
| Obstáculos de carácter político | Obstáculos para el soporte técnico y de facilitación |
|--|---|
| Las circunstancias nacionales juegan un papel relevante para el proceso del proyecto TNA, ya que dichas circunstancias determinan los sectores prioritarios y las tecnologías que son seleccionadas. | Adaptar el equipo al proyecto, pero también el proyecto al equipo. Dado que el proyecto TNA debe ser inherentemente participativo, se deben contemplar las limitaciones de recursos, experiencia y tiempo. |
| Dado que el proyecto TNA busca que los países sean quienes lleven la conducción del proceso, éstos deben establecer comités directivos, sin embargo, no siempre se cumple este objetivo, al no considerarse estrictamente necesario por algunos países. | Las barreras económicas y financieras se identifican como los obstáculos más comunes para el desarrollo y transferencia de tecnologías, tanto de mitigación como de adaptación. |
| El proceso de las evaluaciones de necesidades tecnológicas requiere del involucramiento de diversos actores, sin embargo, la participación se da en distintos niveles, en algunos países existe mayor involucramiento de distintos actores y en otros existe poca participación. | El sector privado es más relevante en algunos países que en otros, ya que éste también varía de un país a otro, por lo que debe considerarse las circunstancias de este sector para su involucramiento en el proceso del TNA. |

Fuente: elaboración y traducción propia, a partir de Rogat, 2015.

Para el caso específico del proyecto TNA y de los desafíos que ha identificado a lo largo de las tres fases analizadas, especialmente en el proceso de transferencia de tecnologías con enfoque en adaptación, se consideran 10 categorías: a) los desafíos de carácter económico y financiero; b) en el ámbito legal y de regulaciones; c) desafíos técnicos; d) de información y sensibilización; e) referentes a habilidades humanas inadecuadas; f) de carácter institucional y organizacional; g) relacionados a las condiciones de mercado; h) obstáculos sociales, culturales y de comportamiento; i) obstáculos en cuanto al establecimiento de redes y, finalmente, j) otros obstáculos.

Para poder visualizar los obstáculos anteriormente señalados, a continuación se presenta una gráfica con el porcentaje correspondiente a cada obstáculo identificado (véase Figura 3.14.):

Figura 3.14. Desafíos para la transferencia de tecnologías para adaptación a la crisis climática



Fuente: elaboración y traducción propia a partir de UNEP-DTU, 2018.

El factor *económico y financiero* es el que cuenta con un mayor porcentaje respecto a los demás desafíos, en contraste, las *condiciones de mercado* son el factor con menor porcentaje de los obstáculos identificados. El proyecto TNA, además cuenta con otros obstáculos de carácter cultural, esto es, como lo dice Sara Trærup (2019): “las comunidades deben involucrarse en el proceso (de la implementación del proyecto TNA), y para eso, es vital que tengan conocimiento, desde que se planea implementar la evaluación, para despertar su interés y quieran involucrarse y aportar (al proyecto)”. Si bien el proyecto TNA establece la identificación de diversos actores para su ejecución, “éstos deben tener un compromiso firme para tener mejores resultados” (*Ibíd.*).

De acuerdo con Nygaard y Hansen (2015) “todavía existen deficiencias esenciales en la comprensión de los procesos que conducen a la transferencia exitosa y la difusión de tecnologías en general”, además señalan que existen numerosos ejemplos de la transferencia y difusión de tecnologías de mitigación, sin embargo, los ejemplos de tecnologías enfocadas a la adaptación son menores en proporción. Este planteamiento quedó asentado en el capítulo anterior, sin embargo es fundamental recalcarlo debido a que se trata de una temática que requiere de mayor atención y profundización.

Hasta ahora se han identificado, categorizado y presentado los elementos clave que son necesarios para la transferencia de tecnologías con enfoque en adaptación, al igual que se han identificado los desafíos que se deben superar para este proceso. En el siguiente apartado se abordará el proyecto TNA y su vínculo con las NDCs, con la cooperación internacional y se presentarán algunos aspectos relevantes a considerar en el análisis respecto a mi estancia de investigación en el UNEP-DTU Partnership.

3.2.3. El proyecto TNA y su vínculo con la cooperación internacional, las NDCs y otros aspectos relevantes

Como se mencionó en la introducción de esta tesis, entre las herramientas empleadas para el trabajo de investigación también se hizo uso de entrevistas informales y de observación participante; si bien las entrevistas semi-estructuradas se enfocaron principalmente a la obtención de los elementos clave para la transferencia de tecnologías para la adaptación y la identificación de sus desafíos, también sirvieron para abordar otros aspectos alrededor de esta temática. Más adelante se abordarán esos aspectos, sin embargo, considero que es importante abordar primero algunos puntos relevantes de mi estadía de investigación, a modo de rescatar elementos que fueron valiosos para el desarrollo y la conducción de esta investigación.

Cabe recordar que realicé mi estancia de investigación en las oficinas del UNEP-DTU Partnership en Copenhague, Dinamarca, y que esto me permitió tener acceso a información de primera mano de los principales actores involucrados en mi objeto de estudio, el proyecto Technology Needs Assessment. De igual manera, tuve la oportunidad de relacionarme en un contexto multidisciplinario e internacional, en el que el espacio físico también jugó un papel relevante, ya que al tratarse de una sede que alberga a 11 agencias del sistema de Naciones Unidas, pude observar algunas dinámicas y relaciones de trabajo que allí se realizan.

Comenzaré por destacar la dificultad que tuve para establecer las entrevistas semi-estructuradas. Esto se debió en parte a que, de las 9 personas entrevistadas bajo esta modalidad, 6 ocupan puestos de jefes de sección y de las otras 3 personas, un investigador postdoctoral, una investigadora senior y un asesor senior; por lo que fue complicado establecer fechas para realizar las entrevistas. En este sentido, dos de las personas entrevistadas tuvieron que interrumpir la entrevista para seguir con sus actividades, por lo que en esos casos la entrevista se realizó en dos ocasiones en distintas fechas.

En cuanto a las entrevistas informales, realicé cuatro, sin embargo la relación de las personas entrevistadas en esta modalidad con el proyecto TNA fue inexistente, no obstante, su trabajo se relaciona con temas de tecnología, innovación tecnológica y adaptación al cambio climático. Los resultados que obtuve de las entrevistas informales consistieron en un panorama general que contribuyó a la identificación de dos aspectos relevantes que abordé en el capítulo anterior: la relación de la tecnología con el deterioro medioambiental y la geoingeniería como alternativa de abordaje de la crisis climática a la mitigación y adaptación.

Al respecto, uno de los entrevistados señaló que: “las estrategias de la ONU (de mitigación y adaptación) no incluyen a las geoingenierías que están teniendo

un avance rápido y que pueden reducir los niveles de GEI a mayor escala y con mayor impacto”. De igual manera, una de las cuatro entrevistadas señaló que: “la tecnología debe tener alguna relación con los objetivos de desarrollo (refiriéndose al desarrollo sustentable) para que no contribuya a deteriorar al medioambiente ni genere rechazo en la comunidad”.

Respecto a la observación participante, como herramienta cualitativa de observación, me permitió conocer algunas dinámicas de trabajo que se llevan a cabo entre el equipo del proyecto TNA y las demás funciones del UNEP-DTU Partnership. Entre ellas, destaca que existe una dinámica colaborativa muy presente, ya que, a modo de comunicar los avances en cada proyecto que ejecuta el UDP, para que todo el equipo esté al tanto del trabajo de los demás, cada mes se llevó a cabo una reunión general en la que los jefes de sección (política climática y planificación, modelos de negocios y mercados, y transparencia climática y rendición de cuentas) compartieron sus avances e inquietudes respecto a sus labores. Pude observar la facilidad con la que piden apoyo entre compañeros y del ambiente colaborativo y de disposición con el que trabajan.

Derivado también de la observación participante, logré identificar que el proyecto TNA también incluye una visión sensible al género. Lo interesante de esta visión es que es paralela al proceso de evaluación de necesidades tecnológicas y, aunque busca “garantizar que hombres y mujeres se puedan beneficiar de las tecnologías de mitigación y adaptación al cambio climático” (De Groot, 2018), lo cierto es que este enfoque no fue abordado durante las entrevistas. En parte esto se debió a que, a modo de establecer los límites de esta investigación, el componente de género quedó excluido de los alcances, así como a que la integración del enfoque de género en el proyecto de TNA no ha sido incorporado como tal a su proceso de tres etapas. Sin embargo, como se planteó en el primer capítulo, la crisis del cambio climático afecta de forma desigual a hombres y mujeres y abordar esta temática requeriría de un trabajo de investigación exhaustivo que rebasa los alcances de esta investigación.

A manera de indagar en los elementos clave que propician el trabajo colaborativo, observé que existe una clara homologación de conceptos entre los equipos de trabajo, es decir, que a modo general, el uso de conceptos y acrónimos dentro del UDP es ampliamente utilizado sin que se preste a confusiones. Dicho esto, me pareció interesante que, de las personas entrevistadas, así como de las personas con las que entablé charlas informales, solamente dos personas estaban familiarizadas con el concepto de la cooperación internacional y, destaco lo que me comunicó en este sentido una jefa de sección: “no somos (el UDP) una agencia de cooperación internacional ni realizamos ese tipo de actividades. En Dinamarca se encuentra la DANIDA⁶⁰ para esas tareas”.

En otro orden de ideas, a lo largo de la revisión bibliográfica y de diversos documentos para la realización de la presente investigación, el concepto de la cooperación internacional se hizo presente en diversas ocasiones, no obstante, considero que su uso se refiere en un sentido amplio a la cooperación como sinónimo de colaboración. De igual manera, la bibliografía consultada señala, a modo general, que la transferencia de tecnología debe enmarcarse en procesos de cooperación internacional que sean capaces de llevar a cabo la identificación de qué tecnologías son las más apropiadas y se adecúan a los contextos locales específicos de cada país. En este sentido, el proyecto TNA es un proyecto especializado en identificar dichas prioridades. Sin embargo, cabe resaltar que durante mi estancia de investigación, tanto en las entrevistas semi-estructuradas como en las informales, la noción general de la cooperación internacional no es clara y muchas veces se presta a distintas interpretaciones. Una prueba de ello es que 7 de los entrevistados reconocieron desconocer dicho concepto.

Otro resultado que vale la pena mencionar es que, las 9 personas entrevistadas mencionaron al desarrollo sustentable como el eje que guía los distintos proyectos que se llevan a cabo, no solo en el UDP, sino en todo el sistema de las Naciones Unidas. Este elemento es relevante debido a que me

⁶⁰ DANIDA “es el término utilizado para la cooperación para el desarrollo de Dinamarca, que es un área de actividad dependiente del Ministerio de Relaciones Exteriores de Dinamarca”. Véase el sitio: <<https://um.dk/en/danida-en/>>.

ayudó a establecer el vínculo que existe entre la crisis climática y el desarrollo sustentable; esto se ve reflejado en el abordaje de dicha problemática desde las dimensiones del desarrollo sustentable que se presentó en el primer capítulo.

Cabe señalar que durante mi estancia de investigación también pude observar y constatar que el término del *cambio climático* es ampliamente utilizado y que pocas veces se utiliza el término de *crisis o emergencia climática*. Al respecto, uno de los entrevistados señaló que: “somos conscientes de que sería más adecuado hablar de una emergencia climática pero todo el lenguaje de los documentos y en el día a día es más común oír hablar de cambio climático. Quizás eso cambie en unos años”.

Finalmente, otro de los aspectos relevantes obtenidos de las herramientas de investigación empleadas fue la relación que existe entre el proyecto TNA y las NDCs. A grandes rasgos, pude constatar por medio de las entrevistas semi-estructuradas, que la labor del proyecto TNA no se limita a la identificación de tecnologías, sino que su alcance, por medio de sus resultados concretos (el Informe TNA, el Informe de BAEF y TAPs) pueden integrarse dentro de las Contribuciones Determinadas a nivel Nacional (NDCs, por sus siglas en inglés). Ya que, como se planteó en la introducción de la tesis, existen aspectos que no fueron considerados a modo de delimitar los alcances de esta investigación, solo destacaré que el proyecto TNA tiene alcances más allá de lo que se plantea en la literatura y esto solo me fue posible descubrirlo gracias al trabajo realizado en las prácticas institucionales.

En el siguiente apartado se hará un análisis y discusión sobre los resultados expuestos hasta ahora, para después dar paso a las conclusiones del capítulo y, finalmente, a las conclusiones de la tesis.

3.3. Discusión de resultados

Como quedó plasmado a lo largo de este capítulo, el proyecto Technology Needs Assessment cuenta con una serie de elementos que propician la transferencia de tecnologías con enfoque en adaptación hacia países en desarrollo. De igual manera, presenta una serie de desafíos que debe superar para el logro de sus objetivos. En este apartado se presentará la discusión de los resultados obtenidos en los apartados anteriores.

En primer lugar, respecto a los elementos clave identificados, resulta interesante que los factores institucionales sean los que cuentan con el mayor número de elementos clave para la transferencia de tecnologías. Esto es congruente con la primer fase del proceso de evaluación de necesidades tecnológicas, en la que se busca identificar y priorizar los sectores que requieren de tecnología, ya que dentro de los factores institucionales se encuentran elementos que son necesarios para este primer paso, tales como *contar con instituciones que sean capaces de conducir el proceso de TNA* o *contar con infraestructura* para dichos fines.

Respecto a los factores humanos, los cuatro elementos identificados engloban una serie de características con las que debe contar el personal que seguirá el proceso de TNA. Sobre estos elementos destaca el de *contar con personal sensible a la problemática del cambio climático*, ya que esta característica infiere que deben de haber personas involucradas con interés legítimo y conscientes de la problemática que representa la crisis climática.

Los factores financieros engloban pocos pero significativos elementos para propiciar la transferencia tecnológica. Destaca el elemento de *contar con condiciones de mercado favorables*, ya que, como se abordó en el primer capítulo, el sistema económico capitalista se hace presente en distintos ámbitos y, la transferencia de tecnologías con enfoque en adaptación no podía ser la

excepción. Cabe destacar también, que son precisamente los factores financieros los principales obstáculos que los países en desarrollo han identificado como barreras para la transferencia de tecnologías.

Con relación a los factores tecnológicos, *contar con tecnología libre de patentes* es un elemento que destaca, ya que muchas veces las tecnologías libres de patentes son tecnologías viejas u obsoletas, lo cual no necesariamente significa que no sean útiles. Sin embargo, la Convención de cambio climático, así como el Acuerdo de París no hacen mención explícita a que este tipo de tecnología deba ser necesariamente innovadora. Basta con que la tecnología cumpla con su función de reducción de emisiones de GEI y de reducción de vulnerabilidad ante los efectos negativos de la crisis climática.

Los factores categorizados como “otros” arrojaron un elemento que considero primordial para la transferencia tecnológica: *contar con voluntad política*. Los seis entrevistados que hicieron mención a este elemento consideraron que debe existir la intención de emprender el proceso de TNA por parte de los actores involucrados, principalmente de aquellos con poder en la toma de decisiones, ya que esto refleja un verdadero compromiso de atender la problemática del clima en sus territorios.

Dentro de esa misma categoría, el único elemento identificado como factor medioambiental me parece el más importante de los 27 elementos identificados: *que existan las condiciones medioambientales que requieran de acciones de adaptación*. Considero a este elemento el más importante porque es el que establece la necesidad de identificar las alternativas tecnológicas para adaptación en un principio. Si no existieran las condiciones medioambientales deterioradas o amenazadas por la crisis climática, no habría necesidad de emprender la evaluación de necesidades tecnológicas. A pesar de esto, fue el elemento que tuvo la menor cantidad de menciones de todos los elementos identificados.

Cabe señalar que la decisión de emplear el concepto del cambio climático en lugar del concepto de crisis climática a lo largo de la presentación de los elementos identificados, responde a que así lo emplearon los entrevistados, lo cual conduce a retratar de cierta forma la percepción de la problemática por parte de las personas entrevistadas. Considero que esto se debe en gran medida a que Dinamarca es un país desarrollado, cuyos efectos de la crisis climática no son tan evidentes como lo son en los países menos desarrollados o pequeños estados insulares en desarrollo. Además, existe una homologación generalizada en el uso de los términos y el lenguaje que se emplea bajo el sistema de las Naciones Unidas.

Respecto a los obstáculos identificados por los países que han participado a lo largo de las tres primeras fases del proyecto TNA, llama la atención que el desafío referente a las *condiciones de mercado* sea el elemento con menor porcentaje. Esto puede deberse a que los países se encuentran inmersos en dinámicas de mercado existentes, y que solamente requieren fortalecer sus mecanismos. Debido a las limitaciones, los alcances y la delimitación del presente trabajo de investigación, no fue posible abordar con mayor profundidad los Marcos Habilitadores y Análisis de Barreras (BAEF) que se refieren precisamente a la identificación y el análisis de los desafíos y la forma de abordarlos para el logro de la transferencia tecnológica.

El proyecto de evaluación de necesidades tecnológicas es una estrategia que ha logrado consolidar sus actividades a lo largo de sus tres fases iniciales y que continúa ampliando sus labores en una cuarta fase que se encuentra en ejecución; su contribución en asesorar a países en desarrollo a identificar sus necesidades tecnológicas para adaptarse al cambio climático es fundamental para el logro de los objetivos que establece el régimen global del cambio climático, tanto de la CMNUCC como del Acuerdo de París, sin embargo los países que piden su asistencia también deben contribuir a propiciar la cooperación y a generar las condiciones propicias para establecer el proceso de identificar sus

necesidades de tecnología, de lo contrario, el proyecto TNA no podría actuar por sí solo, pues depende también de la voluntad de los gobiernos para impulsar las acciones climáticas necesarias.

A pesar de que el proyecto TNA no se reconoce a sí mismo como una estrategia de cooperación internacional, entendida como “la acción conjunta para apoyar el desarrollo económico y social del país, mediante la transferencia de tecnologías, conocimientos, experiencias o recursos por parte de países con igual o mayor nivel de desarrollo, organismos multilaterales, organizaciones no gubernamentales y de la sociedad civil” (Red ADELCO, 2020), lo cierto es que, en un sentido amplio, cumple los requisitos para considerarse como un mecanismo de cooperación internacional, ya que establece mecanismos de acción conjunta con los países en desarrollo para la adaptación a la crisis climática por medio de la identificación de necesidades tecnológicas y su transferencia.

Finalmente, cabe señalar que en la revisión bibliográfica y documental, así como en las entrevistas realizadas no se hace mención al concepto de mala-adaptación o adaptación inadecuada. El proyecto TNA logra identificar los desafíos que debe abordar para el logro de la transferencia de tecnologías para la adaptación a la crisis climática pero tampoco hace referencia a qué tipo de adaptación se refiere (fuera de la evidente al cambio climático), de acuerdo con la clasificación de la adaptación propuesta en el primer capítulo (preventiva y reactiva; pública o privada o autónoma y planificada).

3.4. Conclusiones del tercer capítulo

El proyecto TNA representa un ejemplo de la importancia de identificar las necesidades tecnológicas necesarias para la adaptación a la crisis del cambio climático, sobre todo para aquellos países que son más vulnerables a sus efectos adversos. El mismo responde a los objetivos de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, en su esfuerzo por tomar medidas

que lleven a la práctica el principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas, así como para la adaptación, la procuración del desarrollo sustentable y el uso de tecnologías en sectores estratégicos.

De igual forma, este proyecto es fundamental en el seguimiento a las prioridades del Mecanismo Tecnológico de la CMNUCC de proporcionar asesoramiento a los países en desarrollo que así lo requieren, no obstante, a través de la revisión bibliográfica se hace poco eco de las responsabilidades comunes pero diferenciadas y se habla de preparar las evaluaciones de necesidades tecnológicas en búsqueda de actores dispuestos a financiar, sin embargo poco se aborda acerca de los intereses que estos actores tienen en colaborar o establecer relaciones de cooperación con los países que así lo requieren.

Existen elementos clave que, a través del análisis de las tres primeras fases del proyecto TNA, posibilitan la transferencia de tecnologías con enfoque en adaptación; dichos elementos se pueden categorizar en cinco factores: a) institucionales; b) humanos; c) financieros; d) tecnológicos y, e) otros factores (políticos, socioculturales y medioambientales). Estos elementos ofrecen un panorama general de las condiciones que son necesarias para conducir el proceso de evaluación de las necesidades de tecnología de los países con mayor vulnerabilidad a los efectos de la crisis climática y así elaborar planes de acción tecnológica (TAPs) que respondan a sus necesidades específicas de adaptación.

Por otra parte, existen barreras que dificultan el proceso de las evaluaciones de necesidades tecnológicas. Identificar estas barreras forma parte del proceso de TNA, destacando las de carácter económico y financiero, los desafíos legales y regulatorios, y de información y sensibilización, por mencionar algunos. También se logró identificar que existen desafíos en el involucramiento de diversos actores, sin mencionar que también se requiere incorporar una visión de género, en la que las mujeres sean partícipes en el proceso de la toma de

decisiones, sobre todo si se toma en consideración que el cambio climático afecta de forma desigual a hombres y mujeres.

Considero que la tecnología con enfoque en adaptación representa aún una área que requiere de mayor investigación y del involucramiento de más actores en la toma de decisiones, tales como los consumidores o usuarios de la tecnología, las universidades o centros de investigación, e incluso los medios de comunicación. El uso de herramientas como el proyecto TNA contribuye a tener un mayor conocimiento e información respecto a qué tecnologías para la adaptación son las que mejor se adecúan a las características, contexto, cultura y necesidades de cada país.

Si bien los tres pasos que integran al proyecto TNA pueden considerarse como un proceso simple, involucran la necesidad de que existan condiciones previas que favorezcan el éxito en la implementación del proyecto. No obstante, el que existan o no dichas condiciones, representa un primer obstáculo a considerar. En este sentido, los factores institucionales son los primeros que deberían estar cubiertos para poder iniciar el proceso de TNA.

Por otra parte, no sólo se trata de involucrar a más actores, sino que éstos deben ser actores estratégicos, que sean verdaderamente los adecuados y que tengan, además del compromiso de atender las necesidades de adaptación a la crisis del cambio climático, la disponibilidad en voluntad y en tiempo para seguir el proceso del proyecto. Además de que, la cantidad de actores involucrados también puede convertirse en un obstáculo si éstos no son los adecuados, al final de todo, se trata de personas con objetivos, visiones y filosofías propias, cuyos intereses y posiciones políticas e ideológicas también deben ser contempladas.

Las tecnologías por sí solas no representan la única solución al cambio climático, sin embargo se les otorga un papel principal en esta tarea. Se tiene que tomar en consideración que su éxito también depende de la adopción por parte de las comunidades en donde se implementan, así como a que éstas sirvan a su fin

último, que debe ser el de contribuir a contrarrestar los efectos adversos del cambio climático y reducir la vulnerabilidad, y no a intereses particulares o visiones sesgadas por factores políticos u otras ideologías.

La cooperación internacional en el abordaje de problemáticas y retos globales como lo es la crisis climática y los retos del desarrollo sustentable, representa un mecanismo que requiere de afianzar sus instrumentos y esquemas de cooperación para el logro de objetivos comunes a escala global. Para el caso de la transferencia tecnológica, la cooperación internacional no sólo debe buscar esquemas de cooperación innovadores, sino que también puede aprovechar sus canales ya existentes para permitir que la transferencia de tecnologías trascienda la colaboración entre instituciones educativas en la transferencia de conocimientos, e involucre a más actores, como el sector privado y las organizaciones de la sociedad civil que cuenten con ideas innovadoras y voluntad para involucrarse en la temática climática.

Finalmente, considero que el proyecto TNA representa apenas una pequeña parte de las acciones climáticas que buscan atender la necesidad de adaptarnos a la crisis climática, sin embargo, al estar enmarcado en los objetivos de la principal institución que conforma el Régimen Internacional del Cambio Climático, la CMNUCC, tiene el potencial de contribuir significativamente en sentar un precedente de las acciones en torno a la adaptación que, desafortunadamente, es más necesaria e inevitable conforme se observan los efectos que el cambio climático ya comienza a manifestar y para los cuales no sólo debemos actuar en el presente, sino tener una visión a largo plazo para aquellos efectos que ya no será posible atender solamente con las estrategias de mitigación.

Conclusiones generales

El cambio climático es la crisis ambiental de mayor auge en el siglo XXI que forma parte de una *crisis sistémica*, sus causas, aunque incluyen factores naturales, son mayormente antropogénicas, y son el resultado de la explotación de combustibles fósiles, de la deforestación, del mal manejo, valoración y administración de las riquezas naturales del planeta, del crecimiento acelerado de la humanidad y sus hábitos de producción y consumo, así como de un sistema económico con una extendida visión de mercado que permea en las sociedades globales e incentiva el consumo y la acumulación en aras del desarrollo económico. Aunque sus efectos son principalmente negativos, y pese a que la evidencia científica advierte sobre la urgencia de actuar para abordar los desafíos que plantea, poco se ha hecho desde que se tiene plena conciencia de su existencia.

Desde el plano internacional, el diálogo alrededor de esta problemática parece no tener la misma importancia o urgencia que tiene el resolver los problemas de desigualdad, de crecimiento económico o de erradicar el hambre y la pobreza; a la humanidad constantemente se nos olvida que nos encontramos inmersos en una crisis sistémica y que, incluso si se logran resolver las problemáticas sociales y económicas más apremiantes, nada de eso serviría sin un medio natural y un clima en equilibrio que sea capaz de sustentar la vida como la conocemos. Sin embargo, el siglo XXI está siendo testigo de diversos movimientos sociales, principalmente impulsados por las generaciones de jóvenes que encuentran en la crisis climática una causa para alzar la voz y exigir a sus gobernantes atender la problemática, después de todo, son esas generaciones jóvenes las que tienen un futuro lleno de incertidumbres.

Por una parte, las acciones globales como las cumbres del clima de las Naciones Unidas no tienen el impacto necesario para atender la crisis climática, ya que se podría considerar que produce acuerdos simbólicos, que no son jurídicamente vinculantes y que solamente exponen la lucha de egos y de poder

que encabezan los gobiernos de los Estado miembro, en aras de hacer del terreno del clima una oportunidad más del mercado internacional y de no renunciar a sus privilegios, principalmente aquellos considerados como “desarrollados”.

La crisis climática es también el rostro de distintas desigualdades, entre hombres y mujeres, entre ricos y pobres, entre países “desarrollados” y países “en desarrollo”, entre el Norte y el Sur global, entre razas y especies; entre aquellos a quienes los efectos del clima cambiante les creará oportunidades de desarrollo económico y aquellos a quienes obligará a desplazarse en búsqueda no sólo de oportunidades, sino de su propia sobrevivencia.

El panorama que plantea es incierto. La ciencia predice que sus efectos serán “catastróficos” y que están esperando a la vuelta de la esquina. Se dice que la tecnología será nuestra salvación, sin embargo la tecnología ha existido desde que la humanidad inició su primera revolución al iniciar la agricultura, y desde entonces no ha dejado de contribuir al deterioro medioambiental.

Mientras tanto, continúa el debate entre qué estrategia para afrontar la crisis climática es la mejor, ¿la mitigación o la adaptación? Esto solamente tomando en consideración las rígidas estrategias propuestas desde la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, sin considerar alternativas que parten desde otras cosmovisiones. Esto se entrelaza con la procuración del desarrollo y su oxímoron, el desarrollo sustentable.

Sin embargo, algo debe hacerse, sin importar que los gobiernos varíen en sus intereses y en las capacidades de responder a la crisis climática. Es cierto que el panorama es desalentador, pero lo es más ser un espectador pasivo y taciturno. ¿Seremos capaces de anteponer la cooperación a la competencia?

A pesar de que la tecnología históricamente ha contribuido en el deterioro medioambiental, sigue siendo un componente fundamental de las medidas de

mitigación y adaptación al cambio climático propuestas desde el régimen climático, especialmente por la CMNUCC, de la cual forma parte estructural en los objetivos que persigue. En este sentido, llama la atención que no exista un marco conceptual alrededor de la tecnología climática que sea lo suficientemente claro, por lo que esta tarea sigue en espera de ser abordada con mayor compromiso, finalmente se trata de un ejercicio para esclarecer las bases que propicien el entendimiento entre los diversos actores involucrados en la tecnología climática y su transferencia.

Las negociaciones internacionales en el marco de las Conferencias de las Partes de la CMNUCC, han seguido un proceso de evolución en el que la tecnología ha jugado un papel primordial en las acciones de mitigación, al menos en el discurso, sin embargo, las tecnologías con enfoque en adaptación han seguido un proceso evolutivo más lento. A pesar de que ambas estrategias son necesarias, deben ser acciones conjuntas que eviten competir para trabajar en sinergia para contrarrestar los efectos adversos del cambio climático.

Si bien la mitigación sigue siendo urgente en la tarea de limitar las emisiones de gases de efecto invernadero, éstas seguirán teniendo un efecto en el sistema climático, incluso si dejan de emitirse. En este sentido, mitigar ya no es suficiente, por lo que adaptarnos y reducir la vulnerabilidad a los efectos adversos de la crisis climática se ha vuelto una tarea inevitable. Ambas estrategias deben hacer uso de tecnologías para el logro de sus metas.

Para el caso específico de la adaptación, la tecnología tiene un papel más amplio que la introducción de equipamiento y estructuras físicas, se trata de una gama amplia de tecnologías enfocadas a sectores específicos en los que puede optarse por *tecnologías blandas* o *tecnologías duras*. Considerando la clasificación de la tecnología como *hardware*, *software* y *orgware*, resulta interesante que ésta última considere los mecanismos institucionales como un componente fundamental en la implementación de la tecnología, lo que da cuenta de la

importancia de contar con instituciones robustas que sean capaces de atender dicha necesidad.

Es necesario tomar en consideración que la adaptación al cambio climático guarda una estrecha relación con el desarrollo sustentable, por lo que, los logros o avances que se den en ambas áreas, repercuten entre ellas. No podemos olvidar que la crisis climática pone en riesgo el logro de los objetivos de desarrollo sustentable, y que la relación entre clima y desarrollo responde a procesos históricos en los que la humanidad ha estudiado los efectos que han derivado de sus actividades en aras del desarrollo, resultando en una fuerte emisión de gases de efecto invernadero que han conducido a replantear las nociones de desarrollo y a la búsqueda de alternativas para frenar los ahora inevitables efectos del también denominado cambio climático antropogénico.

Una crítica que se hace al enfoque en adaptación al cambio climático es que, su aplicación se centra al nivel local, ya que debe valorar los contextos específicos en los que se implementan acciones de adaptación (incluyendo la transferencia tecnológica), por lo que sus alcances podrían ser poco significativos y difícilmente replicables a escalas mayores. No obstante, la adaptación a la crisis climática es un enfoque necesario que responde a la necesidad de reducir la vulnerabilidad, dado que los efectos adversos son inminentes, observables en el presente y una amenaza para el futuro, además, el costo económico que requiere el emprendimiento de acciones de adaptación es menor a los costos que generaría el no emprender dichas acciones.

Los escenarios futuros que plantea la ciencia de la crisis climática son poco alentadores, y las acciones que se han tomado desde el plano internacional, han dejado mucho que desear en cuanto a la ambición y el involucramiento, tanto de los gobiernos de los países como de la sociedad en general. Muestra de ello es que las metas establecidas por el Acuerdo de París de no sobrepasar el calentamiento global en 1.5° C, respecto a los niveles preindustriales, a pesar de que

representan un avance en el diálogo internacional, parecen estar muy lejos de la realidad, pues ya hemos alcanzado un aumento de la temperatura promedio global de aproximadamente 1 °C y se estima que, de seguir con las acciones como se ha hecho hasta ahora, alcanzaremos el aumento de 1.5 °C para el año 2030-2052.

Incrementar los esfuerzos y el compromiso de los Estados y sus gobiernos por cooperar en metas comunes de transferencia tecnológica que atiendan la problemática del clima requiere, además de los mecanismos internacionales de creación de redes y alianzas, de inversión financiera, o de la cooperación internacional, de una inconmensurable fuerza de voluntad, principalmente política. Además del principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas de la CMNUCC, se debe seguir el principio de responsabilidad ética y de respeto hacia la Madre Tierra y hacia las generaciones futuras, tanto de seres humanos como de otras especies. No obstante, dicho esfuerzo de poco o nada servirá si el objetivo es que todos los países alcancen el mismo “desarrollo” con las mismas dinámicas de producción y consumo.

Los efectos adversos que plantea la crisis climática son ya observables alrededor del mundo, con periodos de sequías más largos, el derretimiento de las masas de hielo en el Ártico, eventos climatológicos extremos más frecuentes, la pérdida acelerada de biodiversidad, ecosistemas y suelos, aunados al incesante crecimiento poblacional, conflictos bélicos, ideológicos y políticos; indican que las soluciones, en lo referente al clima, no están completamente depositadas en la tecnología, ésta no es una gama de alternativas que simplemente resolverá los problemas.

Sin embargo, la tecnología sí forma parte de las soluciones, siempre y cuando responda al interés común de afrontar las consecuencias de sobrepasar los límites planetarios que dieron pie al desarrollo de la humanidad en un principio. De igual forma, la tecnología climática debe ser ambientalmente racional; en muchos casos estas tecnologías ya se han desarrollado, es decir, la tecnología

para afrontar los retos de adaptación ya existen, es por ello que su transferencia debe acelerarse logrando los acuerdos necesarios.

Con el establecimiento del Mecanismo Tecnológico de la Convención sobre el cambio climático, se dio un paso importante para establecer medidas de acción para el logro de dicha tarea. El proyecto TNA responde a la necesidad de brindar asesoramiento a los países en desarrollo para identificar sus necesidades tecnológicas y, a lo largo de tres fases (con una cuarta fase en proceso), el proyecto ha logrado identificar algunos elementos clave y obstáculos que debe superar para el logro de sus objetivos.

Esta investigación logró identificar un total de 27 elementos clave para operacionalizar la transferencia de tecnologías para afrontar los retos de la adaptación a la crisis climática. Asimismo destacó el papel de la tecnología, su transferencia y la evaluación de las necesidades tecnológicas de los países en desarrollo como parte de las alternativas para hacer frente a las necesidades de adaptación a la crisis climática, que forman parte de los objetivos que plantea la CMNUCC y que el UNEP-DTU Partnership ejecuta a través del proyecto Technology Needs Assessment. De igual forma, se identificaron los desafíos a los que se enfrenta la transferencia de dichas tecnologías.

A partir del análisis de la información planteada en el presente trabajo de investigación, se puede concluir que existen planteamientos o hallazgos que vinculan al cambio climático con las variables del desarrollo sustentable, la tecnología con enfoque en adaptación y su transferencia; a continuación se muestran algunos hallazgos encontrados por cada capítulo de esta investigación:

Capítulo 1

- a) La crisis climática del siglo XXI es de origen antropogénico.
 - b) Hablar de una crisis climática en lugar de un cambio climático es más concordante con la creciente evidencia científica que así lo señala.
 - c) La crisis climática puede entenderse como un sistema complejo que plantea la necesidad de involucrar a diversos actores y sectores en la búsqueda y aplicación de soluciones.
-

-
- d) La crisis climática guarda una relación con el modelo de desarrollo económico e industrial y es una consecuencia del mismo.
 - e) La crisis climática tiene efectos desiguales, entre países desarrollados y en desarrollo, así como entre hombre y mujeres.
 - f) Los efectos adversos de la crisis climática, aunados a la incertidumbre que plantean, dan cuenta de la importancia de la adaptación.
 - g) La mitigación es necesaria y la adaptación es inevitable.
-

Capítulo 2

-
- h) La degradación del medio ambiente también ha sido consecuencia del uso inadecuado de tecnologías que no han respondido al bienestar humano.
 - i) La tecnología en el contexto de la crisis climática corresponde a dos clasificaciones: la primera agrupa al hardware, software y orgware, y la segunda a las tecnologías “blandas” y “duras”.
 - j) Las tecnologías con enfoque en adaptación representan una serie de alternativas a la crisis del cambio climático, sin embargo, limitar las acciones de adaptación a la implementación de tecnologías no toma en consideración la complejidad de la crisis.
 - k) La transferencia de tecnologías con enfoque en adaptación puede utilizar a la cooperación internacional como un mecanismo de acción conjunta.
 - l) La transferencia tecnológica debe, preferentemente, estar en línea con los objetivos de desarrollo sostenible.
 - m) La tecnología no es una panacea, pero sí es un elemento primordial en el abordaje de los retos que plantea la crisis climática.
-

Capítulo 3

-
- n) El proyecto TNA responde a la necesidad de identificar las tecnologías de adaptación adecuadas a las condiciones específicas en las que se implementarán.
 - o) El proyecto TNA requiere de la identificación efectiva de los actores involucrados.
 - p) El proyecto TNA da cuenta de que, históricamente, la atención a las tecnologías con enfoque en adaptación ha sido limitada, aunado a las existentes deficiencias en la definición propia de las tecnologías para adaptación.
 - q) Se identificaron 27 elementos clave que posibilitan la transferencia de tecnologías con enfoque en adaptación.
 - r) Las TNA deben identificar los desafíos para su implementación.
 - s) Las evaluaciones de necesidades tecnológicas pueden contribuir al desarrollo de las NDCs de los países en desarrollo.
-

Los hallazgos logran sintetizar la información que fue descrita y analizada a lo largo de los tres capítulos que integran esta investigación y ofrecen un panorama general de la temática alrededor de la transferencia tecnológica para la adaptación a la crisis climática.

Se reconoce que el análisis del proyecto TNA como objeto de caso de estudio permite concluir que efectivamente, cuenta con un papel primordial en la identificación de tecnologías enfocadas a la adaptación a la crisis climática de los países en desarrollo y su transferencia. También se concluye que el proyecto TNA sigue un proceso que no se limita a los resultados concretos que se expusieron en esta tesis, sino que tiene alcances más amplios al poder ser utilizados (sus

resultados) como parte de las contribuciones determinadas a nivel nacional (NDCs) de los países.

De igual forma, se reconoce que el presente trabajo de investigación tiene limitaciones que invitan a seguir profundizando el análisis en futuras investigaciones, sin embargo la conducción de dichas investigaciones deben tener, preferentemente, un enfoque de verdadera urgencia que logre transmitir y empatar la evidencia científica con la necesidad de emprender acciones congruentes con el nivel de urgencia planteada.

La adaptación es inevitable, y en un sentido más amplio, la humanidad se ha adaptado a las distintas condiciones climáticas con las que se ha enfrentado a lo largo de su historia; no obstante, la adaptación a la que se hace referencia en el contexto de la crisis climática de origen antropogénico, se ve enfrentada a la gran incertidumbre que plantea esta problemática. La situación no puede seguirse relegando únicamente al quehacer científico ni a los tomadores de decisiones ni gobiernos, la tarea es compartida, es una tarea que compete a toda la especie humana antes de que llegemos a un punto en el que ya no haya marcha atrás y la adaptación deje de ser una posibilidad.

Debemos emprender las acciones que nos movilicen a resolver nuestros problemas globales comunes, con las herramientas que contamos, con la tecnología disponible y desarrollando todo aquello con lo que no contamos, siempre y cuando tengamos presente que para ello, debemos estar dispuestos a cooperar. Finalmente, la crisis climática representa también una oportunidad de enmendar todo aquello que nos ha puesto como humanidad en esta encrucijada.

Bibliografía

1. Action Aid. (2020). *Land and climate*. Recuperado de: <https://actionaid.org/land-and-climate>
2. Acuña, H. y Vergara, A. (2014). Cooperación internacional: instrumento de intervención para la planificación del desarrollo en Latinoamérica y el Caribe. En C. Ayala y J. Rivera (Coord.), *De la diversidad a la consonancia: La Cooperación Sur-Sur Latinoamericana. Volumen II. Estudios de país y esquemas bilaterales y triangulares* (pp. 311-346). México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla/Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora.
3. Adger, N. Brown, K., Saleemul, H., Conway D., y Hulme M. (2003). *Adaptation to Climate Change in the Developing World*. East Anglia, Reino Unido: University of East Anglia.
4. Alford, J. & Head, B. W. (2017). "Wicked and less Wicked Problems: a Typology and a Contingency Framework". *Policy and Society* 36(3), 397 – 413. Recuperado de <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14494035.2017.1361634>
5. Antal, E. y Lucatello, S. (2014). *Gobernanza de los recursos naturales y medioambiente en América del Norte*. Ciudad de México: UNAM/Instituto Mora.
6. Arenal, C. (1990). *Introducción a las Relaciones Internacionales* (p. 23). Madrid: Editorial Tecnos.
7. Astier, M., Speelman, E. N., López-Ridaura, S., Masera, O. R. y González-Esquivel, C. E. (2011). *Sustainability indicators, alternative strategies and trade-offs in peasant agroecosystems: analysing 15 case studies from Latin America*. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 9, 409–422.
8. Ayala, C. y Molina, M. (2014). El surgimiento de nuevas alianzas y modalidades de cooperación sur-sur en América Latina en el marco de una apremiante evolución. En C. Ayala y J. Rivera (Coord.), *De la diversidad a la consonancia: La Cooperación Sur-Sur Latinoamericana. Volumen I. Estudios de México, Centroamérica, países donantes y ámbitos mixtos* (pp. 33-62). México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla/Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora.
9. Ayala, C. (2012). Aspectos teórico-conceptuales de la cooperación internacional para el desarrollo. En C. Ayala y J. A. Pérez (Coord.), *Manual de cooperación internacional para el desarrollo: sus sujetos e instrumentos* (pp. 11-38). México: Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora.
10. Ayllón, B. (2007). *La Cooperación Internacional para el Desarrollo: fundamentos y justificaciones en la perspectiva de la Teoría de las Relaciones Internacionales* (pp. 27-40). México: Carta Internacional.
11. Banco Mundial (2020). *El agua en la agricultura*. Recuperado de: <https://www.bancomundial.org/es/topic/water-in-agriculture>
12. Bartelt, D. y Rojas, D. (2019). Prefacio. En C. Tornel (Coord.), *Alternativas para limitar el calentamiento global en 1.5°C. Más allá de la economía verde* (pp. 6-9). México: Heinrich Böll Stiftung.
13. BBC (2019). *COP25: 3 claves del polémico nuevo acuerdo por el clima (y por qué dicen que fracasó)*. Recuperado de: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-50800493>

14. Berkes, F., Folke, C. y Colding, J. (2000). *Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience*. Cambridge: Cambridge University Press.
15. Berkes, F. y Jolly, D. (2002). *Adapting to climate change: social-ecological resilience in a Canadian western Arctic community*. *Conservation Ecology*, 5, 18.
16. Blanco, G. et al. (2017). Introducción. Cambio ambiental global y políticas ambientales en América Latina. En M. G. Günter y R. A. Gutiérrez, (Coord.), *La política del ambiente en América Latina. Una aproximación desde el cambio ambiental global* (pp. 15-36). Ciudad de México: Universidad Autónoma Metropolitana/Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales.
17. Brown, T., LeMay H., y Bursten, B. (2004). *Química. La ciencia central*. México: Pearson Educación.
18. Calduch, R. (1991). *Relaciones Internacionales* (p. 88). Madrid: Ciencias Sociales.
19. Callaway, J.M., Naswa, P., Trærup, S.L.M. y Bakkegaard, R.K. (2016). *The Economics of Adaptation: Concepts, Methods and Examples*. Copenhagen: UNEP DTU Partnership.
20. Canfield, D. (2016). *Oxígeno. Una historia de cuatro mil millones de años*. Ciudad de México: Editorial Crítica.
21. Christiansen, L., Ray, A., Smith J., y Haites, E. (2012). *Accessing International Funding for Climate Change Adaptation. A Guidebook for Developing Countries*. Copenhagen: UNEP Risø Centre on Energy, Climate and Sustainable Development.
22. CMNUCC (2008). *Integrating practices, tools and systems for climate risk assessment and management and strategies for disaster risk reduction into national policies and programmes. Technical paper*. Recuperado de: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/docs/2008/tp/04.pdf>
23. CMNUCC (2007). *Unidos por el clima*. Bonn: UNFCCC.
24. MNUCC (2006). *Technologies for adaptation to climate change*. Bonn: UNFCCC. Recuperado de: https://unfccc.int/resource/docs/publications/tech_for_adaptation_06.pdf
25. CMNUCC (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Nueva York: Naciones Unidas. Recuperado de: <file:///D:/CMNUCC.pdf>
26. CTCN (2020). *Climate Technology Centre and Network*. Recuperado de: <https://www.ctc-n.org/about-ctcn/consortium-partners/unep-dtu-partnership>
27. Cowen, M., y Shenton, R. (1996). *Doctrines of Development*. Londres: Routledge.
28. De Castro, C. (2013). En defensa de una teoría Gaia orgánica. *Ecosistemas*, 22(2) pp. 113-118. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/540/54028036017.pdf>
29. De Groot, J. (2018). *Guidance for a gender-responsive Technology Needs Assessment*. Copenhagen: UNEP-DTU Partnership.
30. Delgado, G. C. (2010). Introducción. En G. C. Delgado, C. Gay, M. Imaz y M. A. Martínez (Coord.), *México frente al cambio climático. Retos y oportunidades* (pp. 11-16). México: Universidad Nacional Autónoma de México.

31. Dhar, S., Painuly, J., Nygaard, I., & Rogat, J. (2014). *Organising the National Technology Needs Assessment (TNA) Process: An Explanatory Note*. Copenhagen: UNEP-DTU Partnership.
32. Díaz, R. (2011). *Desarrollo Sustentable*. Ciudad de México: McGrawHill.
33. Europa Press (2019). *Se cumplen 73 años de la primera foto de la Tierra desde el espacio*. Madrid: Europa press. Recuperado de: <https://www.europapress.es/ciencia/misiones-espaciales/noticia-cumplen-73-anos-primera-foto-tierra-espacio-20191024141509.html>
34. Ferrusquía, I. (2013). Geología/Paleontología: una relación muy enriquecedora. *Paleontología Mexicana*, 3(1). Recuperado de: http://www.geologia.unam.mx/igl/deptos/paleo/rpm/PM64_03_interactivo.pdf
35. Fida, E. (2011). Assessing Technology Needs for adaptation under 'the top-up' round. En L. Christiansen, A. Olhoff y S. Trærup (eds.), *Technologies for Adaptation Perspectives and Practical Experiences* (pp. 45-57). Roskilde: Danmarks Tekniske Universitet, Risø Nationallaboratoriet for Bæredygtig Energi.
36. FMAM (2012). *Transferencia de tecnologías ecológicamente racionales. Estudios de casos de la cartera de proyectos del FMAM sobre cambio climático*. Bonn: Global Environment Facility.
37. Gallopín, G. (2006). Linkages between vulnerability, resilience and adaptive capacity. *Global Environmental Change* 16, pp. 293-303.
38. Gavito, M.E., et al. (noviembre, 2017). Ecología, tecnología e innovación para la sustentabilidad: retos y perspectivas en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, (88) 150-160.
39. Gay, C. y Rueda, J. (2010). Diplomacia climática, ¿qué esperamos de la COP 16 en Cancún? En G. C. Delgado, C. Gay, M. Imaz y M. A. Martínez (Coord.), *México frente al cambio climático. Retos y oportunidades* (pp. 195-2010). México: Universidad Nacional Autónoma de México.
40. GCA (2019). *Adapt now: a global call for leadership on climate resilience*. Rotterdam: Global Center on Adaptation/World Resources Institute.
41. GEF (2018). *The GEF and Climate Change. Catalyzing Transformation*. Bonn: Global Environment Facility.
42. Gudynas, E. (2016). *Derechos de la naturaleza. Ética biocéntrica y políticas ambientales*. Quito, Ecuador: Ediciones Abya-Yala.
43. Gutiérrez, E. (2007). *De las teorías del desarrollo al desarrollo sustentable. Historia de la construcción de un enfoque multidisciplinario*. Monterrey: Universidad Autónoma de Nuevo León.
44. Haselip, J., Narkevičiūtė, R., Rogat, J., y Trærup, S. (2019). *TNA Step by Step. A guidebook for countries conducting a Technology Needs Assessment and Action Plan*. Copenhagen: UNEP-DTU Partnership.
45. Haselip, J., Narkeviciute, R., y Rogat, J. (2015). *A step-by-step guide for countries conducting a Technology Needs Assessment*. Copenhagen: UNEP-DTU Partnership.

46. Hasenclever, A., Mayer P., y Rittberger, V. (1999). *Las teorías de los regímenes internacionales: situación actual y propuestas para una síntesis*. Recuperado de: <https://forointernacional.colmex.mx/index.php/fi/article/view/1524/1514>
47. Hernández-Licona, G. (2019). Prefacio. En R. D. Van den Berg, C. Magro y S. Salinas (eds.), *Evaluation for Transformational Change: Opportunities and Challenges for the Sustainable Development Goals* (pp. x-xii). Exeter, Reino Unido: International Development Evaluation Association.
48. Hudecz, A. (2012). *Climate change adaptation. A Report on Climate Change Adaptation Measures for Low Volume Roads in the Northern Periphery*. Unión Europea: Northern Periphery Programme.
49. Ianni, O. (enero-marzo, 1996). Las ciencias sociales y la sociedad global. *Perfiles educativos*, (71). Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=13207101>
50. INCyTU (2018). *Cambio climático y el Acuerdo de París*. Ciudad de México: Foro Consultivo Científico y Tecnológico.
51. IPCC (2018). *Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. Ginebra: IPCC.
52. IPCC (2014). *Climate change 2014: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Ginebra: IPCC.
53. IPCC. (2007). *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático*. Ginebra: IPCC.
54. IPCC (2001). *Climate change 2001: Impacts, adaptation and vulnerability*. Ginebra:
55. IPCC (2000). *Cuestiones metodológicas y tecnológicas en la transferencia de tecnología. Informe especial del Grupo de Trabajo III del IPCC*. Ginebra: IPCC.
56. Klein, R. J.T. (2011). Adaptation to climate change: More than technology. En L. Christiansen, A. Olhoff y S. Trærup (eds.), *Technologies for Adaptation Perspectives and Practical Experiences* (pp. 19-25). Roskilde: Danmarks Tekniske Universitet, Risø Nationallaboratoriet for Bæredygtig Energi.
57. Klein, N. (2015). *Esto lo cambia todo. El capitalismo contra el clima*. Ciudad de México: Paidós.
58. Kooiman, J. (2000) "Societal Governance: Levels, Models and Orders of Social-Political Interaction", en J. Pierre (Ed.) *Debating Governance: Authority, Steering, and Democracy* (pp. 138-164). Nueva York: Oxford University Press.
59. Lezama, J. (2012). Sociedad, medio ambiente y política ambiental, 1970-2000. En J. L. Lezama y B. Graizbord (Coord.), *Los grandes problemas de México: Medio ambiente* (pp. 23-60). México: El Colegio de México.
60. Lucatello, S. (2018). Aproximaciones teóricas a la Cooperación Internacional para el Desarrollo: apuntes sobre epistemologías y paradigmas analíticos. En E. Ponce, S.

- Lucatello, L. A. Huacuja y R. Velázquez (Coord.), *Teoría y práctica de la Cooperación Internacional para el Desarrollo: una perspectiva desde México* (pp. 47-68). México: Centro de Gestión y Cooperación Internacional para el Desarrollo/Red Mexicana en Cooperación Internacional y Desarrollo/Consejo Editorial H. Cámara de Diputados.
61. Lucatello, S. (2012). *La cooperación internacional para el medioambiente: evolución, actores e impacto*. México: Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora.
62. Markandya, A., y Galarraga, I. (2011). Technologies for adaptation: an economic perspective. En L. Christiansen, A. Olhoff y S. Trærup (eds.), *Technologies for Adaptation Perspectives and Practical Experiences* (pp. 27-42). Roskilde: Danmarks Tekniske Universitet, Risø Nationallaboratoriet for Bæredygtig Energi.
63. Markandya, A., Halsnaes, K., Mason, P. y Olhoff, A. (2002). A conceptual framework for analysing climate change in the context of sustainable development. En A. Markandya y K. Halsnaes (eds.), *Climate change & sustainable development. Prospects for developing countries* (pp. 15-48). Reino Unido/ Estados Unidos de América: Earthscan Publications Limited.
64. McInerney-Lankford, S., Darrow, M. y Rajamani, L. (2011). *Human Rights and Climate Change: A Review of the International Legal Dimensions*. Washington, DC: The World Bank
65. Melucci, A. (1999). *Acción colectiva, vida cotidiana y democracia*. México: El Colegio de México. Recuperado de: https://www.ses.unam.mx/docencia/2016II/Melucci1999_AccionColectivaVidaCotidianaYDemocracia.pdf
66. Mochi, P. (2008). Aportes, temas y enfoques planteados desde las ciencias sociales para abordar el desarrollo local y la territorialización de políticas públicas. En C. Girardo (coord.), *El desarrollo local en México: aportes teóricos y empíricos para el debate* (pp.33-68). Mérida: Universidad Autónoma de Yucatán.
67. Molina, M., Sarukhán, J. y Carabias, J. (2017). *El cambio climático. Causas, efectos y soluciones*. México: Fondo de Cultura Económica.
68. Nava, C. (2018). *Estudios ambientales. Tercera edición*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México/Instituto de Investigaciones Jurídicas.
69. Neyra, R. (2017). Extractivismo y conflictos socioambientales en el Perú. En H. Alimonda, C. Toro y F. Martín (Coord.), *Ecología política latinoamericana. Pensamiento crítico, diferencia latinoamericana y rearticulación epistémica* (pp. 159-176). Ciudad Autónoma de Buenos Aires: CLACSO; México: Universidad Autónoma Metropolitana.
70. NOAA (2019). Global Monitoring Laboratory. Recuperado de: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/mlo.html>
71. Nygaard, I. & Hansen, U. (2015). *Overcoming Barriers to the Transfer and Diffusion of Climate Technologies: Second edition*. Copenhagen: UNEP DTU Partnership.
72. Ochoa, G. y Pollack, A. (2008). Cooperación internacional para el desarrollo sustentable en México. En B. Schmukler, C. Ayala y G. Sánchez (Coord.), *Construyendo los temas clave de la cooperación internacional para el desarrollo en México* (pp. 141-188). Ciudad de México: Instituto Mora/Grupo Editorial Miguel Ángel Porrúa.

73. ONU (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Recuperado de: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
74. ONU (2020a). *Cambio climático*. Recuperado de: <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html>
75. ONU (2020b). *About UN City*. Recuperado de: <https://un.dk/about-un-city>
76. ONU (2019a). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2019*. Nueva York: Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas.
77. ONU (2019b). *Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático y Albert Arnold (Al) Gore Jr.* Nueva York: Naciones Unidas. Recuperado de: <https://www.un.org/es/sections/nobel-peace-prize/intergovernmental-panel-climate-change-ippcc-and-albert-arnold-al-gore-jr/index.html>
78. ONU (2019c). *Objetivos de Desarrollo del Milenio*. Recuperado de: <http://www.onu.org.mx/agenda-2030/objetivos-de-desarrollo-del-milenio/>
79. ONU (2019d). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado de: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2/>
80. ONU (2019e). *The future is now. Science for achieving sustainable development*. Nueva York: Naciones Unidas.
81. ONU. (2018). *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
82. ONU (2015). *Acuerdo de París*. Recuperado de: https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf
83. ONU (2010). *La situación de los pueblos indígenas del mundo*. Recuperado de: <https://www.un.org/esa/socdev/unpfii/documents/SOWIP/press%20package/sowip-press-package-es.pdf>
84. ONU (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Recuperado de: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
85. Páramo, P. (2013). *La investigación en ciencias sociales: estrategias de investigación*. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia.
86. Pierri, N. (2005). Historia del concepto de desarrollo sustentable. En G. Foladori y N. Pierri (Coord.), *¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable, Colección América Latina y el Nuevo Orden Mundial* (pp. 27-79). México: Miguel Ángel Porrúa.
87. PNUD (2010). *Manual para realizar una evaluación de necesidades en materia de tecnología para el cambio climático*. Recuperado de: https://www.uncclearn.org/wp-content/uploads/library/undp90_spn_0.pdf
88. PNUMA (2019). *Gobernanza ambiental*. Recuperado de: <http://www.pnuma.org/gobernanza/>
89. PNUMA (2014). *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Informe Anual de 2013*. Recuperado de: <http://apps.unep.org/redirect.php?file=/publications/pmtdocuments/->

[UNEP%202013%20Annual%20Report-2014PNUMA_Annual%20Report%202013%20-%20Spanish_LR.pdf](#)

90. PNUMA (2010). *Gobernanza ambiental*. Nairobi, Kenia: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Recuperado de: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7935/Environmental_Governance_sp.pdf?sequence=7&isAllowed=y
91. PNUMA (2007). GEO 4. *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial*. Medio Ambiente para el Desarrollo. Copenhague: PNUMA.
92. Porras, F. (2011). “¿Sistema, continuum, modo o marco general?: La Anglo-gobernanza en México”, en M. Bassols y C. Mendoza (Eds.) *Gobernanza: Teoría y Prácticas Colectivas* (pp. 67-96). Rubí (Barcelona): Anthros / UAM-I.
93. Priego, C. (2003). “La institucionalidad ambiental nacional e internacional”, en J. Rojas y O. Parra (coords.) *Conceptos básicos sobre medio ambiente y desarrollo sustentable* (p. 332). Buenos Aires: INET, GTZ.
94. Raizer, V. (1995). La cooperación científica y tecnológica entre la Comunidad Europea y América Latina. *Revista CIDOB d’Afers Internacionals*, (31). Recuperado de: <https://eulacfoundation.org/es/system/files/La%20cooperación%20científica%20y%20tecnológica%20entre%20la%20Comunidad%20Europea%20y%20América%20Latina.pdf>
95. RED ADELCO. (2020). *¿Qué es la Cooperación Internacional?* Recuperado de: <https://www.redadelco.org/que-es-la-cooperacion-internacional>
96. Rhodes, R.A.W. (2007): Understanding Governance: Ten Years on, ponencia presentada en el «2006/2007 Seminar Series», Department of Public Policy / Local Governance Research Unit, Leicester, De Monfort University.
97. Rist, G. (2008). *The history of development: from western origins to global faith*. Londres: Zed Books.
98. Ritter, W., et al. (2002). *El clima como sistema complejo adaptativo en coevolución*. Recuperado de: <https://www.divulgameteo.es/uploads/Clima-Sistema-complejo.pdf>
99. Rockström, J. (2017). *A roadmap for rapid decarbonization*. Recuperado de: <https://science.sciencemag.org/content/355/6331/1269>
100. Rodríguez, M., Mance, H., Barrera, X. y García, C. (2015). *Cambio climático. Lo que está en juego*. Colombia: Universidad de los Andes/Friedrich Ebert Stiftung/WWF/Foro Nacional Ambiental.
101. Rogat, J. (2015). *Identification and engagement of stakeholders in the TNA process*. Copenhague: UNEP-DTU Partnership.
102. Román, A. (2014). *La Sociedad capitalismo-capaz: una discusión en torno al desarrollo*. Ciudad de México: Instituto Mora.
103. Sachs, I. (1977). “El ambiente humano”, en Jan Tinbergen (coord.), *Reestructuración del orden internacional. Informe del Club de Roma* (pp. 448-466). México: Fondo de Cultura Económica.

104. Samaniego, J., Bárcena, A., Cimoli, M. y Pérez R. (2019). *Panorama de las contribuciones determinadas a nivel nacional en América Latina y el Caribe, 2019: avances para el cumplimiento del Acuerdo de París*. Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
105. Sánchez, A. (2018). *Impactos del Cambio Climático en la pobreza urbana del Distrito Federal y opciones de política pública*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
106. Sánchez, N., de la Lanza, G., Garduño, R. y Sánchez, R. (noviembre, 2015). La influencia antropogénica en el cambio climático bajo la óptica de los sistemas complejos. *Revista Iberoamericana de Ciencias* 2(6), 69-84.
107. Sánchez, G. et al. (2014). Escenarios de implementación para la cooperación internacional en materia de ciencia, tecnología e innovación en México. En G. Sánchez, et al., *Cooperación internacional en ciencia, tecnología e innovación: lineamientos para una política mexicana* (pp. 227-291). Ciudad de México: Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora.
108. Sánchez, N., Sánchez, R., de la Lanza, G. y Garduño, R. (2014). Evolución del clima a través de la historia de la Tierra <https://www.redalyc.org/pdf/729/72930086009.pdf>
109. Sánchez-Santillán, N. y De la Lanza-Espino, G. (2012). Cambio o variabilidad climática: un problema semántico con graves consecuencias. En Ramírez-León H., J.M. Navarro-Pineda y H.A. Barrios- Piña (Eds.), *Dinámica ambiental de ecosistemas acuáticos costeros. Elementos y ejemplos prácticos de diagnóstico*. pp. 49-66. Ciudad de México: Instituto Politécnico Nacional.
110. Schipper, L., Cigarán, M., Mckenzie, H. M. (2008). *Adaptation to Climate Change: the New Challenge for Development in the Developing World*. Nueva York: PNUD.
111. Schumacher, E. (1990). *Lo pequeño es hermoso*. Madrid: Tursen/Hermann Blume.
112. Sepúlveda, S., Castro, A. y Rojas, P. (1998). Metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible en espacios territoriales, *Cuadernos técnicos*, (4): 18-19. San José Costa Rica: IICA.
113. Sharma, S. y Moehner, A. (2011). The evolution of 'technologies for adaptation' in the international climate change negotiations. En L. Christiansen, A. Olhoff y S. Trærup (eds.), *Technologies for Adaptation Perspectives and Practical Experiences* (pp. 3-17). Roskilde: Danmarks Tekniske Universitet, Risø Nationallaboratoriet for Bæredygtig Energi.
114. Solón, P. (2017). *Alternativas sistémicas*. La Paz, Bolivia: Fundación Solón/Attac France/Focus on the Global South.
115. Stoker, G. (1998) "Governance as Theory: Five Propositions". *International Social Science Journal (ISSJ)*, 155: 17-28
116. Sumner, A., y Tribe, M. (2008). *International Development Studies: Theories and Methods in Research and Practice*. Londres: Sage.
117. Sunkel, O., y Paz, P. (1978). *El subdesarrollo latinoamericano y la teoría del desarrollo*. México: Siglo XXI.

118. Tamayo, L. (abril, 2011). La responsabilidad de la ciencia en la catástrofe ambiental. *Nómadas, Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas*, (30). Recuperado de: <https://revistas.ucm.es/index.php/NOMA/article/view/36555/35389>
119. Thiaw, I. (2011). Foreword. En L. Christiansen, A. Olhoff y S. Trærup (eds.), *Technologies for Adaptation Perspectives and Practical Experiences* (pp. v-vi). Roskilde: Danmarks Tekniske Universitet, Risø Nationallaboratoriet for Bæredygtig Energi.
120. Trærup, S. L. M., Olhoff, A., & Christiansen, L. (2011). Editorial. En L. Christiansen, A. Olhoff y S. Trærup (eds.), *Technologies for Adaptation Perspectives and Practical Experiences* (pp. vii-xv). Roskilde: Danmarks Tekniske Universitet, Risø Nationallaboratoriet for Bæredygtig Energi.
121. Trærup, S. L. M., y Bakkegaard, K. (2015). *Evaluación y priorización de tecnologías para la adaptación al cambio climático: Una orientación práctica para un análisis multicriterio (AMC), identificación y evaluación de criterios relacionados*. Copenhague: UNEP DTU Partnership.
122. Tornel, C. (2019). *Alternativas para limitar el calentamiento global en 1.5°C. Más allá de la economía verde*. Ciudad de México: Heinrich Boll Stiftung.
123. UICN (1980). *World Conservation Strategy*. Ginebra: International Union for the Conservation of Nature. Recuperado de: <https://doc.rero.ch/record/298568/files/S0376892900007955.pdf>
124. UNAM (2016). *Cambio climático, miradas de género*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
125. UNEP (2018). *The Adaptation Gap Report 2018*. Nairobi: UNEP.
126. UNEP-DTU (2020). *Technology Needs Assessment (phase IV)*. Recuperado de: <https://unepdtu.org/project/technology-needs-assessment-phase-iv/>
127. UNEP-DTU (2019). *Annual Report 2018*. Copenhague: UNEP-DTU Partnership.
128. UNEP-DTU (2018). *Summary of country priorities. Technology Needs Assessments 2015-2018*. Copenhague: UNEP-DTU Partnership.
129. UNESCO. (2015). *Estrategia del MAB 2015-2025*. Recuperado de: http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/pdf/MAB_Strategy_2015-2025_es.pdf
130. UNFCCC (2020). *Technology Executive Committee*. Recuperado de: <https://unfccc.int/tclear/tec>
131. UNFCCC. (2019). *Climate Action and support trends. Based on national reports submitted to the UNFCCC secretariat under the current reporting framework*. Bonn: UNFCCC.

132. Vincent, K., Cull, T. & Joubert, A. (2011). Technology needs for adaptation in southern Africa: Does operationalization of the UNFCCC and associated finance mechanisms prioritise hardware over software and orgware? En L. Christiansen, A. Olhoff y S. Trærup (eds.), *Technologies for Adaptation Perspectives and Practical Experiences* (pp. 69-79). Roskilde: Danmarks Tekniske Universitet, Risø Nationallaboratoriet for Bæredygtig Energi.
133. Watts, M. (1995). A new deal in emotions. En J. Crush (ed.), *Power of development* (pp.43-60). Nueva York: Routledge.
134. WMO (2020). *WMO Statement on the state of the global climate in 2019*. Ginebra: WMO.
135. Zimmer, K. (2020). *¿Qué papel desempeña la geoingeniería en la lucha contra el cambio climático?* Recuperado de: <https://www.dw.com/es/qué-papel-desempeña-la-geoingenier%C3%ADa-en-la-lucha-contra-el-cambio-clim%C3%A1tico/a-52175107>



Anexos

Anexo 1. Orígenes del estudio científico del clima

Las variaciones climáticas han sido objeto de análisis desde épocas remotas, sus descripciones se registran en las obras de los antiguos griegos y romanos, pero nunca fueron una preocupación a escala global como lo son en el presente (Molina et al., 2017). El estudio científico del clima ha jugado un papel fundamental en la comprensión de la crisis climática, nos ha permitido conocer las causas naturales en la variabilidad del clima, así como las causas antropogénicas que aceleran dichas variaciones. A modo de sintetizar algunos antecedentes del estudio científico del clima, a continuación se presenta la siguiente tabla:

| Siglo | Acontecimiento |
|--------------------|--|
| Siglo XVIII | La Revolución Industrial, que comenzó a mediados del siglo XVIII en Gran Bretaña, fue un proceso largo de transformaciones económicas, sociales y tecnológicas; la producción agraria, industrial y los transportes, incorporaron nuevas tecnologías mediante el método de prueba-error por parte de campesinos y artesanos, por lo que la ciencia contribuyó poco al progreso tecnológico en este proceso (Escudero, 2000). La Revolución Industrial marcó un cambio en los sistemas de producción y, a su vez, un cambio generalizado en la estructura de la sociedad, al sustituir la fuerza de trabajo por el uso de máquinas impulsadas por combustibles fósiles (principalmente carbón y petróleo), sin tomar en consideración los posibles efectos negativos que provocaría el uso intensivo de estas fuentes de energía sobre las comunidades humanas, su salud, los ecosistemas y el sistema climático, con lo cual se sentarían las bases para el estudio científico del clima y sus variaciones. |
| Siglo XIX | <p>El físico y matemático francés Jean Baptiste Joseph Fourier, cuyo trabajo se enfocó a los problemas de transferencia de calor, concluyó que había “algo” que estaba relacionado con la atmósfera y regulaba de alguna forma el calor transferido al espacio desde el planeta (lo que actualmente es conocido como la radiación infrarroja).</p> <p>A mediados del siglo, el irlandés John Tyndall demostró que no todos los gases que constituyen la atmósfera eran igualmente transparentes a la radiación infrarroja, sino que las moléculas de vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂) y el ozono (O₃) eran “opacos” a esa radiación y por lo tanto eficaces para capturar rayos infrarrojos. Tyndall también observó que las moléculas del aire difractaban la luz, es decir, que desvían las ondas de luz al chocar con el borde de las moléculas opacas del aire (Molina et al., 2017).</p> <p>En 1895, el científico sueco Svante August Arrhenius estimó que algunos gases que formaban parte de la atmósfera terrestre, como el dióxido de carbono (CO₂), producido por la quema de combustibles fósiles, podría tener influencia en los cambios de temperatura de la superficie de la Tierra (Delgado, 2010), además de que fue el primero en utilizar el término “efecto invernadero” y concluyó que una duplicación en las cantidades de CO₂ en la atmósfera</p> |

| | |
|------------------|--|
| | <p>produciría un aumento aproximado de 4°C en la temperatura de la Tierra (Molina et al, 2017).</p> |
| Siglo XX | <p>La Primera y Segunda Guerra Mundial (de 1914 a 1918 y de 1939 a 1945, respectivamente) y la Guerra Fría (de 1945 a 1991), tuvieron un gran impacto a escala global en distintos niveles. Derivado de los conflictos, hubo un significativo avance en materia de innovación tecnológica, ya que “la carrera por el espacio desempeñó un papel central en el progreso tecnológico, el cual tuvo impacto mayúsculo en relación con el entendimiento del clima de la Tierra” (Molina et al., 2017, p. 21); como prueba de ello están las imágenes⁶¹ de la Tierra vista desde el espacio exterior, obtenidas a mediados de la década de 1940, gracias a militares y científicos estadounidenses (Europa press, 2019), en las cuales, se podía apreciar la esquina inferior derecha de la superficie terrestre fotografiada en blanco y negro (National Geographic, 2018).</p> <p>En la década de 1960, las imágenes a color de la Tierra, vista desde la Luna, tomadas a bordo del Apolo 8 por el astronauta Bill Anders (NASA, 2017) dieron un nuevo significado a la forma en que la humanidad concebía al planeta y su propia existencia. Además, estos acontecimientos dieron cuenta de que la Tierra “aparece en toda su soledad y fragilidad” (Lezama, 2012).</p> <p>Los científicos estadounidenses Charles David Keeling y Roger Revelle, aportaron las pruebas de que, las predicciones de sus antecesores como Arrhenius, eran hechos irrefutables. Keeling, realizó mediciones de las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera, esto en dos áreas del planeta, lo suficientemente aisladas de las actividades humanas para dichas mediciones: el volcán Manua Loa en Hawái y la Antártida; con lo que pudo constatar el aumento en las concentraciones de CO₂ en la atmósfera. Por su parte, Revelle publicó un artículo en 1957, en el que advertía que los sistemas marinos del planeta no tendrían la capacidad para absorber el exceso de CO₂ producido por las actividades humanas.</p> <p>En 1988 tuvo lugar la creación del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), por parte de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente (PNUMA). Desde su creación, ha elaborado informes que han sido el referente científico alrededor del cambio climático para la toma de decisiones políticas a escala internacional. Destaca el Informe del año 2007, en el que el IPCC, junto con Albert Arnold (Al) Gore Jr., fueron conjuntamente galardonados con el Premio Nobel de la Paz, “por sus esfuerzos para construir y difundir un mayor conocimiento sobre el cambio climático causado por el hombre y poner las bases para tomar las medidas necesarias para contrarrestar ese cambio” (ONU, 2019).</p> |
| Siglo XXI | <p>En 2018 se publicó el Reporte Especial sobre el Calentamiento Global de 1.5 °C, en el cual se estima que las actividades humanas han causado aproximadamente 1.0 °C de calentamiento global por encima de los niveles preindustriales. Además, arrojó que existe la probabilidad (con un alto grado de confianza), que el calentamiento global alcance 1.5 °C entre los años 2030 y 2052 si continúa aumentando al ritmo actual, con grandes consecuencias para la humanidad, el desarrollo, el sistema climático y la Tierra en general.</p> |

Fuente: elaboración propia a partir de Escudero, 2000; Molina et al., 2017; Delgado, 2010; Europa press, 2019; National Geographic, 2018; NASA, 2017; Lezama, 2012; y ONU, 2019.

⁶¹ Si bien, en 1935 ya se había logrado obtener imágenes de la superficie de la Tierra, éstas fueron obtenidas a una altura de 20 kilómetros, lo suficientemente alto para discernir sólo la curvatura del planeta (Europa press, 2019).