



ESTUDIOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN AMÉRICA LATINA

Portafolio de políticas públicas de adaptación al cambio climático y mitigación de sus efectos con beneficios adicionales o “sin arrepentimiento” en América Latina

Luis Miguel Galindo
Joseluis Samaniego
Allan Beltrán
Jimmy Ferrer Carbonell
José Eduardo Alatorre



NACIONES UNIDAS

CEPAL





**Portafolio de políticas públicas de adaptación
al cambio climático y mitigación de sus efectos
con beneficios adicionales o “sin
arrepentimiento” en América Latina**

Luis Miguel Galindo
Joseluis Samaniego
Allan Beltrán
Jimmy Ferrer Carbonell
José Eduardo Alatorre



Este documento fue preparado por Luis Miguel Galindo, Jefe de la Unidad de Cambio Climático de la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL); Joseluis Samaniego, Director de dicha División; Allan Beltrán, Consultor; y Jimmy Ferrer Carbonell y José Eduardo Alatorre, Oficiales de Asuntos Económicos de la mencionada Unidad de Cambio Climático, en el marco de las actividades del programa EUROCLIMA (CEC/14/001), y contó con el financiamiento de la Unión Europea.

Ni la Unión Europea ni ninguna persona que actúe en su nombre es responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida en esta publicación. Los puntos de vista expresados en este estudio son de los autores y no reflejan necesariamente los puntos de vista de la Unión Europea.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de la Organización.

Publicación de las Naciones Unidas

LC/TS.2017/127

Distribución: Limitada

Copyright © Naciones Unidas, diciembre de 2017. Todos los derechos reservados

Impreso en Naciones Unidas, Santiago

S.17-00653

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), División de Publicaciones y Servicios Web, publicaciones@cepal.org. Los Estados Miembros de las Naciones Unidas y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a la CEPAL de tal reproducción.

Índice

Resumen	5
Introducción	7
I. Políticas públicas de mitigación y adaptación en el contexto de la incertidumbre climática	9
A. Mitigación vs adaptación al cambio climático	10
B. Co-beneficios de las políticas climáticas.....	12
C. Políticas de mitigación ‘con co-beneficios’.....	15
D. Políticas de adaptación ‘sin arrepentimiento’.....	16
1. Estrategias ‘sin arrepentimiento’	17
2. Estrategias flexibles.....	17
3. Estrategias con márgenes de seguridad.....	17
4. Estrategias de ingeniería blanda.....	17
5. Reducción del horizonte temporal en la toma de decisiones.....	18
6. Conflictos y sinergias entre políticas de adaptación y mitigación	18
E. Discusión.....	19
II. Revisión de literatura: evidencia empírica	21
A. Métodos.....	21
1. Análisis de Decisión Multi-Criterio (ADMC).....	21
2. Toma de decisiones y medidas robustas (TDMR)	23
3. Análisis costo-beneficio	23
B. Políticas sectoriales.....	24
1. Agricultura.....	25
2. Recursos hídricos.....	26
3. Zonas costeras	27
4. Conservación de la naturaleza	28
5. Salud.....	28
6. Infraestructura	29
7. Transporte	30
8. Energía	31
III. ADCMC para evaluar políticas de mitigación y adaptación al cambio climático en América Latina	33
A. Estructura de la plataforma para el ADCMC en América Latina	34
1. Catálogo de políticas públicas de mitigación y adaptación al cambio climático	34
2. Criterios de evaluación para identificar políticas robustas al cambio climático	35
B. Manual: ADCMC para evaluar políticas de mitigación y adaptación al cambio climático en América Latina.....	36

1.	Pantalla de navegación	36
2.	Instrucciones de uso de la plataforma para ADMC	37
IV.	Conclusiones.....	47
	Bibliografía.....	49
	Anexo.....	55
	Listados de políticas sectoriales evaluadas en la literatura.....	56
Cuadros		
Cuadro 1	Conceptos asociados a los beneficios secundarios de las políticas climáticas ..	13
Cuadro 2	Características de políticas de mitigación y adaptación: beneficios primarios, co-beneficios y costos	14
Cuadro 3	Políticas de mitigación con co-beneficios	16
Cuadro 4	Políticas de adaptación con co-beneficios.....	18
Cuadro 5	Catálogo de políticas de mitigación y adaptación por sector	34
Cuadro 6	Definición de criterios para el ADMC ^a	38
Cuadro 7	Ejemplo: asignación de pesos relativos.....	38
Cuadro 8	Ejemplo: calificaciones asignadas fuera del rango permitido	39
Cuadro 9	Guía para la calificación de políticas	39
Cuadro 10	Ejemplo: evaluación de políticas de mitigación y adaptación.....	40
Cuadro 11	Ejemplo: jerarquización de políticas de mitigación y adaptación	41
Cuadro 12	Ejemplo: análisis de sensibilidad	45
Cuadro A.1	Estrategias de adaptación en el sector agropecuario	56
Cuadro A.2	Estrategias de mitigación en el sector agropecuario	57
Cuadro A.3	Estrategias de adaptación en el sector hídrico.....	57
Cuadro A.4	Estrategias de adaptación en zonas costeras	58
Cuadro A.5	Estrategias de adaptación en el sector de conservación de la naturaleza	58
Cuadro A.6	Estrategias de mitigación en el sector de conservación de la naturaleza	59
Cuadro A.7	Estrategias de adaptación en el sector energético.....	59
Cuadro A.8	Estrategias de mitigación en el sector energético	60
Cuadro A.9	Estrategias de adaptación en el sector de infraestructura	60
Cuadro A.10	Estrategias de mitigación en el sector de infraestructura.....	61
Cuadro A.11	Estrategias de adaptación en el sector salud	61
Cuadro A.12	Estrategias de mitigación en el sector salud	62
Cuadro A.13	Estrategias de mitigación en el sector transporte.....	62
Gráficos		
Gráfico 1	Cambio en la temperatura media global en superficie, IPCC (2014)	7
Gráfico 2	Medidas de adaptación y mitigación en el sector agropecuario	25
Gráfico 3	Medidas de adaptación en el sector hídrico	26
Gráfico 4	Medidas de adaptación en el sector de zonas costeras	27
Gráfico 5	Medidas de adaptación en el sector de conservación de la naturaleza	28
Gráfico 6	Medidas de adaptación en el sector salud	29
Gráfico 7	Medidas de adaptación en el sector de infraestructura	30
Gráfico 8	Medidas de mitigación en el sector transporte	31
Gráfico 9	Medidas de adaptación y mitigación en el sector energético	32
Gráfico 10	Pantalla de navegación.....	37
Gráfico 11	Ejemplo: Jerarquización de políticas de mitigación y adaptación	41
Gráfico 12	Ejemplo: jerarquización de políticas de mitigación y adaptación, análisis gráfico	42
Gráfico 13	Ejemplo: desempeño de políticas evaluadas por criterio	43
Gráfico 14	Ejemplo: análisis de sensibilidad	44
Gráfico 15	Ejemplo: análisis de sensibilidad (representación gráfica).....	46

Resumen

El principal objetivo de este estudio es describir los criterios utilizados en la economía del cambio climático para ordenar y/o clasificar las políticas públicas, atendiendo a diversos criterios de eficiencia e incertidumbre o potenciales efectos sobre otras variables económicas, sociales o ambientales y presentar un software, elaborado en EXCEL, que determina, a través de métodos de multi-criterio, el ordenamiento jerárquico de diversas políticas públicas referidas a la adaptación y mitigación del cambio climático.

En los últimos años, existe un creciente interés por instrumentar políticas públicas que contrarresten y suavicen los efectos que podría originar el cambio climático incluyendo la incertidumbre que es inherente a la predicción de los beneficios netos (económicos, ambientales, sociales y políticos) en un periodo de tiempo determinado. En este contexto, resulta importante identificar aquéllas políticas que tendrán un mejor desempeño ante la gran variedad de escenarios climáticos futuros.

La literatura existente ha utilizado los conceptos de ‘doble dividendo’, ‘co-beneficios’ (beneficios adicionales), y ‘sin arrepentimiento’ para definir a los tipos de políticas de adaptación y mitigación que hacen frente a los desafíos que impone el cambio climático.

Así, el concepto de co-beneficios en las políticas públicas incluye a los beneficios adicionales positivos que una política de mitigación o adaptación puede tener como objetivos secundarios, sin importar su efecto neto en el bienestar social. Por su parte, el concepto de políticas públicas sin arrepentimiento incluye aquellas políticas donde sus beneficios totales (primarios y secundarios) exceden los costos de su implementación aún bajo las condiciones climáticas actuales. Finalmente, el concepto de doble dividendo se refiere a la aplicación, fundamentalmente, de políticas fiscales que permiten la reutilización de ingresos fiscales y la reducción de impuestos que distorsionan la actividad económica generando un primer dividendo favorable al medio ambiente y un segundo dividendo positivo en lo económico o lo social. Además, existe un doble dividendo fuerte en el caso en que el segundo exista sin ninguna política de reciclaje fiscal y existe un segundo dividendo débil en el caso en que sea necesaria una política de reciclaje fiscal para obtener este segundo efecto positivo.

En los estudios analizados, se describen parcialmente las bondades o debilidades de las políticas analizadas y en algunos casos, no se expresa explícitamente una clasificación de ‘sin arrepentimiento’, o si poseen co-beneficios. Sin embargo, no significa que no los posean.

Por ejemplo, en los análisis de costo-beneficio, se evalúan únicamente los beneficios primarios, situación que no permite la completa visualización de los beneficios secundarios y posibles efectos negativos. En enfoques como el multicriterio, depende de las características priorizadas por el

panel de expertos o por los mismos autores, imponiendo cierto grado de subjetividad que puede alterar las conclusiones de los análisis. En este sentido, la presente revisión de literatura pretende ser una guía para los tomadores de decisiones y expertos aunque, no se sugiere generalizar su aplicación para todos los casos, ya que las estimaciones de costos, beneficios y co-beneficios dependen en gran medida del contexto nacional o local en el que se implementen las políticas.

La efectividad o robustez de las medidas de adaptación y mitigación dependen de una serie de factores donde siempre está presente cierto grado de incertidumbre y donde los procesos de diseño y aplicación se ven influenciados por los efectos secundarios que pudiesen originar. Asimismo, las prioridades de crecimiento económico y reducción de los niveles de pobreza de los países en desarrollo han limitado el uso de políticas ambientales, por lo tanto, aquellas que sean compatibles con dichos prerrequisitos se vuelven más deseables. Contar con un amplio portafolio de políticas públicas, catalogadas en la literatura como co-beneficios o 'sin arrepentimiento', amplía la información y las posibilidades que tienen los tomadores de decisión para hacer frente a los desafíos ambientales, económicos, sociales y políticos que podría ocasionar el cambio climático. En este texto, se ofrece un resumen de las formas en que se han clasificado y ordenándolas jerárquicamente.

Por su parte, la incertidumbre asociada al fenómeno del cambio climático sugiere que los tomadores de decisión deben contar con una estrategia de políticas públicas que muestren un buen desempeño ante los escenarios climáticos futuros. Aunque existen diversas herramientas que permiten evaluar portafolios de políticas públicas e identificar aquéllas con un desempeño más robusto frente al cambio climático, las metodologías demandan una considerable cantidad de información y conocimientos técnicos lo que limita su uso práctico. En este documento, se sugiere el manejo del Análisis de Decisión Multi-Criterio (ADMC) como una herramienta útil, práctica y flexible para considerar el desempeño de políticas ante la incertidumbre climática de forma sistemática en la toma de decisiones. Si bien padece cierto grado de subjetividad, el involucramiento de expertos en el proceso de evaluación puede ayudar a minimizar cualquier sesgo. También, se ilustra el desarrollo y el uso de una plataforma en Excel para el ADMC que permita evaluar las políticas de mitigación y adaptación al cambio climático en América Latina. El ADMC considera ciertos criterios de evaluación que caracterizan el desempeño de las políticas ante la incertidumbre climática. De esta forma el ADMC consiste en: 1) Definir las ponderaciones que se utilizarán en los criterios de evaluación; 2) Evaluar las políticas de acuerdo a los criterios seleccionados; 3) Jerarquizar las políticas de acuerdo a su desempeño en los criterios seleccionados; y 4) Mostrar un análisis de sensibilidad. La plataforma en Excel permite desarrollar estos cuatro pasos de manera fácil y flexible además, brinda opciones que permiten comparar políticas por sector o por tipo (mitigación o adaptación).

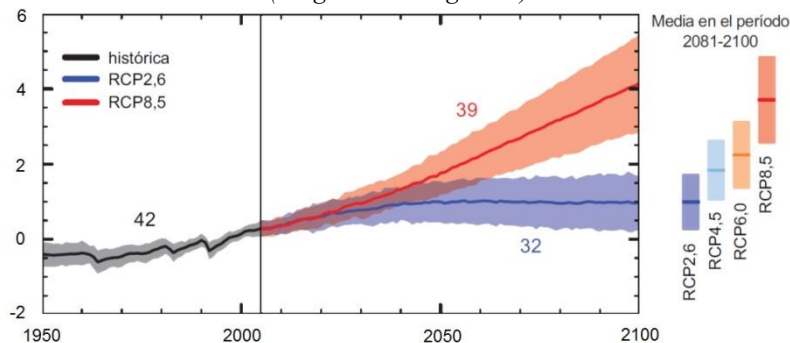
El objetivo es que la plataforma pueda utilizarse por los tomadores de decisión de la región para que ayude en el desarrollo de estrategias o portafolios de políticas de mitigación y adaptación que brinden los mejores resultados frente a los retos que el cambio climático plantea.

Introducción

El quinto reporte del IPCC¹, (2013) señala que existe un 95% de confianza de que el calentamiento global registrado durante el siglo XX derive del aumento de las concentraciones de emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI). Asimismo, concluye que de no implementarse esfuerzos adicionales para la reducción de GEI, el incremento de la temperatura media global en la superficie para el año 2100 estaría en el rango de 0,3 a 4,8°C, en relación a 1986-2005, dependiendo del escenario de trayectorias de concentración representativas (RCP) (RCP2.6–RCP8.5) y considerando la incertidumbre climática.

El gráfico 1 muestra los escenarios utilizados en el quinto reporte del IPCC. Destaca el uso de cuatro escenarios climáticos y el alto grado de incertidumbre asociado. Los escenarios corresponden a diferentes narrativas sobre el futuro desempeño de los principales factores que determinan el cambio climático (físicos, ecológicos, y socioeconómicos) y la aplicación de diferentes políticas de mitigación (Wayne, 2013). El escenario RCP2.6 corresponde a una senda de emisiones en que los procesos de mitigación conducirían a bajos niveles de concentración de GEI. Los escenarios RCP4.5 y RCP6.0 muestran la estabilización del forzamiento radiativo después de 2100, mientras que el escenario RCP8.5 se caracteriza por el aumento progresivo de GEI hasta alcanzar una concentración atmosférica alta (CEPAL, 2015).

Gráfico 1
Cambio en la temperatura media global en superficie, IPCC (2014)
(En grados centígrados)



Fuente: IPCC, (2013).

¹ Intergovernmental Panel on Climate Change.

Asimismo, el clima seguirá mostrando variabilidad interanual y decenal, y será heterogéneo entre regiones (IPCC, 2013, CEPAL, 2015). En América Latina y el Caribe, los modelos climáticos muestran que, de acuerdo al escenario de emisiones más optimista (RCP2.6), el aumento medio de temperatura proyectado a 2100 es cercano a 1°C con respecto al período 1986-2005, sin embargo podría alcanzar un máximo de entre 2,9 a 5,5°C bajo el escenario RCP8.5 que considera los niveles más altos de concentraciones de GEI (CEPAL, 2015).

En este sentido, el cambio climático representa un riesgo alto para las sociedades y el medio ambiente. Las principales respuestas, en términos de política pública, consisten en acciones de mitigación de GEI y adaptación al cambio climático. Por tanto, las políticas de mitigación se entienden como acciones para limitar el cambio climático global mediante la reducción de emisiones de GEI o el incremento en los sumideros de carbono. Por su parte, las políticas de adaptación comprenden las acciones dirigidas a sistemas vulnerables como respuesta a la variación climática actual o esperada, con el objetivo de moderar los daños asociados a la exposición del cambio climático (IPCC, 2001; Fussler, 2007).

La evidencia presentada por el IPCC (2001) muestra que algunos de los mayores impactos se observarán en los países en desarrollo, donde la población es más vulnerable y con menos posibilidades de adaptación (Beg et al., 2002). Además de la urgente necesidad de implementar políticas de mitigación, existen argumentos para incrementar la consideración de políticas de adaptación. Los escenarios de cambio climático sugieren que, independientemente del escenario de emisiones propuesto, la tasa de calentamiento global para las próximas décadas será sustancialmente mayor a la observada en el pasado (Meehl y Stocker, 2007). La evidencia señala, que las emisiones de GEI ya han afectado las condiciones climáticas típicas y la magnitud y frecuencia de eventos climáticos extremos, con impactos sustanciales en sistemas sociales y ambientales (Hegerl y Zwiers, 2007; Casassa y Rosenzweig, 2007).

El diseño de estrategias de mitigación y adaptación para combatir el cambio climático plantea retos políticos y analíticos específicos. Uno de los principales, es la selección de políticas de mitigación y adaptación bajo escenarios de alta incertidumbre (como la descrita en el gráfico 1) (Fankhauser y Burton, 2011; Groves y Lempert, 2007; Lempert et al., 2006; Yohe et al., 2004). Dicha incertidumbre plantea la necesidad de seleccionar políticas de mitigación y adaptación que sean robustas (que tengan un buen desempeño) ante la gran variedad de escenarios climáticos futuros (Groves y Lempert, 2007). Lo anterior requiere que se consideren las diferentes características de las estrategias de mitigación y adaptación, en términos de la distribución geográfica y temporal de sus costos y beneficios, y las dificultades técnicas que plantea la estimación. Todo, bajo criterios de efectividad y eficiencia económica que requieren el uso de recursos escasos (Fankhauser y Burton, 2011; Krupnick et al., 2000).

Conceptos como ‘co-beneficios’ (o beneficios adicionales), políticas ‘sin arrepentimiento’ o ‘doble dividendo’ han cobrado importancia en el diseño de una estrategia de políticas públicas para enfrentar el cambio climático (Mayrhofer y Gupta, 2016). Su uso plantea la posibilidad de observar progresos en el cumplimiento de metas secundarias de política pública como consecuencia de políticas encaminadas al logro de objetivos prioritarios de cambio climático.

Groves y Lempert (2007), sugieren que la existencia de beneficios adicionales (co-beneficios) en la implementación de políticas de mitigación y adaptación puede ayudar a mejorar la viabilidad económica de políticas públicas que resultan poco factibles en caso de que sólo se consideren sus beneficios climáticos. Sin embargo, existen grandes retos para identificar y cuantificar los co-beneficios. Este documento presenta una revisión de literatura sobre los beneficios y co-beneficios de las políticas climáticas y permite identificar aquellos criterios que caracterizan una estrategia robusta de mitigación y adaptación. Además, detalla el desarrollo de una plataforma en Excel que mediante el ADMC identifica las políticas que muestran el mejor desempeño ante condiciones de incertidumbre climática en América Latina. Lo que permite construir y analizar portafolios de medidas de adaptación y mitigación al cambio climático.

El documento se divide en dos grandes secciones: en la primera se identifican las características de las políticas de mitigación y adaptación y se señala la importancia de los beneficios secundarios en el diseño de estrategias ‘sin arrepentimiento’ para combatir el cambio climático. También se muestra una revisión de literatura sobre las metodologías utilizadas para incorporar los co-beneficios de las políticas en el diseño de estrategias de mitigación y adaptación robustas al cambio climático. La segunda, presenta y ejemplifica el uso de una plataforma en Excel para identificar las estrategias de políticas robustas.

I. Políticas públicas de mitigación y adaptación en el contexto de la incertidumbre climática

La toma de decisiones en un contexto con incertidumbre requiere identificar políticas públicas robustas, es decir, aquellas que tengan un buen desempeño ante un amplio rango de posibles escenarios futuros. Autores como Groves y Lempert (2007), Lempert *et al.* (2006) y Yohe *et al.* (2004) utilizan el término *incertidumbre profunda* (*deep uncertainty*) para describir la toma de decisiones ante los escenarios futuros de cambio climático. Dicha incertidumbre caracteriza procesos donde existe un amplio rango de escenarios generados a partir de varios parámetros asociados a diferentes distribuciones de probabilidad. Groves y Lempert (2007) sugieren que la toma de decisiones bajo estas condiciones se debe centrar en la identificación de opciones robustas y no en criterios de optimización.

La metodología tradicional, para la evaluación de opciones de política pública contra el cambio climático, se basa en el supuesto de que es posible pronosticar el futuro (Lempert y Schlesinger, 2000). Normalmente, el proceso de toma de decisiones comienza con la consideración de varias acciones potenciales de política pública y con el desarrollo de modelos que permitan describir las consecuencias de cada una. Posteriormente, las opciones son evaluadas y priorizadas de acuerdo a diferentes criterios de política pública. Los analistas utilizan este método para predecir las consecuencias de cada acción y recomendar la respuesta ‘óptima’, es decir aquella política que presenta el mejor desempeño en base a los criterios seleccionados (Morgan y Henrion, 1990). En ocasiones, el análisis suele incluir la incertidumbre sobre escenarios futuros mediante la asignación de probabilidades de ocurrencia para cada escenario. En este caso, la opción ‘óptima’ es aquella que, en promedio, muestra el mejor desempeño. Esta metodología puede ayudar a la toma de decisiones bajo incertidumbre únicamente si las probabilidades asignadas a los escenarios futuros son correctas (Groves y Lempert, 2007; Lempert, *et al.*, 2006; Lempert y Schlesinger, 2000). Sin embargo, ante la profunda incertidumbre que caracteriza el fenómeno del cambio climático, resulta imposible determinar *a priori* y de forma correcta estas probabilidades (Mayrhofer y Gupta, 2016).

La evidencia sugiere que la metodología tradicional basada en la identificación de políticas ‘óptimas’ resulta insuficiente para la toma de decisiones en el contexto del cambio climático (véase por ejemplo Dessai *et al.*, 2004; Lempert *et al.*, 2004; Sarewitz y Pielke, 2000). Autores como Groves y Lempert (2007) y Metz *et al.* (2001) sugieren que en situaciones de incertidumbre profunda, como en el cambio climático, el análisis de política pública basado en la predicción de escenarios futuros puede resultar en conclusiones erróneas ya que, sus resultados de política pública óptima reflejan el supuesto fundamental de que las predicciones sobre el futuro son ciertas. Mayrhofer y Gupta (2016), Hallegatte (2009), Fankhauser y Burton (2011) y Groves y Lempert (2007) sugieren que la selección de políticas públicas de mitigación y adaptación al cambio climático no se debe basar en criterios de optimización respecto a escenarios futuros, sino en el diseño de estrategias que sean robustas frente a un futuro impredecible.

La principal diferencia entre las dos metodologías radica en la pregunta que se busca responder al momento de la toma de decisiones. El análisis de políticas basado en predicciones futuras requiere determinar en primera instancia que sucederá en el futuro, mientras que la búsqueda de estrategias robustas requiere que se determinen las acciones de política pública a tomar, dado que resulta imposible predecir el futuro con exactitud. Fankhauser y Burton (2011) y Groves y Lempert (2007) sugieren que la selección de estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático se debe enfocar en identificar políticas públicas robustas ante la variedad de posibles escenarios futuros de cambio climático. Este tipo de estrategias se caracterizan por ser insensibles a la incertidumbre futura, lo que implica que rinden resultados satisfactorios, aún bajo la presencia de condiciones adversas o catastróficas. De esta manera, el reto no es encontrar la mejor política para los próximos 100 años, sino seleccionar una estrategia robusta y flexible que se ajuste a lo largo del tiempo (IPCC, 1995).

Autores como Pearce (2000), Lempert y Schlesinger (2000) y Fankhauser *et al.* (1999) sugieren que una estrategia robusta de mitigación y adaptación al cambio climático brinda mayor flexibilidad a los tomadores de decisión para adaptarse a distintos escenarios climáticos futuros, comparado con la rigidez que implica el diseño de políticas encaminadas al cumplimiento de metas en cuanto a la reducción de emisiones de GEI. Sin embargo, la literatura destaca tres preguntas importantes, materia de debate: (1) ¿Existe un conjunto de políticas que comprenda una estrategia de mitigación y adaptación robusta al cambio climático? Si existe, (2) ¿Qué criterios se deben seguir para identificar dicho conjunto?, y finalmente (3) ¿De qué manera se puede evaluar el desempeño de estas políticas ante los diferentes escenarios climáticos? En lo que resta de este documento, se busca discutir las respuestas, que la literatura actual sugiere, a estas preguntas.

A. Mitigación vs adaptación al cambio climático

Tradicionalmente la comunidad científica y los tomadores de decisión han puesto mayor énfasis al diseño y evaluación de políticas de mitigación que en temas relacionados al diseño e implementación de políticas de adaptación. Sin embargo, existe consenso en la literatura en que las políticas de mitigación y adaptación deben ser consideradas y diseñadas de forma complementaria, y no como alternativas mutuamente excluyentes, debido a sus diferentes características en términos de distribución geográfica y temporal de sus costos y beneficios, y dificultades técnicas que plantea la estimación de los mismos (Bosello y Chen, 2011; Bosello *et al.*, 2010; De Bruin *et al.*, 2009; Klein y Huq, 2008). Al respecto, autores como Bosello y Chen (2011), Klein y Huq (2008), Fankhauser (1998) y Callaway *et al.* (1998) señalan que existen siete diferencias importantes entre los beneficios, costos y temporalidad de las políticas de mitigación y adaptación que es importante considerar para el diseño de estrategias de combate al cambio climático:

- **Beneficios de mitigación y adaptación:** en términos económicos, los beneficios primarios de las políticas de mitigación se definen como el valor presente de la suma de daños futuros evitados por la implementación de políticas enfocadas a la reducción de emisiones de GEI. Por otro lado, los beneficios primarios de las políticas de adaptación se definen como el valor presente de la suma de daños presentes y futuros evitados por políticas enfocadas a la reducción de daños asociados a la exposición al cambio climático. En ambos casos, la cuantificación de los beneficios de las políticas climáticas requiere el diseño de un escenario contrafactual que identifique cual sería la situación en ausencia de estas políticas.
- **Distribución espacial de costos y beneficios:** existen diferencias importantes en la distribución espacial de los beneficios de las políticas de mitigación y adaptación. El objetivo de las primeras es reducir todo tipo de riesgos climáticos futuros asociados a la acumulación atmosférica de GEI. Por otro lado, las políticas de adaptación están encaminadas a reducir riesgos específicos a nivel local o regional; por ejemplo, pueden aplicarse en regiones geográficas (políticas de uso de suelo) o riesgos específicos (investigación y desarrollo en cultivos resistentes a altas temperaturas). De esta forma, las políticas de mitigación proveen beneficios globales con características de un bien público, mientras que las medidas de adaptación pueden entenderse como un bien privado con beneficios a nivel local.

- **Distribución temporal de costos y beneficios:** Los beneficios de las políticas de mitigación se materializan en un horizonte temporal de largo plazo debido al rezago que existe entre el momento en que se liberan las emisiones de GEI y sus efectos en el sistema climático. Por otro lado, las políticas de adaptación suelen tener beneficios inmediatos en términos de reducción de la vulnerabilidad climática y mayor resiliencia de los ecosistemas, aunque sus beneficios de largo plazo dependen de la evolución de las variables climáticas a nivel local. No obstante, ambos tipos de políticas suelen tener altos costos en el corto plazo que se distribuyen de manera heterogénea entre los actores.
- **Incertidumbre en políticas de mitigación y adaptación:** Para los tomadores de decisión, el cambio climático representa un alto grado de incertidumbre. La asociada a los beneficios de las políticas de adaptación suele ser mayor que la asociada a políticas de mitigación. Como ya se mencionó, las medidas de adaptación son diseñadas para la reducción de daños potenciales en un sólo sector o región. Como resultado, la estimación de los efectos directos de las medidas de adaptación en la reducción de daños potenciales, así como el diseño del escenario contrafactual deben ser estimados a escala local. Sin embargo, la existencia de impactos del cambio climático, su dirección, magnitud, frecuencia y horizonte temporal muestran un alto grado de incertidumbre a esta escala.
- **Sinergias en políticas de mitigación y adaptación:** Existe una relación compleja entre las estrategias de adaptación y mitigación. La implementación de políticas exitosas de mitigación disminuye la intensidad y ritmo del cambio climático, lo que modifica y hace menos rentable las estrategias de adaptación. Por otro lado, la implementación de políticas exitosas de adaptación disminuye los beneficios marginales de las políticas de mitigación. Considerando ambos tipos de sinergias, Bosello y Chen (2011) sugieren que el segundo tipo es el que tiende a dominar en las políticas climáticas, ya que en el mediano plazo los beneficios climáticos de las políticas de mitigación son limitados, por lo que su implementación no modifica en gran medida las necesidades presentes de adaptación.
- **Indicadores de desempeño:** Las políticas de mitigación consideran un amplio rango de actividades que incluyen la reducción en el uso de combustibles fósiles y el secuestro de CO₂ en áreas forestales. Sin embargo, su desempeño puede ser evaluado con un indicador común en términos de la reducción de emisiones de GEI asociada a cada instrumento de política (Moomaw *et al.*, 2001). Por otro lado, las políticas de adaptación también comprenden un amplio número de actividades en diversos sectores. Sin embargo, no existe un común indicador (claro) para la evaluación del desempeño de estas políticas. En este caso, es posible identificar indicadores de desempeño para cada tipo de actividades, por ejemplo, la velocidad máxima de viento que una construcción puede resistir, o el estrés hídrico que pueden soportar distintas variedades de cultivos.
- **Diferencias institucionales:** Las políticas de mitigación y adaptación suelen ser diseñadas e implementadas por diferentes actores a distintos niveles. La aplicación de políticas de mitigación se concentra en un grupo de sectores como energía, transporte, recursos forestales y agricultura los cuales, suelen formar parte de una estrategia de desarrollo a nivel nacional. En contraste, existe un amplio número de sectores que llevan a cabo políticas de adaptación, por ejemplo, turismo, recursos hídricos, biodiversidad, etc. Por su parte, los actores políticos suelen tener mayor presencia a escala local o regional.

En este contexto, existe un número creciente de estudios que analizan el desarrollo de indicadores que permiten caracterizar una selección de políticas de mitigación y adaptación robusta ante escenarios de incertidumbre climática (Bosello y Chen, 2011). Autores como Bosello y Chen (2011) y Klein y Huq (2008) sugieren que una estrategia con estas características consistiría en una mezcla de políticas robustas de mitigación y adaptación. En este contexto, conceptos como ‘co-beneficios’ (también llamados beneficios adicionales o secundarios), políticas ‘sin arrepentimiento’ o ‘doble dividendo’ han cobrado importancia para catalogar aquellas políticas que podrían formar parte de una estrategia robusta de mitigación y adaptación al cambio climático (Mayrhofer y Gupta, 2016).

B. Co-beneficios de las políticas climáticas

Se estima que el cambio climático tendrá efectos netos negativos (Ekins, 2000). Por tanto, el objetivo de las políticas de mitigación y adaptación es limitar los efectos adversos del cambio climático. De esta forma, los beneficios primarios de las políticas climáticas son la reducción de emisiones de CO₂ (mitigación) y la reducción en la vulnerabilidad de los impactos (adaptación). Además de los beneficios primarios, existen beneficios secundarios que derivan de estas políticas. La existencia de distintos niveles y tipos de beneficios secundarios ha sido catalogada con adjetivos como ‘doble dividendo’, políticas públicas ‘sin arrepentimiento’ o ‘co-beneficios’ (beneficios adicionales) dependiendo del autor, el tipo de política y el contexto. En esta sección se definen estos conceptos y se detallan sus características.

El uso del concepto co-beneficios se refiere a un amplio rango de beneficios secundarios en un gran número de sectores. En el contexto del cambio climático, el concepto refiere al efecto positivo que una política, enfocada al combate del cambio climático, puede tener sobre los objetivos secundarios de política, independientemente de su magnitud o el efecto neto en el bienestar de la sociedad. Los co-beneficios se encuentran sujetos a incertidumbre y dependen de las circunstancias locales y la forma en que se implementan las políticas públicas.

El concepto de ‘doble dividendo’, por definición, refiere exclusivamente a políticas impositivas que generan ingresos fiscales. El uso de este concepto se volvió popular a mediados de los noventa y se utiliza para clasificar políticas fiscales de mitigación al cambio climático, por ejemplo impuestos al carbono. La hipótesis del doble dividendo plantea que la aplicación de políticas impositivas a actividades intensivas en carbono puede resultar en dos tipos de beneficios. Primero, los ambientales mediante la reducción de emisiones de CO₂, y segundo los económicos adicionales (o doble dividendo) en términos de crecimiento económico, empleo o reducción de la desigualdad, mediante la reutilización de los ingresos fiscales en la reducción de impuestos en otras actividades que distorsionan los mercados de trabajo y/o capital, o mediante transferencias directas a los habitantes (Goulder, 1995). De esta forma, una política con ‘doble dividendo’ se refiere a aquella política climática fiscal impositiva que genera beneficios adicionales mediante la reutilización de los ingresos derivados del impuesto. Es importante señalar que la mera existencia de co-beneficios derivados de la reutilización de ingresos fiscales es suficiente para catalogar una política como de ‘doble dividendo’, sin importar su magnitud. Se considera un doble dividendo fuerte en el caso en que la política fiscal consiga, sin necesidad de reciclaje fiscal, efectos positivos adicionales y un doble dividendo débil cuando el reciclaje fiscal ocasiona un efecto económico positivo.

Las políticas climáticas también pueden catalogarse como ‘sin arrepentimiento’, concepto que puede aplicarse a políticas de mitigación y adaptación. Son definidas en términos económicos como las opciones de política que tienen costos netos negativos es decir, aquellas en que los beneficios superan los costos de su implementación (IPCC, 2007). De esta forma, el uso del concepto ‘sin arrepentimiento’ se refiere a políticas públicas que resultan costo-eficientes bajo las condiciones climáticas actuales. El concepto es utilizado por los tomadores de decisión para impulsar políticas frente a las condiciones de incertidumbre profunda que caracteriza el fenómeno del cambio climático. Se consideran robustas ya que generan beneficios en el presente (primarios o secundarios) aún si las condiciones climáticas futuras no resultan tan severas como se pronostica en algunos escenarios climáticos (ejemplo RCP8.5). La realización de los escenarios climáticos futuros aumenta los beneficios de las políticas ‘sin arrepentimiento’ lo que las vuelve más deseables.

En resumen, el concepto de co-beneficios incluye cualquier tipo de beneficios secundarios (no climáticos) que resulte de la implementación de políticas públicas de mitigación y adaptación al cambio climático. El concepto ‘doble dividendo’ se refiere a la posible existencia de beneficios secundarios económicos de las políticas fiscales de mitigación directamente o mediante la reutilización de los ingresos fiscales. Finalmente el concepto de política ‘sin arrepentimiento’ se utiliza para catalogar a aquellas políticas públicas de mitigación o adaptación que generan beneficios (incluyendo beneficios primarios y secundarios) mayores a los costos de implementación, aún bajo las condiciones climáticas actuales. Una política de mitigación que genere un ‘doble dividendo’ también puede catalogarse como ‘sin arrepentimiento’ si la magnitud de los beneficios (primarios y secundarios) superan los costos de su implementación. El cuadro 1, presenta un resumen sobre el uso y características de los conceptos ‘co-beneficios’, ‘doble dividendo’ y ‘sin arrepentimiento’.

Cuadro 1
Conceptos asociados a los beneficios secundarios de las políticas climáticas

	Co-beneficios	Doble dividendo	Sin arrepentimiento
Definición	Los efectos positivos que una política de mitigación o adaptación pueden tener de bienestar secundarios, sin importar su efecto neto en el bienestar social (IPCC, 2013)	Uso de políticas fiscales para limitar o reducir las emisiones de GEI y contrarrestar parte de las pérdidas relacionadas a las políticas climáticas, a través de la reutilización de ingresos fiscales y para reducir la aplicación de otros impuestos que causan distorsiones en la economía o mediante transferencias directas a los consumidores (IPCC, 2007)	Opciones de política de mitigación o adaptación para las que los beneficios totales (primarios y secundarios) igualan o exceden los costos asociados a su ejecución bajo las condiciones climáticas actuales (IPCC, 2007)
Especificidad del instrumento	Genérico	Específico: políticas fiscales de mitigación	Genérico
Magnitud de beneficios	Cualquier magnitud	Cualquier magnitud	Iguales o mayores a los costos de implementación bajo las condiciones climáticas actuales

Fuente: Adaptado de Mayrhofer y Gupta, (2016).

Las políticas públicas robustas al cambio climático también son catalogadas como ‘sin arrepentimiento’. Sin embargo, es difícil que políticas específicas puedan clasificarse de esta forma y más si sólo es en base a los méritos propios de sus beneficios primarios, debido a las diferencias que existen entre la distribución temporal y espacial de los costos y beneficios climáticos de las políticas de mitigación y adaptación. Los beneficios primarios de las políticas de mitigación son globales y de muy largo plazo, mientras que sus costos son locales o regionales y suelen observarse en el corto plazo. Las políticas de adaptación suelen tener altos costos locales o regionales en el corto plazo y algunos beneficios primarios locales de corto plazo, sin embargo sus beneficios de largo plazo dependen de la evolución de las variables climáticas a nivel local para las que exista un alto grado de incertidumbre. Además, puede haber sinergias entre políticas de mitigación y adaptación que afecten su rentabilidad a largo plazo.

Autores como Longo *et al.* (2012), Bosello y Chen (2011) y Markandya y Rübhelke (2004), distinguen tres características que diferencian a los beneficios primarios y co-beneficios de las políticas climáticas en términos de su carácter público/privado, temporalidad, y cuantificación:

- **Carácter público/privado de beneficios primarios y co-beneficios:** Los co-beneficios de las políticas climáticas (mitigación y adaptación) tienen el carácter de bienes privados y públicos. Esto es, los beneficios primarios de las políticas de adaptación también tienen el carácter de un bien privado a nivel local o regional aunque pueden incidir en los bienes públicos locales o globales. Ello, contrasta con los beneficios primarios de las políticas de mitigación ya que, la reducción en la intensidad del cambio climático generada por la reducción de las emisiones de GEI tiene beneficios públicos de carácter global que pueden llegar a reflejarse en beneficios privados locales. Por lo tanto, las políticas climáticas establecidas por los países pueden considerarse como un bien público impuro, ya que contienen características de bienes públicos y privados (Markandya y Rübhelke, 2004).
- **Temporalidad de beneficios primarios y co-beneficios:** Existen diferencias en el intervalo temporal entre la implementación de políticas públicas de mitigación y adaptación y la realización de los beneficios primarios y secundarios correspondientes. Los beneficios primarios de las políticas de mitigación se observan en el largo plazo, mientras que algunos beneficios primarios de adaptación se observan en el corto plazo aunque sus beneficios de largo plazo dependen de la evolución de las variables climáticas a nivel local cuyo pronóstico está sujeto a una alta incertidumbre. En ambos casos, los co-beneficios suelen observarse en el corto plazo. En el caso de las políticas de mitigación, los co-beneficios se asocian principalmente a la reducción de contaminantes que se emiten de manera conjunta con la quema de combustible fósiles, por ejemplo, reducción de partículas suspendidas y ruido. Los co-beneficios de las políticas de adaptación son variados y dependen de características específicas del instrumento de política utilizado. Por ejemplo, el uso de ecosistemas para la reducción del riesgo de inundación o el diseño de corredores de biodiversidad puede derivar

en una gran variedad de co-beneficios ambientales positivos, o el diseño de medidas para incrementar la eficiencia de sistemas de riego previendo la variabilidad en la disponibilidad de recursos hídricos puede beneficiar a la agricultura e incrementar disponibilidad de agua para la generación de electricidad y consumo humano (Krupnick *et al.*, 2000; Scheraga, 1999). En este contexto, autores como Fankhauser y Burton (2011) y Fankhauser *et al.* (1999) destacan la importancia de considerar el tiempo óptimo para la implementación de políticas climáticas la cual, debe posponerse siempre y cuando los beneficios de esta acción (posponer los costos de implementación) sean mayores que los costos asociados (potencial incremento en daños por cambio climático).

- **Cuantificación de beneficios primarios y secundarios:** Un requisito para estimar los beneficios primarios esperados de políticas climáticas es tener información sobre los posibles escenarios futuros de cambio climático y sus probabilidades. Debido a que existe una gran incertidumbre sobre el comportamiento futuro del sistema climático, su cuantificación está sujeta a un alto grado de incertidumbre. Los co-beneficios de las políticas climáticas no dependen de la evolución de los escenarios futuros de cambio climático, por lo que existe menor incertidumbre para su cuantificación.

El cuadro 2, muestra un resumen de las diferencias entre políticas de mitigación y adaptación de acuerdo a sus principales características en términos de beneficios primarios, co-beneficios, y costos.

Cuadro 2
Características de políticas de mitigación y adaptación: beneficios primarios, co-beneficios y costos

	Características	Mitigación	Adaptación
Beneficios primarios	Definición	Valor presente de la suma de daños futuros evitados por la implementación de políticas públicas de reducción de emisiones de GEI.	Valor presente de la suma de daños futuros evitados por políticas cuyo objetivo principal es la reducción de daños (presentes y futuros) asociados con la vulnerabilidad climática.
	Distribución espacial	Global	Local/regional
	Carácter público privado	Bien público/privado	Bien público/privado
	Distribución temporal	Largo plazo	Corto y mediano plazo
	Indicadores	Reducción de emisiones de GEI	Específicos para cada instrumento de política (e.g. estándar de protección de defensas de inundación, o resistencia al estrés hídrico de cultivos agrícolas, etc.)
	Implementación institucional	Estrategias de desarrollo a nivel nacional	Actores políticos a nivel local o regional
	Cuantificación	Requiere el diseño de escenarios climáticos contrafactuales que identifiquen el comportamiento de las variables climáticas en ausencia de políticas de mitigación	Requiere el diseño de escenarios climáticos contrafactuales que identifiquen la vulnerabilidad climática en ausencia de políticas de adaptación
	Incertidumbre	Alta	Muy alta
	Sinergias		
Co-beneficios	Definición	Efectos positivos de las políticas de mitigación no relacionados con los efectos primarios de las disminuciones de emisiones de GEI en la atmósfera.	Efectos positivos de las políticas de adaptación no relacionados con la reducción de vulnerabilidad a la variabilidad climática
	Distribución espacial	Local/regional	Local/regional
	Carácter público privado	Bien público/privado	Bien público/privado
	Distribución temporal	Corto plazo	Corto plazo
	Incertidumbre	Baja-Moderada	Baja-Moderada
Costos	Definición	Costos directos o indirectos de la implementación de políticas de mitigación	Costos directos o indirectos de la implementación de políticas de adaptación
	Distribución espacial	Local/regional	Local/regional
	Distribución temporal	Corto plazo	Corto plazo
	Incertidumbre	Baja	Baja

Fuente: Elaboración de los autores con base en la revisión de literatura.

En este contexto, el uso del concepto de co-beneficios cobra importancia ya que ayuda a alinear las diferencias temporales y espaciales entre los costos y beneficios primarios de las políticas climáticas mediante la compensación con beneficios secundarios que suelen ser de carácter local, se observan en el corto plazo, y son relativamente fáciles de cuantificar. Su cálculo, hace más atractiva la implementación de políticas climáticas, mejorando sus perspectivas en la comparación de costos y beneficios totales. De esta forma, las políticas de mitigación y adaptación para las cuales el valor presente de los beneficios totales (primarios y secundarios) superen el valor presente de sus costos aún bajo las condiciones climáticas presentes, podrán ser consideradas como ‘sin arrepentimiento’.

En las próximas secciones, se describen los co-beneficios de políticas de mitigación y adaptación, y se señalan las características de aquéllas que suelen identificarse como ‘sin arrepentimiento’.

C. Políticas de mitigación ‘con co-beneficios’

Las políticas de mitigación comprenden acciones para limitar el cambio climático global mediante la reducción de concentraciones futuras de GEI en la atmósfera, objetivo que puede lograrse a partir de dos políticas: (i) para reducir las emisiones de GEI; y (ii) para promover la captura de carbono. Sin embargo, la naturaleza y magnitud de los co-beneficios de las políticas depende de la selección realizada.

Las estrategias para reducir las emisiones de GEI consisten en políticas de instrumentos económicos donde destacan los fiscales o políticas regulatorias que generan incentivos para reducir la quema de combustibles fósiles, lo que puede lograrse, por ejemplo, a través de la implementación de tecnologías más eficientes en el uso de energía, la reducción del tránsito vehicular, y la sustitución de combustibles con un elevado contenido de carbono. En este caso, los co-beneficios de la reducción de emisiones de GEI (principalmente CO₂) surgen a partir de la reducción de otro tipo de contaminantes y externalidades asociadas a las actividades que generan emisiones de GEI. En los procesos de quema de combustibles fósiles, las emisiones de CO₂ suelen ir acompañadas de otro tipo de contaminantes como dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂), óxido de nitrógeno (N₂O), partículas suspendidas (PM), entre otros, que pueden resultar tóxicos para la salud humana. Por lo tanto, reducir estas actividades no solo disminuye las emisiones de CO₂, sino también las emisiones de otros contaminantes asociados. Pittel y Rübhelke (2008) sugieren que los co-beneficios más representativos de este tipo de políticas públicas se refieren a efectos positivos en la salud de la población debido a la disminución de gases tóxicos generados a partir de la quema de combustibles fósiles. Aunan *et al.* (2000) sugieren que entre el 10 y 90% de los co-beneficios de las políticas de mitigación se relacionan a la disminución en daños a la salud de la población. Sin embargo, puede identificarse otro tipo de co-beneficios como mejoras a la visibilidad debido a la reducción de la contaminación. Las políticas para la reducción del tráfico vehicular también disminuyen externalidades negativas como la contaminación por ruido y los accidentes viales.

Las estrategias para incrementar la captura de carbono se enfocan en aumentar la densidad y extensión de sumideros naturales, principalmente los bosques. Comprenden políticas de reforestación, aforestación y disminución de la deforestación que, aparte de mitigar el calentamiento global inducido por las emisiones (beneficios primarios), tienen importantes co-beneficios en términos de protección de biodiversidad, conservación de servicios ambientales, y oportunidades de recreación (Elbakizade y McCarl, 2007; Sandler, 1997). Autores como Chhatre *et al.* (2012) y Mayrhofer y Gupta (2016) destacan la existencia de co-beneficios en términos de participación, diseño de instituciones y cohesión social que generan las políticas que integran a las comunidades en el manejo forestal. El cuadro 3, muestra un resumen de algunas de las políticas de mitigación más relevantes en la literatura y sus co-beneficios asociados.

Por su parte, la mayoría de los co-beneficios de las políticas de mitigación son a nivel local o regional (IPCC, 1995). Por ejemplo, la reducción de contaminantes locales, ruido y tráfico vehicular que se genera a partir de la implementación de políticas de mitigación únicamente beneficia a los habitantes de las comunidades a nivel local o regional. De esta forma, contrastan con los beneficios primarios en términos climáticos que se observan a escala global. La existencia de co-beneficios económicos de las políticas fiscales de mitigación que surgen a través de la reutilización de ingresos fiscales (o reducción de subsidios al carbono) se les conoce como ‘doble dividendo’. Las políticas de mitigación podrían catalogarse como ‘sin arrepentimiento’ cuando el valor presente de sus beneficios totales (primarios y secundarios), sea mayor que el valor presente de sus costos de implementación.

Cuadro 3
Políticas de mitigación con co-beneficios

Política	Sector	Ejemplo	Observaciones
Reducción de emisiones de GEI	Economía	Promoción del uso de energías renovables, impuestos al carbono y mercados de carbono	Puede generar co-beneficios en términos de seguridad energética y puede contribuir a la reducción de importaciones de combustibles fósiles (Mondal <i>et al.</i> , 2010). La implementación de tecnologías para el uso de energía renovables aumenta la inversión en maquinaria y equipo además, suelen ser intensivas en capital trabajo y pueden contribuir a la creación de ‘empleos verdes’ (Kammen <i>et al.</i> , 2004; Cai <i>et al.</i> , 2011). Las políticas de mitigación en países en desarrollo pueden contribuir a la transferencia de tecnología e innovación en diferentes sectores de la economía (Barker, <i>et al.</i> , 2010).
	Salud	Impuestos al carbono, mercados de carbono y transporte	La mitigación de emisiones de CO ₂ también está asociada a la reducción de emisiones de otros gases contaminantes, por lo pueden contribuir a disminuir enfermedades cardiovasculares y respiratorias, y mejorar la visibilidad debido a la reducción de contaminantes (Jack y Kinney, 2010). La promoción del uso de transporte público puede disminuir el número de muertes y heridos por accidentes de tránsito (Creutzig y He, 2009) y mejorar la salud mental a través de la reducción de factores de estrés como el ruido y tráfico (Younger <i>et al.</i> , 2008).
Captura de carbono	Ambiental	Pago por servicios ambientales y manejo forestal y cambio de uso de suelo	La políticas para la mitigación de emisiones de CO ₂ pueden contribuir a mejorar la calidad del aire, agua y suelo (Rive, 2010; Thambiran y Diab, 2011; Winiwarter y Kilmont, 2011) y asegurar la protección de recursos naturales, biodiversidad y conservación de ecosistemas (Diaz <i>et al.</i> , 2009; Locke y Rissman, 2012).
	Economía	Pago por servicios ambientales	Estas políticas pueden ayudar a reducir la desigualdad del ingreso a través del impacto asimétrico que generan de acuerdo a la población objetivo considerada (Garg, 2011).
	Político e institucional	Pago por servicios ambientales	Chatre <i>et al.</i> (2012), sugiere que estas políticas tienen el potencial de promover la participación de las comunidades, contribuyendo a la estabilidad y cohesión social a través de la creación de mecanismos para el manejo de los recursos forestales

Fuente: Elaboración de los autores con base en la revisión de literatura.

Beg *et al.* (2002) sugieren que la relevancia de los co-beneficios de las políticas de reducción de GEI tiende a ser mayor para los países en desarrollo ya que suelen tener una peor calidad del aire y menores costos de mitigación de emisiones de CO₂, comparados con los países desarrollados.

D. Políticas de adaptación ‘sin arrepentimiento’

Algunas decisiones de política pública únicamente tienen consecuencias de corto plazo o son insensibles a la variabilidad climática. Sin embargo, existen decisiones que pueden resultar muy sensibles ante los escenarios climáticos futuros, sobre todo las inversiones de larga vida, por lo que su diseño y desarrollo debe incorporar la información que proveen los escenarios de cambio climático (Hallegatte, 2009). Algunos ejemplos incluyen: planes de urbanización, estrategias de manejo de riesgo climático, construcción de infraestructura para recursos hídricos y desarrollo de tecnología (Mayrhofer y Gupta, 2016; Fankhauser y Burton, 2011; Hallaegatte, 2009). Sin embargo, la gran incertidumbre en los escenarios dificulta el uso de la información para el diseño de políticas de adaptación de largo plazo.

Autores como Hallegatte (2009), Lempert y Collins (2007), Lempert *et al.* (2006) y Gollier y Treich (2003) sugieren la modificación del proceso de toma de decisiones bajo incertidumbre basado en la selección de una estrategia ‘óptima’ ante los escenarios de cambio climático, por uno que busque el diseño de estrategias de adaptación que sean robustas, es decir, aquéllas estrategias que sean menos sensibles a las condiciones climáticas futuras. Lo anterior implica que acciones de adaptación de ingeniería dura (infraestructura y edificación) e ingeniería blanda (planificación y cohesión social) deben ser diseñadas considerando dos aspectos importantes: (a) que deberán ser resistentes a un amplio rango de escenarios climáticos futuros, y (b) este rango estará sujeto a gran incertidumbre. Hallegatte (2009) enumera seis características que debe considerar una estrategia robusta de adaptación: (1) selección de políticas ‘sin arrepentimiento’; (2) favorecer políticas reversibles y flexibles; (3) incorporar ‘márgenes de seguridad’ en las nuevas inversiones; (4) promover políticas de adaptación de ingeniería blanda con proyección de largo plazo; (5) reducir el horizonte temporal en la toma de decisiones; y (6) considerar los conflictos y sinergias entre políticas de adaptación y mitigación.

1. Estrategias ‘sin arrepentimiento’

El considerar políticas ‘sin arrepentimiento’ es una de las características más relevante de una estrategia robusta de adaptación al cambio climático. Dichas políticas generan beneficios aún en la ausencia de cambio climático. Por ejemplo, la inversión en el control de fugas en tuberías de agua normalmente se considera una buena estrategia de adaptación bajo la perspectiva de un análisis costo-beneficio aún bajo las condiciones climáticas actuales. La construcción de infraestructura de riego puede considerarse una política ‘sin arrepentimiento’ solo en regiones donde su instalación implique bajos costos. En regiones con mayores costos de instalación únicamente resultaría en beneficios netos bajo escenarios de cambio climático que resulten en una disminución de la precipitación. Es decir, la instalación de sistemas de riego se puede considerar como política sin arrepentimiento solo en algunas regiones (Fankhauser y Burton, 2011; Hallegatte, 2009; Pearce, 2000). Lo anterior implica que la clasificación de políticas ‘sin arrepentimiento’ puede ser muy sensible al contexto específico bajo el cual se planea su implementación.

2. Estrategias flexibles

Autores como Fankhauser y Burton (2011), Hallegatte (2009) y Fankhauser *et al.* (1999) recomiendan favorecer la implementación de políticas reversibles y flexibles como parte de una estrategia robusta de adaptación al cambio climático. El objetivo es minimizar el arrepentimiento en caso de que las proyecciones de cambio climático resulten erróneas. Las estrategias reversibles de adaptación al se pueden dividir en dos categorías: (1) políticas/estructuras que pueden ser readaptadas fácilmente y a bajo costo conforme se da a conocer nueva información sobre la realización de los escenarios climáticos futuros; (2) políticas que puedan ser detenidas de forma instantánea a bajo costo conforme se actualiza la información de los escenarios climáticos. Bosello y Chen (2011) y Hallegatte (2009) sugieren que los tomadores de decisión deben incorporar, de manera sistemática, criterios de reversibilidad (‘valor de opción’) en el diseño de estrategias de adaptación al cambio climático. Ha-Duong (1998) y Fankhauser *et al.* (1999), sugieren que el análisis multicriterio puede utilizarse para comparar diferentes estrategias de adaptación sujetas a distintos niveles de reversibilidad.

3. Estrategias con márgenes de seguridad

Existen estrategias de adaptación que pueden considerar la incorporación de ‘márgenes de seguridad’ a un bajo costo, que permitan reducir la vulnerabilidad al cambio climático. Autores como Hallegatte (2009), Groves y Lempert (2007), Groves *et al.* (2007), y Nicholls y Leatherman (1996), destacan la importancia de este tipo de estrategias para el diseño de infraestructura hidráulica y la construcción de defensas de inundación. Por ejemplo, Hallegatte (2009) señala el caso de Copenhague, Dinamarca, donde los ingenieros encargados del diseño de la infraestructura de drenaje utilizan un margen de seguridad que considera cifras de escurrimiento 70% superiores a los niveles actuales. Dicho margen está diseñado para hacer frente al crecimiento poblacional y a los escenarios de cambio climático que pronostican un incremento en los niveles de precipitación en el país. Hallegatte (2009) concluye que el margen de seguridad es robusto ante cualquier escenario de cambio climático previsto durante el siglo XXI.

Este tipo de políticas se justifican ya que en la etapa de diseño de infraestructura es posible considerar la instalación de márgenes de seguridad ante la incertidumbre climática a un bajo costo. En contraste, modificar la infraestructura después de su construcción suele tener complicaciones técnicas y costos elevados. Fankhauser y Burton (2011) y Hallegatte (2009) coinciden que el diseño de una política robusta de adaptación debe considerar la implementación de márgenes de seguridad dentro de los criterios de evaluación. Este criterio es especialmente importante para el diseño de estrategias que no son reversibles o flexibles, como la construcción de sistemas de drenaje. Las opciones de política que no son reversibles pero que en su diseño incorporan márgenes de seguridad pueden resultar robustas a situaciones climáticas futuras si se consideran de forma amplia los escenarios de cambio climático. Las opciones de política no reversibles (o flexibles) a las que no se les puede incorporar márgenes de seguridad a un bajo costo resultan inadecuadas ante la incertidumbre del cambio climático (Fankhauser *et al.*, 1999).

4. Estrategias de ingeniería blanda

El uso de herramientas institucionales o financieras también puede contribuir al diseño de una estrategia para disminuir la vulnerabilidad al cambio climático. Por ejemplo, Lecocq y Shalizi (2007) sugieren que

la institucionalización del diseño de largo plazo de estrategias de adaptación puede ayudar a la planeación de políticas enfocadas a enfrentar los futuros retos del cambio climático. Hallegatte (2009) sugiere que la creación de instituciones que permitan evaluar el estado de la infraestructura (necesidades de mantenimiento o reforzamiento) ante las condiciones climáticas futuras forma parte de una estrategia robusta de adaptación al cambio climático. El uso de seguros y sistemas de alerta temprana, además de ser una estrategia reversible, también representa políticas de ingeniería blanda de adaptación.

La principal ventaja de estas estrategias es que implican un menor grado de inercia en el uso de recursos en comparación con las políticas de ingeniería dura (infraestructura) que tienen una vida útil de largo plazo y requieren gastos de mantenimiento. Por tanto, éstas las políticas implican un menor riesgo de incurrir en costos irre recuperables en comparación con el desarrollo de infraestructura, lo que las vuelve más robustas en un contexto de alta incertidumbre climática. Además, influirán en las decisiones de inversión y consumo de los agentes económicos, y por lo tanto, en el desarrollo de infraestructura de largo plazo.

5. Reducción del horizonte temporal en la toma de decisiones

La incertidumbre asociada a los escenarios de cambio climático aumenta conforme aumenta el horizonte temporal. Por lo anterior, Fankhauser et al. (1999) sugieren que reducir el período de vida útil de las inversiones resulta una opción para reducir la incertidumbre asociada al cambio climático. Hallegatte (2009) señala que en sectores como recursos forestales y vivienda es posible implementar estrategias que reducen la vida útil de los activos (véase cuadro 4).

6. Conflictos y sinergias entre políticas de adaptación y mitigación

Hallegatte (2009) y Klein y Huq (2008) sugieren que una estrategia robusta de adaptación debe evitar la implementación de políticas que dificulten el cumplimiento de los objetivos de mitigación, y favorecer aquellas que generen sinergias positivas entre ambas políticas. Por ejemplo, mejorar el aislamiento térmico en nuevas construcciones puede tener grandes co-beneficios en términos de la reducción de consumo de energía y reducción de GEI. En contraste, existen estrategias de adaptación que resultan en incrementos en el consumo de energía, si esta se genera a través de la quema de combustibles fósiles, las políticas pueden resultar en aumentos de las emisiones de GEI. Por ejemplo, la construcción de sistemas de riego o plantas de desalinización suelen ser medidas de adaptación que requieren un importante uso de energía para su funcionamiento. Además, la viabilidad económica de dichas estrategias puede resultar afectada si la implementación de políticas de mitigación resulta en altos impuestos (o precios) al carbono. De esta forma, las políticas de adaptación que implican un elevado consumo de energía podrían no resultar robustas ante escenarios futuros de cambio climático (Lecocq y Shalizi, 2007).

El cuadro 4, muestra un resumen de algunas de las políticas de adaptación más relevantes en la literatura de acuerdo a las seis características deseables que debe tener una estrategia robusta de adaptación propuestas por Hallegatte (2009).

Cuadro 4
Políticas de adaptación con co-beneficios

Política	Sector	Ejemplo	Observaciones
Sin arrepentimiento	Recursos hídricos	Control de fugas en tuberías de agua	Considerada 'sin arrepentimiento' en la gran mayoría de los casos.
		Construcción de defensas de inundación	En algunas regiones la instalación se justifica aún bajo las condiciones climáticas actuales. El aumento en el nivel del mar debido al cambio climático incrementa sus beneficios.
	Agricultura	Infraestructura de riego	Política 'sin arrepentimiento' solo bajo condiciones de bajos costos de instalación.
	Infraestructura	Mejorar aislamiento térmico	Para nuevas construcciones las reducciones en el costo de energía suelen compensar los costos de instalación. Podría no ser considerada 'sin arrepentimiento' en condiciones de altos costos (por ejemplo: instalación de aislamiento térmico en construcciones existentes).
	Urbanización	Regulación para limitar la urbanización en zonas con riesgo de inundación	Reduce las pérdidas por inundaciones en condiciones presentes, son más atractivas considerando los escenarios de cambio climático.

Cuadro 4 (conclusión)

Política	Sector	Ejemplo	Observaciones
Flexibilidad	Recursos hídricos	Defensas flexibles de inundación	Diseñadas para permitir su readaptación a un bajo costo en caso de cambios en las predicciones sobre el incremento del nivel del mar.
	Infraestructura	Mejorar el aislamiento térmico en nuevas construcciones	La instalación en nuevas construcciones tiene un costo inicial, pero es una política que se puede detener de forma inmediata en caso de que sugieran nuevas predicciones climáticas.
	Urbanización	Política restrictiva de desarrollo urbano	Los tomadores de decisión tienen que considerar que restringir el desarrollo en zonas que podrían estar expuestas a inundaciones bajo los escenarios de cambio climático es una política que se puede revertir fácilmente, al contrario de los procesos de urbanización.
	Desastres naturales	Seguros Sistemas de alerta temprana	Estas estrategias pueden actualizarse regularmente conforme se da a conocer nueva información sobre los escenarios climáticos.
Márgenes de seguridad	Recursos hídricos	Infraestructura hidráulica	La implementación de márgenes de seguridad en el diseño de obras de infraestructura hidráulica resulta deseable, sobre todo si existen altos costos o poca flexibilidad para la readaptación de las estructuras ante cambios en los pronósticos climáticos.
		Defensas de inundación	El costo marginal de construir defensas más elevadas es pequeño comparado con el costo total de la estructura.
Ingeniería blanda	Transversal	Institucionalización de la estrategia de adaptación al cambio climático	Creación de instituciones encargadas la evaluación y planificación de políticas de adaptación.
	Urbanización	Planificación de uso de suelo	Restricción del desarrollo en zonas que podrían resultar vulnerables a los efectos del cambio climático. Estas políticas pueden influir en el desarrollo de la infraestructura.
	Desastres naturales	Seguros y sistemas de alerta temprana	Su uso combinado puede resultar una estrategia efectiva y de bajo costo para reducir la vulnerabilidad comparado con la construcción de infraestructura. Sin embargo, tienen limitaciones para el desarrollo de planes futuros.
Reducción del horizonte temporal en la toma de decisiones	Recursos forestales	Plantación de especies con un período de rotación más corto	Resultan atractivas (a pesar de sus costos) ya que la selección de especies forestales no es reversible durante el período de rotación y no existen márgenes de seguridad aplicables para este sector.
	Urbanización	Reducir la vida útil de infraestructura vulnerable al cambio climático	Es posible planear la construcción de vivienda de baja durabilidad y bajo costo en regiones que podrían resultar expuestas a un mayor riesgo de inundación en el largo plazo.
Conflictos y sinergias entre políticas de adaptación y mitigación	Infraestructura	Mejorar el aislamiento térmico en nuevas construcciones (sinergia)	Puede resultar en grandes co-beneficios en términos de la reducción de consumo de energía y de emisiones de GEI.
	Recursos hídricos	Construcción de defensas de inundación (conflicto)	Su construcción requiere el uso de grandes cantidades de concreto, lo que implica un alto contenido de emisiones de CO ₂ , situación que va contra de los objetivos de las políticas de mitigación.
	Transversal	Políticas que implican un elevado consumo de energía (conflicto)	Este tipo de estrategias de adaptación dificultan el cumplimiento de los objetivos de mitigación. Además, su viabilidad financiera puede resultar afectada si la implementación de medidas de mitigación resulta en elevados impuestos (o precios) al carbono.

Fuente: Elaboración de los autores con base en la revisión de literatura.

E. Discusión

La literatura sugiere que identificar y evaluar la existencia de ‘co-beneficios’ de las políticas de mitigación y adaptación tiene un gran potencial para facilitar la viabilidad económica de las estrategias de política ante el cambio climático. Los objetivos de estabilización propuestos en el Acuerdo de París (UNFCCC, 2015) implican esfuerzos importantes de mitigación que resultarán en el reemplazo de infraestructura en las próximas décadas. Dicho reemplazo representa una oportunidad para incorporar criterios que favorezcan el desarrollo de medidas de adaptación robustas al cambio climático.

Hallegatte (2009) sugiere que existen tres factores que dificultan el diseño e implementación de una estrategia robusta de cambio climático: (i) limitaciones financieras y tecnológicas, principalmente en países en desarrollo; (ii) falta de información sobre costos y beneficios; y

(iii) limitaciones institucionales. El reto es modificar el marco de toma de decisiones para que la evaluación de proyectos incluya criterios que favorezcan la selección de aquellas políticas de mitigación y adaptación que sean robustas.

El análisis en este apartado sugiere que en el corto plazo, las políticas de adaptación deben estar enfocadas en el desarrollo de ingeniería blanda e institucional que incrementa la capacidad y flexibilidad de adaptación futura ante un amplio rango de posibles escenarios futuros de cambio climático. Acciones de adaptación basadas en el desarrollo de infraestructura deben considerar la implementación de ‘márgenes de seguridad’ y criterios de reversibilidad de manera flexible y a bajo costo. Además, es posible identificar sectores en los que las decisiones de política pública ya deben incorporar, de forma prioritaria y sistemática, los escenarios climáticos futuros ya que involucran planeación e inversiones de largo plazo y cierto grado de irreversibilidad en sus acciones, además de estar expuestos a la variabilidad climática. Estos sectores son: infraestructura en recursos hídricos, planeación de uso de suelo, defensas de inundación, desarrollo de vivienda, infraestructura de transporte, urbanismo y producción de energía. Existe además, adaptación ante efectos irreversibles que es necesario instrumentar de inmediato.

No obstante, el uso del concepto ‘co-beneficios’ no ha estado exento de debate. Autores como Paladino (2011) y Heffner y Campbell (2011) sugieren que existen dificultades para la cuantificación de co-beneficios debido a la falta de información estadística, además de que resulta difícil definir escenarios contrafactuales en ausencia de las políticas climáticas que permitan establecer una relación causal entre las políticas y sus co-beneficios. Shogren (1999) advierte sobre la posibilidad de incurrir en problemas de doble contabilidad al cuantificar los co-beneficios, ya que existen políticas cuyo beneficio primario es atender los problemas secundarios relacionados con la existencia de co-beneficios. Krupnick *et al.* (2000), advierten sobre la necesidad de incluir en el análisis los costos secundarios (co-costos) potenciales de las políticas climáticas; por ejemplo, el diésel tiene un menor contenido de carbón que el petróleo, pero su uso puede incrementar los riesgos para la salud, por otro lado, el uso intensivo de hidroelectricidad puede derivar en externalidades negativas significativas a nivel de cuenca para los ecosistemas. Sutherland (1991) descalifica la importancia del concepto de co-beneficios y sugiere que en caso de existir las llamadas políticas públicas ‘sin arrepentimiento’ los agentes económicos racionales ya estarían implementando este tipo de políticas, mientras que Fullerton y Metcalf (1998) descalifican la existencia de un ‘doble dividendo’ en la implementación de políticas de mitigación. Autores como Mayrhofer y Gupta (2016) y Dowlatabadi (2003) señalan que justificar la implementación de políticas climáticas en la existencia de co-beneficios puede llevar a una pérdida de eficiencia económica, debido a que existen políticas que pueden obtener mejoras en los objetivos secundarios de manera más eficiente, pero sin beneficios climáticos.

Autores como Krupnick *et al.* (2000) y Rübhelke (2002) han desarrollado marcos conceptuales para la existencia de co-beneficios, sin embargo la mayor parte de estudios son de carácter empírico y buscan identificar la existencia de co-beneficios y cuantificar su magnitud. Pearce (2000) presenta los resultados de un meta-análisis sobre los co-beneficios de las políticas climáticas y señala que la magnitud de los co-beneficios se encuentra en un rango entre 0,07 y 6,93 veces comparado con la magnitud de los beneficios primarios. La revisión de literatura presentada sugiere que es poco probable que exista un conjunto óptimo de políticas climáticas que puedan considerarse como ‘sin arrepentimiento’. De esta forma, la selección de políticas de mitigación y adaptación que integren una estrategia robusta ante el cambio climático debe ser diseñada de manera local y/o regional considerando el contexto específico de cada economía (costos y beneficios de implementación, prioridades y preferencias sociales) (Toth *et al.*, 2001; Arrow *et al.*, 1996). El siguiente capítulo presenta una revisión de literatura sobre las metodologías utilizadas para incorporar los co-beneficios de las políticas climáticas en el diseño de estrategias de mitigación y adaptación robustas al cambio climático, así como los resultados de la evaluación de políticas en contextos locales/nacionales específicos.

II. Revisión de literatura: evidencia empírica

El objetivo de este capítulo es analizar las herramientas metodológicas que se han utilizado en la literatura para evaluar y seleccionar las estrategias de adaptación y mitigación al cambio climático las cuales, permiten valorar los diferentes atributos de las políticas climáticas e identificar aquellas estrategias que pueden ser catalogadas como ‘sin arrepentimiento’, y por ende, brindan beneficios adicionales. En próximas secciones, se presenta un recuento de los enfoques más utilizados para efectuar dichas valoraciones; los portafolios de políticas sectoriales que han sido evaluados, ya sea mediante estudios de caso o documentos analíticos; y por último, se presenta un breve recuento de la evidencia empírica.

A. Métodos

Bajo un contexto en el que el grado de incertidumbre representa uno de los factores más relevantes en el diseño y aplicación de políticas, diversos autores han propuesto el uso de herramientas cualitativas, cuantitativas o una combinación de ambas para identificar las mejores estrategias que hagan frente al cambio climático. Mediante la revisión de estudios previos es posible identificar que metodologías como el ADMC, el método analítico de Toma de Decisiones y Medidas Robustas (TDMR), y el análisis costo-beneficio han sido comúnmente empleados para priorizar políticas de adaptación y mitigación.

1. Análisis de Decisión Multi-Criterio (ADMC)

A pesar de su utilización en estudios ambientales desde la década de los noventa, su popularidad en temas relacionados con la evaluación de impacto ambiental, en el sector energético, el manejo de basura y agua se ha incrementado notablemente en los últimos años para auxiliar a las partes interesadas a hacer frente a los desafíos ambientales (Huang *et al.*, 2011). La tendencia se origina por su capacidad para incorporar y homologar factores ambientales, económicos, políticos y sociales en la evaluación de políticas (Santé y Crecente, 2005). Este método utiliza información cualitativa proveniente de revisiones bibliográficas y/o paneles de expertos, los cuales se integran por investigadores, tomadores de decisiones, y las partes interesadas, con el fin de jerarquizar las medidas. En particular, los participantes del panel o los evaluadores definen los atributos, criterios y ponderaciones que serán empleados para la evaluación. Dada su naturaleza, al incluir valores no monetarios, y la disponibilidad de información para llevar a cabo la priorización, el método de ADMC ha sido adaptado a diversos contextos generando diversas variantes.

Con el fin de proponer un ranking de políticas de adaptación al cambio climático en varios sectores, Hallegatte (2009) define los criterios de evaluación: (1) selección de políticas ‘sin arrepentimiento’; (2) favorecimiento de políticas reversibles y flexibles; (3) incorporación de ‘márgenes de seguridad’ en las nuevas inversiones; (4) promoción de políticas de adaptación de ingeniería blanda y con proyección a largo

plazo; (5) reducción del horizonte temporal en la toma de decisiones; y (6) consideración de los conflictos y sinergias entre políticas de adaptación y mitigación. Posteriormente, los autores determinan el grado² en que cada medida satisface los criterios y proponen la existencia de 3 tipos de políticas de adaptación. El primer grupo, incluye estrategias que deben considerarse como prioritarias dadas las ventajas que ofrecen; el segundo, comprende aquellas que deben ser consideradas a pesar de su falta de flexibilidad y; por último, medidas que generan costos significativos en el corto plazo, carecen de reversibilidad, e incluso aumentan el nivel de emisiones de GEI. Aunque Hallegatte (2009) provee un conjunto de criterios pertinentes, las reglas de decisión de asignación de valores para cada atributo carecen de claridad.

Considerando las preferencias en la toma de decisiones, De Bruin *et al.* (2009) evalúan la capacidad que tienen las opciones de adaptación para responder a los efectos del cambio climático en Holanda. Para ello, definen la efectividad de la política para evitar daños sustanciales (importancia), tiempo de implementación (urgencia), excesos de beneficios sobre sus costos (sin arrepentimiento), existencia de beneficios no relacionados con el cambio climático (co-beneficios), y la capacidad para coadyuvar a la reducción de emisiones de CO₂ (mitigación) como criterios de jerarquización. Contrario a Hallegatte (2009), este estudio utiliza un ranking con valores de 1 a 5 para caracterizar medidas de adaptación, donde 1 indica baja prioridad y 5 alta prioridad. Además, sugiere que la ponderación permite identificar las preferencias de los diseñadores de políticas, ya que, éstas resultan del consenso del panel. La calificación (V) que recibe cada una de las políticas (i) está dada por la suma ponderada: $V_i = \sum_{q=1}^Q c_q p_q$, donde c es la calificación asignada por el panel de expertos, p indica el peso ponderado asignado a cada criterio de evaluación, $\sum_{q=1}^Q p_q = 1$, y Q es el número total de criterios. Por ejemplo, una política con puntuaciones 4, 3, 5, 5, 2, y con una ponderación de preferencias de 0,1, 0,2, 0,3, 0,3, 0,1, suponiendo que los tomadores de decisiones prefieren las características de políticas 'sin arrepentimiento' y que necesariamente brindan 'co-beneficios', resulta en un valor del índice de 4,2. Por lo tanto, las opciones de adaptación se ordenan de manera descendente, siendo prioritarias aquellas que observan valores superiores en el ranking³.

Otra variante fue propuesta por Konidari y Mavrakakis (2007). Esta metodología suele referirse como AMS, puesto que se basa en la combinación de las herramientas multicriterio del Proceso Analítico de Jerarquías (AHP, por sus siglas en inglés), la Teoría de la Utilidad de Multi-Atributos (MAUT, por sus siglas en inglés) y, en la Técnica de Ranking Simple de Multi-Atributos (SMART, por sus siglas en inglés) para evaluar instrumentos de política relacionados al cambio climático. La diferencia respecto a De Bruin *et al.* (2009), radica en la creación de un árbol de criterios y la inclusión formal de escenarios en el análisis. En el primer elemento, el objetivo de la política, los criterios generales, y sub-criterios corresponden al primer, segundo y tercer nivel, respectivamente; y, las ponderaciones para cada uno se asignan de la misma forma que en De Bruin *et al.* (2009). Mientras que la información de distintos escenarios proviene de simulaciones para cada uno de los paquetes de instrumentos de política. Por ejemplo, Kambezidis *et al.* (2011) aplica la variante AMS para identificar las bondades de los instrumentos que pueden coadyuvar a alcanzar la meta de 40% de producción de energía proveniente de recursos renovables en Grecia para el 2020. El principal objetivo de la política es mitigar los efectos del cambio climático mediante la reducción de emisiones vía sustitución de combustibles fósiles (primer nivel), los criterios comprenden el desempeño ambiental o contribución de la medida en la reducción de emisiones, aceptabilidad política, y factibilidad de su implementación (segundo nivel). En el caso del desempeño ambiental se encuentran: beneficios primarios y secundarios, co-beneficios (tercer nivel). Por ende, la efectividad de la política en cuestión (V) bajo distintos escenarios (s) está dada por $V_s = \sum_{q=1}^Q c_{sq} p_q$, donde c_{sq} indica la evaluación de la política bajo el escenario (s) con referencia al criterio (q), el cual oscila entre 1 y 100 según la escala propuesta por el método MAUT, y p_q representa las ponderaciones o preferencias de los diseñadores de política. En conclusión, el análisis AMS analiza la pertinencia de políticas de mitigación bajo diversos escenarios.

² “++”: se utiliza para medidas *sin arrepentimiento*; “+”: cumple satisfactoriamente el criterio propuesto; “-”: no cumple con el criterio propuesto; y, “NA”: no aplicable.

³ Adicionalmente, De Bruin *et al.* (2009), evalúan la viabilidad de cada opción de adaptación utilizando el mismo procedimiento, empero, reemplazando los criterios de evaluación debido a la complejidad técnica, social e institucional que conlleva la implementación de cada política o medida.

El método PROMETHEE II (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) fue propuesto por Brans *et al.* (1986) y también se ha utilizado para identificar políticas robustas de mitigación al cambio climático. Define un conjunto de políticas (de mitigación), criterios de evaluación y sus calificaciones (con base en la literatura existente), evidencia internacional y experiencia de los investigadores que realizan el estudio. Una vez que se tienen las puntuaciones (que oscilan entre 0 y 10), se obtiene la diferencia de valores (d) entre cada par de alternativas (j y k) para cada uno de los criterios (q). Posteriormente, se aplica algún tipo de función de preferencias como la función general o cualitativa, la cual asigna un valor de 1 si la diferencia es positiva (la medida j es mejor que k) y cero si es negativa o nula, o la función lineal o cuantitativa, donde el índice de preferencia (I) es igual a cero si la brecha no es positiva, igual a d/s cuando d es mayor a cero y menor a un límite superior (s) previamente establecido, e igual a 1 en cualquier otro caso. El índice global de preferencias para cada alternativa (política) se calcula mediante la suma ponderada de los valores obtenidos en el paso anterior, tomando en cuenta el peso asignado a cada criterio de evaluación (p_q) denotado por $V(j, k) = \sum_{q=1}^Q I_q p_q$. El índice neto se calcula mediante la diferencia entre las fortalezas y debilidades relativas, $V_j = \sum_{k=1}^n V(j, k) - \sum_{k=1}^n V(k, j)$, dando prioridad a las políticas de mitigación con un valor del índice elevado.

En suma, el método ADMC y sus variantes incorporan información cualitativa proveniente de paneles de expertos, evidencia internacional o estudios previos para jerarquizar estrategias de adaptación y mitigación diseñadas para hacer frente a los desafíos que el cambio climático impone. A pesar de los esfuerzos por incorporar información cuantitativa, como la simulación de escenarios, el cómputo de costos y beneficios y la ponderación de preferencias de los hacedores de política, el grado de subjetividad en la clasificación de medidas persiste.

2. Toma de decisiones y medidas robustas (TDMR)

El enfoque de TDMR es utilizado en los procesos de toma de decisiones que involucran un alto grado de incertidumbre y cuando sus consecuencias tienen un impacto de largo plazo (Schwartz, 1996; Lempert y Schlesinger, 2000; Lempert *et al.*, 2006; Groves y Lempert, 2007; Lempert y Collins, 2007; Hallegatte 2009; Lempert *et al.*, 2010; Hallegatte *et al.*, 2012). Su objetivo central es evaluar la efectividad de las combinaciones de políticas o medidas bajo diversos escenarios de cambio climático con la participación de tomadores de decisiones, e identificar aquellas estrategias que son robustas bajo un amplio rango de escenarios. Para ello, las partes interesadas o tomadores de decisiones determinan el portafolio de políticas sujetas a evaluación, consensan los criterios métricos de calificación e identifican las fuentes de incertidumbre. Posteriormente, se configura el modelo de simulación y se examina el comportamiento de las estrategias (políticas) bajo varios escenarios. Con esta información, los tomadores de decisión pueden identificar las vulnerabilidades o inconsistencias de los portafolios de medidas en el largo plazo. Tomando ventaja del aprendizaje y el ajuste de las medidas originales, los tomadores de decisión repiten el proceso de simulación hasta encontrar un nivel aceptable de vulnerabilidad en las políticas.

A pesar de las ventajas que brinda el TDMR como: la identificación de debilidades de las políticas, la combinación de información cualitativa (talleres con tomadores de decisiones) y cuantitativa (simulaciones), la inclusión de opciones de adaptación y mitigación, y la anticipación de una amplia gama de escenarios con base en conocimiento local, su uso está sujeto a diversas limitaciones, destacan sus altos costos en términos financieros y de tiempo de aplicación, la inclusión del criterio de expertos en el proceso de decisión puede resultar en el mismo problema de subjetividad observado en el método ADMC, y la calibración de los modelos de simulación (sensible a la selección de parámetros), que típicamente se basan en modelos de equilibrio general, demanda una considerable cantidad de información cuantitativa.

3. Análisis costo-beneficio

El enfoque de costo-beneficio ha sido utilizado para detectar la viabilidad financiera de diferentes proyectos. Este método consiste en estimar el beneficio económico neto, en términos monetarios, que resulta de la implementación de un proyecto o política en un horizonte temporal finito. Para ello, es necesario obtener la suma total de beneficios y costos expresados en valor presente. De acuerdo con Hallegatte *et al.* (2012), el primer paso para la conducción de un análisis CB implica i) la definición de las

políticas sujetas a evaluación, ii) identificación de fuentes de incertidumbre y escenarios relevantes para el caso de estudio, iii) obtención del valor presente de costos y beneficios para el periodo de análisis, iv) cálculo del valor presente neto para cada una de las alternativas y con ello, priorizar aquellas con mayores beneficios netos, por último, v) verificar la robustez de los resultados con base en análisis de sensibilidad.

Respecto a la valoración de estrategias para hacer frente al cambio climático, los beneficios de las políticas suelen considerar únicamente la reducción de daños ocasionados por este fenómeno. De acuerdo con Hallegatte (2006), Mills *et al.* (2005) y Munich (2005), el valor presente de beneficios (B) está dado por $B = \sum_{t=0}^T Pr_t D_t (1/1 + \delta)^t$, donde Pr_t es la probabilidad de ocurrencia del daño ambiental (D_t) en el periodo t , y δ es la tasa de descuento. Asimismo, los autores sugieren que el factor de incertidumbre se introduce en el análisis mediante la atribución de probabilidades de ocurrencia para los escenarios establecidos. La suma ponderada de daños esperados que se evita con la implementación de cada política determina el monto total de sus beneficios bajo un contexto de incertidumbre.

En temas relacionados con estrategias de adaptación, Stern (2006) y Wreford *et al.* (2015) argumentan que los beneficios netos generados se encuentran dados por la diferencia entre el costo de los efectos negativos que generaría el cambio climático en caso de no llevarse a cabo las acciones y el total de costos que se generarían si se opta por su aplicación. Este último, incluye el costo de implementación y los impactos residuales que se generan a pesar de una adaptación completa al nuevo contexto.

En cuanto a las estrategias de mitigación, Beck y Bowen (1992) emplean un análisis CB para determinar si las políticas planteadas para el sector transporte en Australia cumplen con el objetivo de reducción del nivel de emisiones de GEI y además, arrojan beneficios económicos adicionales. El estudio, emplea un modelo de programación lineal MARKAL/MENSA para el sector energético con el fin de simular los niveles de emisiones en caso de implementarse o no la política. Las medidas que proveen mayor reducción y otros beneficios (no relacionados al cambio climático) se consideran 'sin arrepentimiento'.

El uso de curvas de costos marginales de abatimiento representa una alternativa para evaluar la efectividad de las opciones de mitigación. De Melo *et al.* (2013), argumentan que indican el costo neto social derivado de su implementación y su potencial para reducir el nivel de emisiones de CO₂. En un contexto de transición de generación de energía basada en combustibles fósiles hacia fuentes de energías renovables, el costo social neto es igual al valor presente de la suma de inversiones en nuevas tecnologías (costo de implementación) y sus costos de operación y mantenimiento menos los costos que generan los daños evitados durante el periodo de evaluación.

Una de las ventajas de este enfoque es la valoración de costos y beneficios en cada una de las medidas de adaptación y mitigación del cambio climático en términos monetarios, lo que permite una jerarquización más objetiva de las opciones disponibles. Sin embargo, el cómputo de los valores requiere la inclusión de bienes para los cuales no existe un mercado, así como valores de no-uso de amenidades ambientales, lo que introduce importantes complejidades en su aplicación. Además, los resultados dependen significativamente de los parámetros seleccionados, por ejemplo, la tasa de descuento, el horizonte temporal y las creencias sobre la probabilidad de ocurrencia de cada uno de los escenarios.

B. Políticas sectoriales

Dentro de la literatura que aborda los temas relacionados al cambio climático, pocos estudios se han dedicado a evaluar la efectividad de medidas de adaptación y mitigación a pesar de que las herramientas de valuación o jerarquización son de gran utilidad para los tomadores de decisión. En este estudio, se logró identificar varios documentos que bajo diferentes metodologías cuantitativas y cualitativas llevan a cabo este ejercicio para distintos portafolios de estrategias.

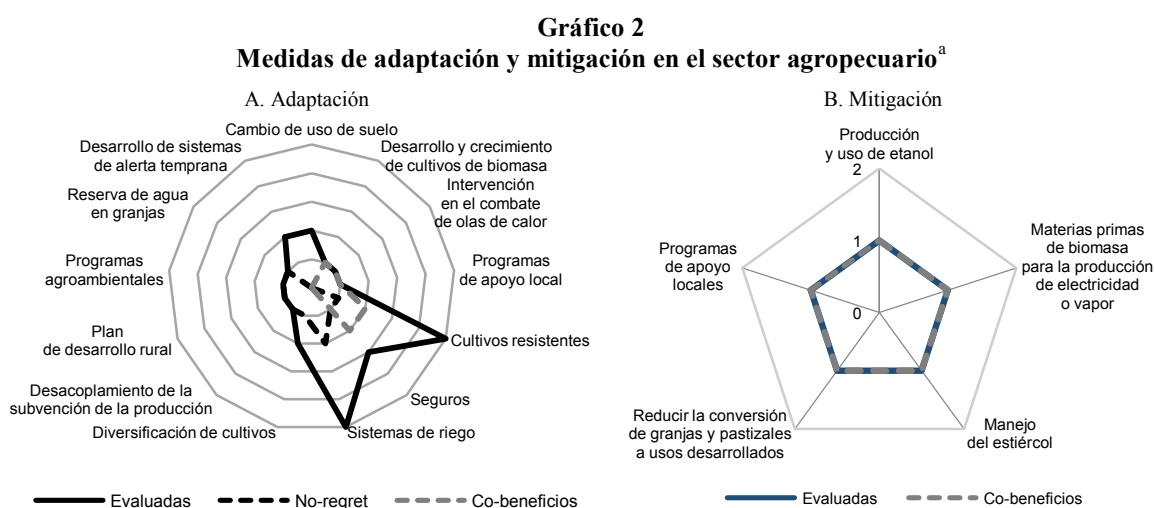
Como resultado de esta revisión de literatura se obtuvo un conjunto de 274 políticas de adaptación y mitigación para los sectores de agricultura, agua, zonas costeras, conservación natural, energético, infraestructura, salud y transporte las cuales han sido evaluadas previamente (Hallegatte, 2009; De Melo *et al.*, 2013; De Bruin *et al.*, 2009; Haines *et al.*, 2010; Urwin. y Jordan, 2008). A pesar de su heterogeneidad, los criterios comúnmente utilizados para identificar las bondades o debilidades de los instrumentos de adaptación y mitigación incluyen la flexibilidad, si es una política 'sin arrepentimiento', la consideración de márgenes de seguridad, la viabilidad económica, institucional y social, el horizonte

temporal, la compatibilidad con otras estrategias, y diversos costos inherentes a su aplicación. En los siguientes apartados se presentan los resultados de evaluaciones de las medidas más populares para cada uno de los sectores mencionados (véase el anexo 1 para el conjunto completo de políticas). Resulta relevante destacar la ausencia de jerarquización de políticas de mitigación en los sectores hídrico y en zonas costeras, para los cuales, las políticas de adaptación son más populares, mientras que, no fue posible identificar evaluaciones de políticas de adaptación en el sector transporte. Asimismo, dada las definiciones de las políticas catalogadas como ‘sin arrepentimiento’ se identifican sus co-beneficios.

1. Agricultura

Diversos estudios sugieren que el sector agropecuario es uno de los más vulnerables a los efectos del cambio climático, especialmente en países en vías de desarrollo. En este sentido, la habilidad de adaptación de los agricultores a nuevos escenarios de clima determinará los nuevos patrones de producción de alimentos, y por ende influirá en los niveles de seguridad alimentaria a nivel mundial. Por otro lado, este sector es una de las principales fuentes de GEI, representa la mayor proporción de uso de tierra, y casi dos terceras partes del agua utilizada por el ser humano tienen como destino final este sector (Harrison, 2002). Al mismo tiempo, han sido reconocidas por su capacidad para remover el carbono que se encuentra alojado en la atmósfera y es fijado en el suelo. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) estima que en 1997-1999 se fijaron entre 590 y 1.180 millones de toneladas de carbono a través de cultivos agrícolas, y sugiere que puede aumentar en un 50% para el año 2030. En este sentido, resulta importante identificar aquellas medidas de adaptación y mitigación que potencialmente suavizarán las transiciones hacia nuevos escenarios climáticos.

En la revisión de literatura se identificaron 48 evaluaciones de políticas de adaptación y 5 estrategias de mitigación en el sector agropecuario. El gráfico 2, muestra el conjunto de medidas de adaptación evaluadas con mayor frecuencia, así como el número de estudios que las han clasificado como ‘sin arrepentimiento’ o que explícitamente mencionan sus co-beneficios (véase cuadro A.1 del anexo 1). Los programas agroambientales, planes de desarrollo rural, disminución de subvenciones a la producción, diversificación de cultivos, implementación de sistemas de riego, programas de aseguramiento y cultivos resistentes a nuevas condiciones climáticas (o a mayores rangos de temperatura y lluvia) han sido juzgadas como estrategias ‘sin arrepentimiento’. De dicho conjunto, únicamente se mencionan co-beneficios en la implementación de políticas relacionadas al aseguramiento de ganado y cultivos, y la transición a cultivos más resistentes (Peterson *et al.*, 2008; Hallegatte, 2009; Wreford *et al.* 2015). Otras estrategias que brindan co-beneficios son los programas de apoyo local, manejo de cultivos y ganado para evitar efectos adversos de olas de calor y promoción de cultivos de generación de biomasa para la generación de energía.



Fuente: Elaboración de los autores con datos obtenidos de la revisión de literatura.

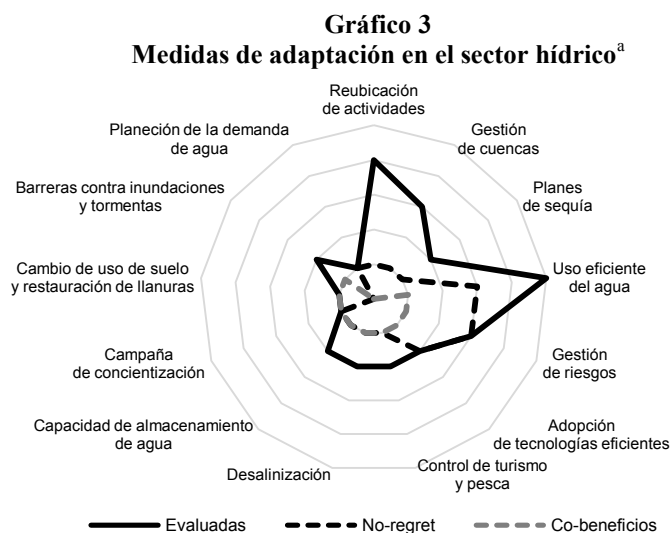
^a Los polígonos concéntricos denotan el número de artículos, por ejemplo, en el panel A los sistemas de riego fueron evaluados con 5 documentos, de los cuales, 2 la categorizan como política ‘sin arrepentimiento’.

A pesar de la importancia relativa con la que cuenta el sector para contribuir a la reducción de emisiones de GEI, pocos estudios han catalogado las políticas de mitigación (véase gráfico 1.B y cuadro A.2 en anexo 1 para el total de medidas). Dentro del conjunto de medidas se encuentra la producción y uso de etanol como fuente de energía, programas de apoyos locales, evitar el crecimiento de manchas urbanas, mejores prácticas en el manejo de estiércol y el uso de biomasa para la generación de energía, todas ellas con co-beneficios.

2. Recursos hídricos

Se estima que el calentamiento global proyectado para los próximos años provocará graves consecuencias en el sector hídrico como pérdida de la criosfera (constituida por la nieve, el hielo y el suelo congelado), sequías e inundaciones intensas, afectando los ecosistemas y a la sociedad. Aproximadamente la sexta parte de la población mundial vive en zonas cercanas a cuencas alimentadas por glaciares o deshielo (Bates *et al.*, 2008), mientras que, el resto de establecimientos poblacionales se encuentran en función de la cercanía con cuencas alimentadas por precipitación pluvial. Además, el crecimiento de la población mundial impone retos adicionales al sector, siendo el agua dulce de vital importancia para las actividades humanas como su consumo, generación de energía, usos agrícolas, entre otros. Por tanto, resulta primordial contar con un portafolio de estrategias acordes a las nuevas condiciones de disponibilidad de agua derivadas de cambios en los patrones de precipitación y de aumentos de temperatura.

Para este sector se identificaron 52 ocasiones en las que se ha evaluado el desempeño de políticas de adaptación, las más evaluadas han sido el uso eficiente del agua y la reubicación de actividades o establecimientos, en 5 y 4 estudios, respectivamente. Sin embargo, no se detectó ninguna estrategia de mitigación dentro de la literatura de clasificación de portafolios de medidas para este sector. El gráfico 3, muestra la frecuencia de valuación, el número de estudios en los que cada una de las políticas de adaptación es catalogada como 'sin arrepentimiento' (véase cuadro A.3 del anexo 1). Del conjunto de políticas, 7 fueron catalogadas como 'sin arrepentimiento' y se mencionan sus 'co-beneficios', por ejemplo, el uso eficiente del agua, la gestión de riesgos, la adopción de tecnologías más eficientes, desalinización, incremento de la capacidad de almacenamiento de agua, campañas de concientización y regulación de turismo y pesca. Además de este conjunto, diversos autores (Bates *et al.*, 2008) argumentan que los costos de implementación de políticas como la planeación de la demanda de agua, reubicación de actividades o infraestructura, manejo de cuencas y planes para hacer frente a periodos de sequía más prolongados, son inferiores a los beneficios derivados de su puesta en marcha bajo los escenarios propuestos.



Fuente: Elaboración de los autores con datos obtenidos de la revisión de literatura.

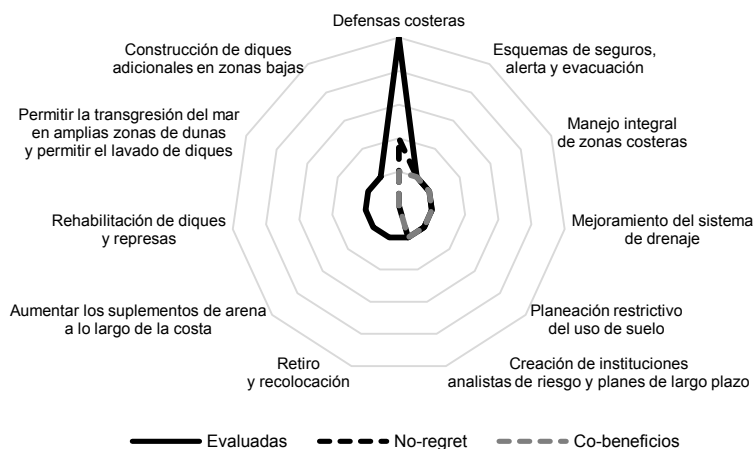
^a Los polígonos concéntricos denotan el número de artículos, por ejemplo, las políticas relacionadas al uso eficiente del agua fueron evaluadas en 5 documentos, de los cuales, 3 la categorizan como política 'sin arrepentimiento' y 1 enlista sus co-beneficios. No se identificaron ejercicios de jerarquización de políticas de mitigación.

3. Zonas costeras

El quinto informe sobre cambio climático realizado por el IPCC (IPCC, 2013) indica que el aumento media global en el nivel del mar continuará durante el siglo XXI, y es probable que ocurra a un ritmo mayor al observado entre 1971 y 2010. Bajo diferentes escenarios se considera que, para el periodo de 2081-2100 el alza en el nivel del mar podría estar en un rango 0,26 a 0,55 metros respecto a los niveles actuales. Asimismo, este informe indica que la elevación no será uniforme en todas las regiones del planeta, aunque se estima que para finales de este siglo aumente en el 95% de las zonas oceánicas y el 70% de las costas experimentará un cambio en el nivel del mar. Dicho fenómeno tendrá implicaciones de gran escala en ciudades o zonas en altitudes menores, por lo que es importante analizar el conjunto de estrategias de adaptación ante la amenaza.

En los análisis consultados, se identificaron 15 evaluaciones de políticas de adaptación en zonas costeras (véase el cuadro A.4 del anexo 1), siendo la construcción de defensas la más popular, catalogada como 'sin arrepentimiento' por diversos estudios (Wreford *et al.*, 2015; De Bruin *et al.*, 2009, Hallegatte 2009). Específicamente, se consideran la construcción de arrecifes artificiales a lo largo de la costa, la expansión de las defensas y nuevas defensas con alto grado de flexibilidad de ajuste (margen de seguridad).

Gráfico 4
Medidas de adaptación en el sector de zonas costeras^a



Fuente: Elaboración de los autores con datos obtenidos de la revisión de literatura.

^a Los polígonos concéntricos denotan el número de artículos, por ejemplo, las políticas relacionadas a la construcción de defensas costeras fueron evaluadas en 5 documentos, de los cuales, 2 la categorizan como política 'sin arrepentimiento' y 1 enlista co-beneficios. No se identificaron ejercicios de jerarquización de políticas de mitigación.

Con las mismas características se encuentran medidas como el mejoramiento en el sistema de drenaje de aguas residuales y pluviales, manejo integral de las zonas costeras, planeación restrictiva del suelo, creación de instituciones de análisis de riesgo y esquemas de seguros que cubran el valor de las propiedades en zonas de riesgo, sistemas de alerta y evacuación. En contraste con los sectores previos, las medidas de adaptación al cambio climático para zonas costeras limitan su aplicación a ciertas regiones. Para este caso, se observa que la mayoría de los estudios proviene de casos de los Países Bajos donde los costos de implementación son altos pero los daños esperados de no hacerlo serían superiores.

Es evidente que algunas políticas como la planeación de la demanda de agua y programas de concientización sobre su uso eficiente son relativamente menos costosas que otras políticas como el uso de nuevas tecnologías o el aumento de la capacidad de almacenamiento, por lo que, su implementación podría considerarse robusta en cualquiera de los escenarios de cambio climático. En contraste, resulta poco deseable una política pública que implique invertir recursos financieros importantes en la ampliación de capacidad de almacenamiento ante un escenario de disminución de la población. De esta forma, es relevante considerar la interacción o compatibilidad entre políticas.

4. Conservación de la naturaleza

Los efectos esperados del cambio climático incluyen modificaciones en muchos aspectos de la biodiversidad originados por factores como la frecuencia e intensidad de incendios, plagas y enfermedades. Aunado a ello, se deben sumar los cambios generados por la actividad humana. Esta situación provocará el desplazamiento de hábitats de muchas especies, alterando la vulnerabilidad de los ecosistemas actuales, por ejemplo, la extinción de especies animales y vegetales. En este sentido, los procesos de adaptación y las medidas que coadyuvan a llevarlos a cabo pueden reducir la existencia de efectos adversos.

Dentro de las 33 evaluaciones de estrategias de adaptación relacionadas con la conservación de la naturaleza, las medidas de reforestación son las más populares y aunque han sido ampliamente analizadas, no se encontró evidencia que indicara si se trata de una medida de adaptación 'sin arrepentimiento' y/o que se mencionen sus co-beneficios. Sin embargo, es claro que cuenta con beneficios adicionales como servicios hidrológicos, servicios ambientales, efectos en la salud, entre otros. Por otro lado, medidas como la creación de reservas, recreación de hábitat, monitoreo e investigación relacionada a los efectos del cambio climático en la biodiversidad resultan ser medidas 'sin arrepentimiento'. Mientras que, las políticas que promuevan el reciclaje y mejorar los empaques y su forma de producción también brindan co-beneficios.

El manejo integral del agua y la naturaleza es considerado como una medida que cuenta con características de políticas 'sin arrepentimiento'. De acuerdo con De Bruin *et al.* (2009) dicha estrategia es catalogada como una de las medidas con los mejores atributos bajo los criterios de importancia, urgencia, 'sin arrepentimiento', 'co-beneficios' y efectos en la mitigación.

En términos de mitigación, diversos autores (De Bruin *et al.* 2009) han encontrado que la restauración de bosques, el manejo forestal, la reforestación y el reciclaje proporcionan co-beneficios importantes. La ampliación de la cobertura forestal brinda una serie de beneficios no relacionados con la mitigación de los efectos del cambio climático como fuentes de ingreso para comunidades, mejoramiento de la calidad del aire, preservación de la biodiversidad, espacios de recreación, entre otros.

Gráfico 5
Medidas de adaptación en el sector de conservación de la naturaleza^a



Fuente: Elaboración de los autores con datos obtenidos de la revisión de literatura.

^a Los polígonos concéntricos denotan el número de artículos, por ejemplo, las políticas relacionadas a la reforestación y mezcla de especies de árboles fueron evaluadas en 3 documentos, de los cuales, 1 menciona sus co-beneficios. Se identificaron 5 evaluaciones para políticas de mitigación (véase cuadro A.6 en el anexo).

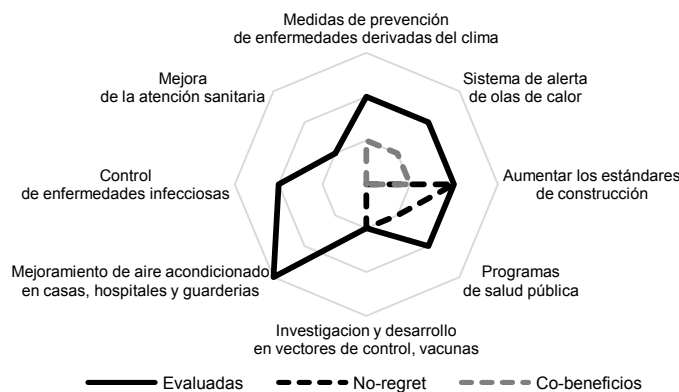
5. Salud

Es *muy probable* que las olas de calor y episodios de precipitación extrema se conviertan en fenómenos que ocurran con mayor frecuencia y con mayor duración (IPCC, 2013). Además, las altas concentraciones de GEI en la atmósfera amenazan cada vez más la salud de las personas. Como consecuencia de estas condiciones podría generarse una disminución en el bienestar físico de los seres humanos.

Para este sector se identificaron 22 casos para medidas de adaptación y 4 de mitigación. En el primer grupo existe cierta popularidad en la evaluación del uso de aire acondicionado en hospitales, escuelas y guarderías para combatir las olas de calor. Sin embargo, dicha medida no cuenta con las características propias de una política ‘sin arrepentimiento’ y en algunos casos se encuentran efectos negativos a largo plazo. Por otro lado, el aumento de los estándares de construcción (correcta ventilación) parece ser la única medida catalogada como ‘sin arrepentimiento’ y que a su vez cuenta con co-beneficios. Medidas como la implementación de un sistema de alerta temprana de olas de calor y la prevención de enfermedades derivadas por el clima, forman parte del conjunto de medidas con co-beneficios. Dentro de estas últimas se encuentra la reducción de enfermedades crónicas respiratorias, mortandad infantil y enfermedades cardíacas. Conforme a la gráfico 6, el conjunto de estrategias catalogadas como ‘sin arrepentimiento’ engloba programas de salud pública e investigación y desarrollo de vacunas.

Haines et al. (2010) destacan, mediante un estudio de análisis costo-beneficio, que el uso de energías eficientes en los hogares, combustión de energías limpias en las cocinas, y la disminución del consumo de productos animales cuentan con beneficios adicionales en el sector salud, los cuales derivan de la disminución en el nivel de emisiones de GEI (véase cuadro A.12 del anexo 1).

Gráfico 6
Medidas de adaptación en el sector salud^a



Fuente: Elaboración de los autores con datos obtenidos de la revisión de literatura.

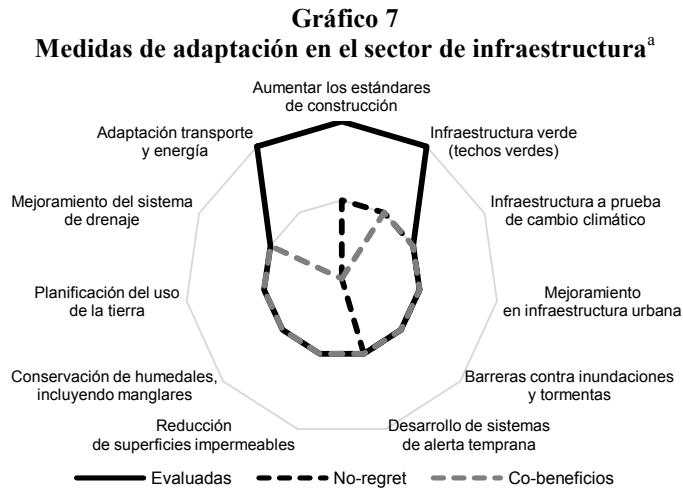
^a Los polígonos concéntricos denotan el número de artículos, por ejemplo, las políticas relacionadas a programas de salud pública que fueron evaluadas en 2 documentos, de los cuales, sólo uno la cataloga como ‘sin arrepentimiento’. Se identificaron 4 evaluaciones para políticas de mitigación (véase cuadro A.12).

6. Infraestructura

En los próximos años se espera que fenómenos meteorológicos extremos, como El Niño y La Niña provoquen graves estragos en la zona costera del pacífico de América del Sur. Se calcula que entre 1970-2007 causaron pérdidas económicas cercanas a los 80 millones de dólares (Samaniego, 2009) y de no tomar medidas necesarias en términos de infraestructura, los efectos negativos pueden incrementar su magnitud.

Con el propósito de suavizar los efectos del cambio climático mediante procesos de adaptación, se logró identificar 33 medidas vinculadas a este sector. Se hace referencia que una tercera parte de ellas han sido catalogadas como ‘sin arrepentimiento’ y para una sexta parte se mencionan sus ‘co-beneficios’. Dentro de las que tiene ambos atributos se encuentra la construcción de techos y paredes verdes (infraestructura verde), infraestructura a prueba de cambio climático, mejoramiento de infraestructura urbana, barreras contra inundaciones y desarrollo de sistemas de alerta temprana (i para alertar a la población). Por ejemplo, el uso de infraestructura verde fue evaluada por Mees (2013) en las ciudades de Basilea, Stuttgart, Chicago, Róterdam y Londres, señalando deben ser obligatorias, bajo acuerdos jerárquicos y con la coerción en las regulaciones (e incentivos financieros), donde las autoridades locales tomen la responsabilidad de esta política y su evaluación, como en los casos de Stuttgart y Basilea.

Además de estas estrategias, la literatura considera que los costos de implementar sistemas de reciclaje de aguas grises, el aumento de estándares de construcción, infraestructura de transporte, y dotación de infraestructura de calefacción a las ciudades son inferiores a los beneficios obtenidos si se efectuasen.



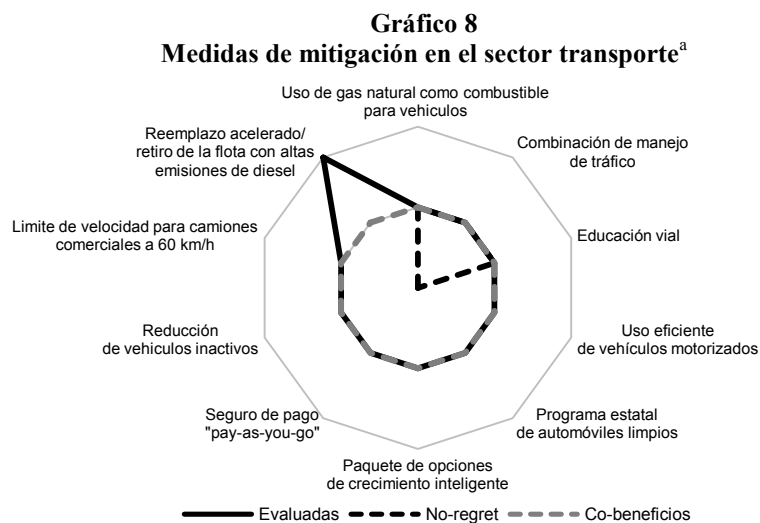
Fuente: Elaboración de los autores con datos obtenidos de la revisión de literatura.

^a Los polígonos concéntricos denotan el número de artículos, por ejemplo, las políticas relacionadas a techos verdes fueron evaluadas en 2 documentos, de los cuales, 1 la cataloga como 'sin arrepentimiento' y menciona sus co-beneficios. Se identificaron 2 evaluaciones para políticas de mitigación (véase cuadro 10).

7. Transporte

Algunas de las medidas de mitigación pueden ser un factor de riesgo para el desarrollo de América Latina y el Caribe, sus implicaciones pueden verse reflejadas en el crecimiento económico, la equidad y la pobreza. Los países de la región han ido incrementado la aplicación de éstas medidas en sus agendas políticas como alternativas para disminuir las emisiones de CO₂. Sin embargo, las emisiones de carbono generadas por el sector transporte se han duplicado desde 1970 hasta nuestros días. En 2011 estas emisiones representaban el 35% del total de emisiones en la región (Scholl et al., 2014).

En el este estudio se identificó 11 evaluaciones de estrategias de mitigación, de las cuales el uso de gas natural como combustible para vehículos, el manejo del tráfico y la educación vial, son medidas catalogadas como 'sin arrepentimiento'. Beck y Bowen (1992) realizan un comparativo del sector transporte en Australia entre cuatro medidas consideradas inicialmente como 'sin arrepentimiento', concluyen que no todas ellas cumplen con los atributos de una política de este tipo, por ejemplo, el retiro de automóviles con altas emisiones resulta en disminuciones de las mismas, pero su costo no compensa la proporción de dicho decremento. Por otro lado, la educación vial y el mejoramiento en el manejo del tráfico cuentan con importantes co-beneficios como la disminución de otros contaminantes.



Fuente: Elaboración de los autores con datos obtenidos de la revisión de literatura.

^a Los polígonos concéntricos denotan el número de artículos, por ejemplo, las políticas relacionadas el retiro de flota con altas emisiones fueron evaluadas en 2 documentos, de los cuales, ninguno la cataloga como 'sin arrepentimiento' a pesar de mencionar sus co-beneficios. No se identificaron ejercicios de jerarquización de políticas de adaptación.

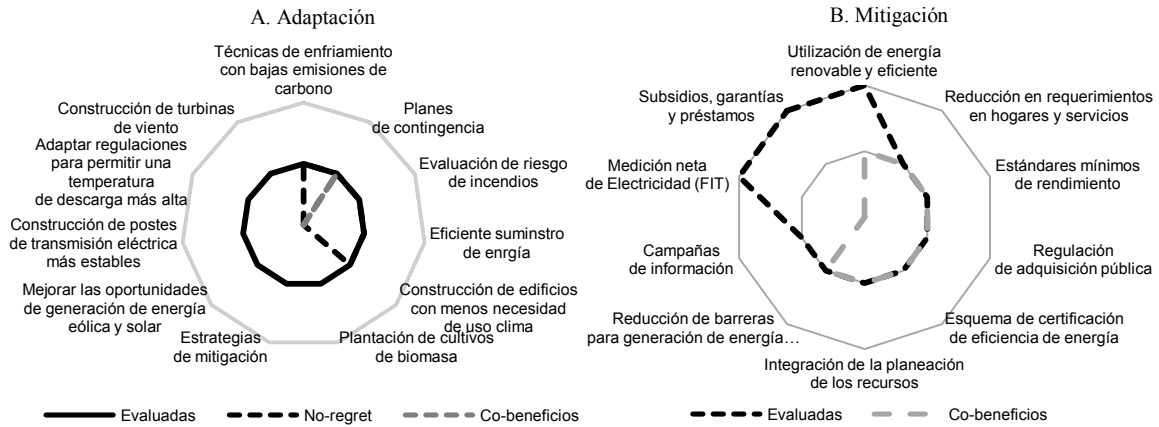
8. Energía

En este sector, los principales cuestionamientos son referidos a la transición de energías fósiles (carbón y petróleo) hacia fuentes renovables (eólica, hidráulica y solar). Derivado de esta diversificación en la generación de energía en los últimos años, se ha tratado de identificar las políticas que tienen un menor impacto en el ambiente y generan co-beneficios significativos. En países desarrollados, especialmente en Europa, se ha optado por este tipo de fuentes de energías, puesto que se espera que sus costos de implementación no superen, bajo ningún contexto, los beneficios que derivan estas estrategias.

Respecto a las políticas de adaptación (véase el gráfico 9), se identificó un conjunto de 18 evaluaciones. De este grupo, el desarrollo de planes de contingencia representa una opción 'sin arrepentimiento'. Estrategias como la aplicación de nuevas tecnologías aplicadas en los procesos de enfriamiento, evaluación de riesgos de incendios, aumentos en la eficiencia en el suministro de energía, y la construcción de edificaciones con menor uso de sistemas de calefacción, se caracterizan por tener costos netos negativos o 'sin arrepentimiento'. En cuanto a medidas de mitigación se detectaron 26 casos, sin embargo, los estudios consultados contemplan únicamente los co-beneficios de su instrumentación, dejando de lado la comparación de costos y beneficios que permite identificar proyectos 'sin arrepentimiento'. Por ejemplo, una de las principales razones para limitar su exploración son las implicaciones de llevar a cabo el cambio de combustibles, ya que se requiere considerar la disponibilidad de recursos como el agua y el suelo. Diversos estudios han realizado estimaciones sobre la disposición de estos recursos, como Konadu *et al.* (2015) que evalúa la necesidad energética bajo diferentes escenarios y los requerimientos de tierra para cultivos energéticos y agua para generarla. En el mismo sentido, la construcción de turbinas para la generación de energía eólica demanda grandes extensiones de tierra aspecto a considerar en una evaluación de este tipo de medidas.

De acuerdo al gráfico, medidas como la reducción de requerimientos energéticos en hogares y servicios, estándares mínimos de rendimiento para cada fuente de energía, son calificadas como estrategias que brindan diversos co-beneficios. Por otro lado, se observa cierta popularidad en la evaluación de políticas de medición de tarifas netas (FIT, por sus siglas en inglés) en países como Grecia y Brasil la cual, consiste en un intercambio de energía, generada vía paneles solares, entre particulares (agentes privados que generalmente son hogares) y el Estado de esta forma, el flujo neto es comercializado entre las partes y los excedentes son distribuidos por el Estado a zonas donde se presenta un flujo neto negativo.

Gráfico 9
Medidas de adaptación y mitigación en el sector energético^a



Fuente: Elaboración de los autores con datos obtenidos de la revisión de literatura.

^a Los polígonos concéntricos denotan el número de artículos, por ejemplo, las políticas relacionadas a la utilización de energía renovable fueron evaluadas en 2 documentos, de los cuales, ninguno la cataloga como 'sin arrepentimiento' a pesar de mencionar sus co-beneficios.

III. ADMC para evaluar políticas de mitigación y adaptación al cambio climático en América Latina

La incertidumbre que caracteriza la toma de decisiones bajo el contexto del cambio climático sugiere que se debe priorizar la implementación de políticas de mitigación y adaptación que sean robustas ante un amplio rango de escenarios climáticos futuros. Además, la evidencia descrita, indica que los co-beneficios de las políticas climáticas pueden ser sustancialmente mayores para los países en desarrollo, por lo que existe un gran potencial para impulsar políticas de mitigación y adaptación ‘sin arrepentimiento’ en América Latina. El reto es sistematizar en la toma de decisiones, el uso de criterios que caracterizan una estrategia robusta de políticas contra el cambio climático y que permitan seleccionar y priorizar aquellas políticas que tienen un mejor desempeño ante la incertidumbre climática.

Las metodologías más populares para identificar y jerarquizar las estrategias de las políticas robustas al cambio climático se describieron en el capítulo anterior e incluyen el ADMC, el TDMR y el análisis costo-beneficio. Cada una presenta ventajas y desventajas que inciden sobre la facilidad con la que las metodologías pueden incorporarse al proceso de toma de decisiones. Por ejemplo, el ADMC tiene la ventaja de incorporar criterios ambientales, económicos, políticos y sociales a la toma de decisiones además, permite definir de forma flexible los criterios y ponderaciones para la evaluación de políticas de forma que reflejen las prioridades de los tomadores de decisión; sin embargo, implica cierto grado de subjetividad en el análisis. Metodologías como el TMDR y CB suelen ser menos afectadas por el problema de subjetividad, sin embargo ambas demandan una cantidad considerable de información cualitativa y cuantitativa y un elevado nivel de conocimientos técnicos, lo que limita su aplicabilidad.

En todos los casos, la evaluación de las políticas depende, en gran medida, del contexto nacional o local en el que se implementan. Por ejemplo, la construcción de infraestructura de riego puede considerarse una política ‘sin arrepentimiento’ solo en regiones donde su instalación implique bajos costos. En regiones con mayores costos de instalación únicamente resultaría en beneficios netos bajo escenarios de cambio climático que resulten en una disminución de la precipitación. En este contexto, la evaluación de políticas requiere del conocimiento de expertos familiarizados con los retos de en cada región.

El objetivo de este capítulo es ilustrar el uso de una plataforma desarrollada en Excel utilizando ADMC para evaluar políticas de mitigación y adaptación al cambio climático en América Latina. La plataforma considera diferentes criterios de evaluación para identificar aquellas políticas que muestran un mejor desempeño en condiciones de incertidumbre climática; la finalidad desarrollar una herramienta que pueda utilizarse por tomadores de decisión y que contribuya a sistematizar el uso de criterios que favorezcan una estrategia robusta para combatir el cambio climático en la región.

A. Estructura de la plataforma para el ADMC en América Latina

Existen dos insumos que conforman la estructura de un ADMC. Primero, se requiere definir el conjunto de políticas públicas a evaluar y después, definir los criterios que serán utilizados en su evaluación. En ambos casos, es importante que la selección sea congruente con los objetivos prioritarios de política pública.

La estructura de la plataforma desarrollada para el ADMC de políticas de mitigación y adaptación al cambio climático en América Latina consiste en dos elementos. Primero, se desarrolla un catálogo de políticas de mitigación y adaptación que puede utilizarse para seleccionar las políticas a evaluar, dependiendo de los objetivos de los tomadores de decisión. Después, se seleccionan seis criterios de evaluación que describen el desempeño de las políticas frente a escenarios de incertidumbre climática.

1. Catálogo de políticas públicas de mitigación y adaptación al cambio climático

El diseño de la plataforma para el ADMC se basa en el desarrollo de un catálogo de políticas públicas de mitigación y adaptación al cambio climático. Este catálogo se incluye en la hoja 2 del archivo Excel. El listado fue compilado mediante una revisión de literatura y contiene un total de 382 políticas que han sido aplicadas y/o evaluadas en diferentes partes del mundo, incluyendo América Latina⁴. Si bien no es exhaustivo, incluye una gran diversidad de políticas con diferentes características que pueden ser evaluadas y comparadas en un contexto de incertidumbre climática. La flexibilidad de esta plataforma permite al usuario agregar más políticas al análisis de acuerdo a las necesidades de los tomadores de decisión.

El catálogo de políticas se encuentra dividido en diez sectores y cada política se clasifica por sector y objetivo primario (mitigación o adaptación). Las políticas de mitigación consisten en acciones específicas para reducir las emisiones de GEI mediante el aumento de eficiencia energética, disminución de consumo de energía, o políticas para incrementar los sumideros de carbono mediante acciones de reforestación, aforestación o disminución de la deforestación. Por su parte, las políticas de adaptación tienen el objetivo de moderar los daños asociados a la exposición climática y comprenden un amplio número de medidas en sectores que pueden verse afectados directa o indirectamente por cambios en cualquier variable que comprende el sistema climático (como temperatura o precipitación). De esta forma, el catálogo incluye un total de 137 políticas de mitigación y 245 políticas de adaptación. La clasificación sectorial de las diferentes políticas se muestra en el cuadro 5.

Cuadro 5
Catálogo de políticas de mitigación y adaptación por sector

Sector	Objetivo primario		Total
	Mitigación	Adaptación	
Agropecuario	16	54	70
Biodiversidad	-	29	29
Energía	41	20	61
Industria	10	-	10
Infraestructura	-	39	39
Recursos hídricos	-	57	57
Recursos forestales	5	15	20
Residuos sólidos	20	-	20
Salud	4	31	35
Transporte	41	-	41
Total	137	245	382

Fuente: Elaboración de los autores con base en la revisión de literatura.

⁴ El catálogo de políticas presentado en el archivo de Excel se construyó a partir de las siguientes referencias: Honty (2007), Cerda *et al.* (2008), Levin y Encinas (2008), Hallegatte (2009), De Bruin *et al.* (2009), Barton (2009), Ocampo (2011), De Melo *et al.* (2013), Vergara *et al.* (2014), Sánchez y Reyes (2015).

Las políticas incluidas en el catálogo comprenden un amplio número de medidas que pueden ser implementadas en actividades específicas para cada uno de los sectores. Por ejemplo, para el sector agropecuario se incluyen políticas que van desde la rotación de cultivos e implementación de sistemas de riego, hasta cambios en el manejo de ganado y recursos pesqueros. Cada una puede evaluarse con base en sus características para determinar las que tienen el potencial de mostrar un mejor desempeño en condiciones de incertidumbre climática. La selección de los criterios se detalla a continuación.

2. Criterios de evaluación para identificar políticas robustas al cambio climático

Los criterios de evaluación utilizados en un ADMC pueden variar dependiendo de los objetivos prioritarios de los tomadores de decisiones. En la sección anterior se mencionaron algunos que han sido propuestos o utilizados para la jerarquización de políticas de adaptación y mitigación al cambio climático. Por ejemplo, De Bruin *et al.* (2009), evalúan la capacidad que tienen diversas opciones de adaptación para responder al cambio climático en Holanda incorporando criterios que consideran la urgencia e importancia de las políticas junto con criterios que evalúan la existencia y magnitud de los co-beneficios⁵, mientras que De Melo *et al.* (2013) evalúan políticas de mitigación en Brasil para el sector infraestructura con énfasis en criterios que consideran experiencias previas en aplicación de las políticas, su facilidad de implementación, el potencial de las políticas para generar incentivos para incrementar la eficiencia energética y el uso de energías renovables, y los costos de las políticas⁶.

En este caso, el objetivo es identificar políticas de mitigación y adaptación que sean robustas a la incertidumbre climática, por lo que deberán evaluarse considerando criterios que determinen el desempeño de las políticas ante distintos escenarios climáticos. Hallegatte (2009) propone seis características que debe considerar una estrategia robusta de mitigación y adaptación, las cuales incluyen: (1) selección de políticas ‘sin arrepentimiento’; (2) favorecimiento de políticas reversibles y flexibles; (3) incorporación de ‘márgenes de seguridad’ en las nuevas inversiones; (4) promoción de políticas de adaptación de ingeniería blanda y con proyección de largo plazo; (5) reducción del horizonte temporal en la toma de decisiones; y (6) consideración de los conflictos y sinergias entre políticas de adaptación y mitigación.

Aunque no existe un límite en el número de criterios considerados en un ADMC, Mabin y Beattie (2006) sugieren la utilización de seis que consideren los objetivos clave de los tomadores de decisión. La inclusión de criterios adicionales disminuye el peso relativo de los más relevantes. Para la evaluación de políticas de mitigación y adaptación en América Latina se propone el uso del ADMC considerando los siguientes criterios con base en lo propuesto por Hallegatte (2009) y De Bruin *et al.* (2009):

- i) Selección de políticas sin arrepentimiento.
- ii) Existencia y magnitud de co-beneficios.
- iii) Posibilidad de incorporar ‘márgenes de seguridad’.
- iv) Favorecimiento de políticas reversibles y flexibles.
- v) Sinergias entre políticas de mitigación y adaptación.
- vi) Promoción del uso de políticas de ingeniería blanda.

Si bien otros criterios propuestos por De Bruin *et al.* (2009) y De Melo *et al.* (2013) como la urgencia, importancia y facilidad de implementación de las políticas también se consideran relevantes, se encuentran menos relacionados con el desempeño de las políticas frente a distintos escenarios climáticos (objetivo principal de este documento). Sin embargo, la flexibilidad de la plataforma en Excel permite al usuario agregar o modificar los criterios de evaluación de acuerdo a las necesidades de análisis.

⁵ Los criterios considerados por De Bruin *et al.* (2009) son: (1) importancia de las políticas; (2) tiempo de implementación (urgencia); (3) selección de políticas sin arrepentimiento; (4) magnitud de los co-beneficios; y (5) sinergias entre políticas de mitigación y adaptación.

⁶ Los criterios considerados por De Melo *et al.* (2013) son: (1) experiencia previa; (2) evidencia de impactos demostrados; (3) facilidad de implementación; (4) potencial para la transformación de mercados; (5) costos a la sociedad; (6) costos al consumidor; y (7) compatibilidad con los objetivos del gobierno.

B. Manual: ADMC para evaluar políticas de mitigación y adaptación al cambio climático en América Latina

Una vez identificadas las políticas a evaluar, se definen los criterios que se utilizarán para su evaluación, el ADMC consiste en cuatro pasos: (1) definir las ponderaciones que se utilizarán para los criterios de evaluación, (2) evaluar las políticas de acuerdo a cada uno de los criterios seleccionados, (3) jerarquización de políticas de acuerdo a su desempeño en los criterios seleccionados y (4) análisis de sensibilidad.

La plataforma de ADMC propuesta permite realizar estos cuatro pasos de manera sencilla. El análisis requiere que el usuario proporcione los insumos mencionados en el paso 1 y 2, es decir asignar los pesos relativos para cada uno de los criterios de evaluación y evaluar cada una de las políticas. Con esta información, la plataforma realiza los pasos 3 y 4 de manera automática, es decir calcula la calificación global para cada una de las políticas, presenta una tabla con su jerarquización y elabora el análisis de sensibilidad. Los resultados pueden desagregarse por sectores de acuerdo a las preferencias del usuario, y son presentados de forma gráfica para facilitar su análisis visual. La siguiente sección describe la pantalla de navegación que permite al usuario manipular la plataforma de ADMC y la sección 2, detalla las instrucciones de uso de la plataforma con ayuda de un ejemplo.

1. Pantalla de navegación

La pantalla de navegación corresponde a la hoja de Excel con el nombre 'Políticas'. En esta pantalla el usuario debe proporcionar los insumos necesarios para el ADMC (información señalada en los pasos 1 y 2). El gráfico 10, muestra una captura de esta pantalla, en la que se identifican cinco paneles (A–E) que permiten al usuario manipular la aplicación. Dichos paneles pueden ser utilizados de la siguiente manera:

- Panel A: permite que el usuario modifique los pesos relativos asignados a cada uno de los criterios considerados en el análisis. De acuerdo al objetivo de este documento, los criterios preestablecidos fueron seleccionados para evaluar el desempeño de las políticas en condiciones de incertidumbre climática.
- Panel B: muestra el catálogo de 382 políticas de mitigación y adaptación identificadas a partir de la revisión de literatura. La descripción de cada una consta de tres columnas. La denominada 'Sector' indica el sector al cual hace referencia la política (véase el cuadro 5); la columna 'Clasificación' indica si la política corresponde a una acción de mitigación o adaptación; y la columna 'Políticas' presenta un enunciado que describe cada una de las políticas. La lista puede ampliarse de acuerdo a las necesidades del usuario.
- Panel C: contiene dieciséis 'botones de acción' que permiten al usuario filtrar y navegar la lista de políticas de acuerdo a la 'Clasificación' (adaptación o mitigación) de acuerdo a los diferentes sectores, siete para cada clasificación de política (véase el cuadro 5). Por ejemplo, al dar clic en el botón con la leyenda 'Adaptación' se despliega en el catálogo aquellas políticas con esa clasificación para todos los sectores, si además se da clic en el botón 'Agropecuario' (en la sección de políticas de adaptación) se observará el catálogo de políticas de adaptación únicamente para este sector.
- Panel D: en esta sección el usuario debe especificar la calificación que corresponde a cada criterio de evaluación para cada una de las políticas seleccionadas.
- Panel E: muestra la calificación final que corresponde a cada una de las políticas evaluadas la cual, corresponde al promedio de las calificaciones asignadas a cada criterio ponderado por el peso relativo de cada uno.
- Panel F: consiste en tres 'botones de acción'. El botón con la leyenda 'mostrar lista de políticas' desactiva todos los filtros activados en el panel C, por lo que vuelve a mostrar el catálogo completo. El botón 'actualizar' restablece todos los resultados del ADMC después de cualquier cambio en los pesos relativos asignados a los criterios de evaluación (panel A) o

después de cambios en las calificaciones asignadas a las políticas (panel D). El botón de acción 'limpiar tabla' borra todas las calificaciones asignadas a las políticas en el panel D.

Gráfico 10
Pantalla de navegación

Evaluación de Políticas de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático

CRITERIOS DE SELECCIÓN		TIPO DE POLÍTICAS								MOSTRAR LISTA DE POLÍTICAS			
SIN ARREPENTIMIENTO	0.00	ADAPTACIÓN	AGROPECUARIO	BIODIVERSIDAD	ENERGÍA	INDUSTRIA	RECURSOS FORESTALES	RESIDUOS SÓLIDOS	TRANSPORTE	SALUD	A	F	R
CO-BENEFICIOS	0.00												
MÁRGENES DE SEG.	0.00												
FLEXIBILIDAD	0.00												
SINERGIA A - M	0.00												
INGENIERÍA BLANDA	0.00												
0%										LIMPIAR TABLA			

PONDERACIÓN DE CRITERIOS			0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Sector	Clasificación	Políticas	Sin Arrepentimiento	Co - Beneficios	Márgenes de Seguridad	Flexibilidad	Sinergia A - M	Ingeniería Blanda	Total	
Agropecuario (AG)	Adaptación (A)	Rotación de cultivos								0.00
Agropecuario (AG)	Adaptación (A)	Adoptar nuevas variedades de cultivos resistentes								0.00
Agropecuario (AG)	Adaptación (A)	Limitación de desmontes (deforestación)								0.00
Agropecuario (AG)	Adaptación (A)	Sistema de Riego								0.00
Agropecuario (AG)	Adaptación (A)	Fertilización eficiente								0.00
Agropecuario (AG)	Adaptación (A)	Uso e incorporación de residuos agrícolas								0.00
Agropecuario (AG)	Adaptación (A)	Adaptación de la agricultura al cambio climático								0.00
Agropecuario (AG)	Adaptación (A)	Nuevas alternativas de producción (hidroponía, invernadero, etc.)								0.00
Agropecuario (AG)	Adaptación (A)	de mercado y agronegocios								0.00
Agropecuario (AG)	Adaptación (A)	amiento para la Agricultura y agronegocios								0.00
Agropecuario (AG)	Adaptación (A)	institucional								0.00
Agropecuario (AG)	Adaptación (A)	Análisis de riesgo								0.00
Agropecuario (AG)	Adaptación (A)	Uso eficiente del agua								0.00
Agropecuario (AG)	Adaptación (A)	Registro y Control de plagas								0.00
Agropecuario (AG)	Adaptación (A)	Impuestos (Pago de Pasivo Ambiental)								0.00
Agropecuario (AG)	Adaptación (A)	Cambio de uso de suelo								0.00

Fuente: ADMC para evaluar políticas de mitigación y adaptación al cambio climático en América Latina (archivo anexo).

2. Instrucciones de uso de la plataforma para ADMC

El uso de la plataforma de Excel permite realizar cada uno de los cuatro pasos del ADMC antes descritos. En esta sección se detallan las instrucciones de uso de la plataforma, y con ayuda de un ejemplo, se muestra paso por paso los resultados que se pueden obtener del análisis.

Paso 1. Definir las ponderaciones que se utilizarán para los criterios de evaluación

La plataforma de ADMC propuesta en este documento considera la selección de seis criterios de evaluación propuestos con base en la literatura; todos ellos consistentes con el objetivo de identificar un estrategia de políticas de mitigación y adaptación que tenga un buen desempeño en condiciones de incertidumbre climática. El usuario deberá definir el peso relativo asignado a cada uno de los criterios. Para esto, es importante tener en cuenta los objetivos prioritarios de los tomadores de decisión, que permiten identificar aquellas características que resultan más deseables en el contexto específico en el que son seleccionadas. Los pesos relativos (p) para cada criterio (q) se definen de forma que:

$$\sum_{q=1}^{Q=6} p_q = 1 \quad (1)$$

Sujeto a $0 \leq p_q \leq 1$, para $q = 1, 2, 3, 4, 5, 6$

Donde Q representa el número total de criterios que en este caso es igual a seis; p_q es el peso asignado a cada criterio. Es decir, la suma de los pesos relativos asignados a cada criterio debe ser igual a uno. El cuadro 6, muestra la definición de los criterios q_1 a q_6 y la forma en que éstos deben ser considerados para el ADMC. También muestra los pesos relativos que son utilizados para ilustrar el ejemplo desarrollado en esta sección, estos pesos sólo son indicativos y pueden ser modificados de acuerdo a las necesidades de los tomadores de decisión.

Para el consistente funcionamiento del ADMC es importante garantizar el cumplimiento de la ecuación (1), es decir que la suma de los pesos relativos de los criterios sea igual a uno. Por lo anterior, la celda resaltada en rojo que se encuentra debajo de la lista de criterios del panel A de la muestra la suma de los pesos asignados. En caso de que no sea igual a uno la celda permanecerá en rojo. Cuando la suma es

igual a uno esta celda aparecerá resaltada en verde y con la leyenda ‘100%’ lo que indica el cumplimiento de la condición expresada en la ecuación (1). El cuadro 7, muestra un ejemplo donde la suma de los pesos relativos no satisface la ecuación (1) y cuando la suma de los pesos es igual a uno.

Cuadro 6
Definición de criterios para el ADMC^a

Criterio	Ejemplo
q_1 Selección de políticas sin arrepentimiento (sin arrepentimiento)	$p_1 = 0.40$
q_2 Existencia y magnitud de co-beneficios (co-beneficios)	$p_2 = 0.20$
q_3 Posibilidad de incorporar ‘márgenes de seguridad’ (márgenes de seguridad)	$p_3 = 0.10$
q_4 Favorecer políticas reversibles y flexibles (flexibilidad)	$p_4 = 0.10$
q_5 Sinergias entre políticas de mitigación y adaptación (sinergia a-m)	$p_5 = 0.10$
q_6 Promover el uso de políticas de ingeniería blanda (ingeniería blanda)	$p_6 = 0.10$
Total	$\sum_{q=1}^Q p_q = 1$

Fuente: ADMC para evaluar políticas de mitigación y adaptación al cambio climático en América Latina (archivo anexo).

^a La leyenda que aparece entre paréntesis muestra el título utilizado para cada uno de los criterios en la plataforma ADMC.

Cuadro 7
Ejemplo: asignación de pesos relativos

Suma de pesos $\neq 1$		Suma de pesos = 1	
CRITERIOS DE SELECCIÓN		CRITERIOS DE SELECCIÓN	
SIN ARREPENTIMIENTO	0.00	SIN ARREPENTIMIENTO	0.40
CO-BENEFICIOS	0.00	CO-BENEFICIOS	0.20
MÁRGENES DE SEGURIDAD	0.00	MÁRGENES DE SEGURIDAD	0.10
FLEXIBILIDAD	0.00	FLEXIBILIDAD	0.10
SINERGIA A - M	0.00	SINERGIA A - M	0.10
INGENIERÍA BLANDA	0.00	INGENIERÍA BLANDA	0.10
	0%		100%

Fuente: ADMC para evaluar políticas de mitigación y adaptación al cambio climático en América Latina (archivo anexo).

Paso 2. Evaluar las políticas de acuerdo a los criterios seleccionados

Consiste en asignar calificaciones a cada política de acuerdo al desempeño de sus criterios (descrito en el paso anterior) el cual, puede variar dependiendo del contexto en el que se implementen. Esta acción es fundamental para obtener resultados confiables que reflejen la realidad del desempeño relativo de las políticas en condiciones de incertidumbre climática. La literatura destaca que las calificaciones deben asignarse por un panel de expertos con conocimiento sobre los costos y beneficios de las políticas climáticas y el contexto local y regional del sector en el cual se implementarán, dicho panel de expertos puede conformarse por investigadores y tomadores de decisión.

Las calificaciones de cada política seleccionada deben especificarse en el panel D. De acuerdo al diseño de la plataforma, las calificaciones deben asignarse en una escala de 0 a 5, donde 0 indica el peor desempeño y 5 el mejor. El cuadro 8, muestra la guía para asignar calificaciones a cada criterio.

Para garantizar el funcionamiento de la plataforma, es importante que las calificaciones de las políticas se asignen de acuerdo a los rangos señalados en el cuadro 9. En caso de que la calificación asignada se encuentre fuera del rango especificado, la celda aparecerá resaltada en color rojo para indicar que no está dentro del rango permitido. El cuadro 8, muestra un ejemplo de calificaciones asignadas a la política ‘Adoptar nuevas variedades de cultivos resistentes’ donde las ponderaciones de los criterios ‘sin arrepentimiento’ y ‘márgenes de seguridad’ se encuentran fuera del rango permitido.

Cuadro 8
Ejemplo: calificaciones asignadas fuera del rango permitido

Sector	Clasificación	Políticas	PONDERACIÓN DE CRITERIOS						Total
			40.00% Sin Arrepentimiento	20.00% Co - Beneficios	10.00% Márgenes de Seguridad	10.00% Flexibilidad	10.00% Sinergia A - M	10.00% Ingeniería Blanda	
Agropecuario (AG)	Adaptación (A)	Rotación de cultivos							
Agropecuario (AG)	Adaptación (A)	Adoptar nuevas variedades de cultivos resistentes	2	3	7	3	0	5	2.90
Agropecuario (AG)	Adaptación (A)	Limitación de desmontes (deforestación)							
Agropecuario (AG)	Adaptación (A)	Sistema de Riego							
Agropecuario (AG)	Adaptación (A)	Fertilización eficiente							
Agropecuario (AG)	Adaptación (A)	Uso e incorporación de residuos agrícolas							

Fuente: ADMC para evaluar políticas de mitigación y adaptación al cambio climático en América Latina (archivo anexo).

Cuadro 9
Guía para la calificación de políticas

Criterio	Rango	Guía
Sin arrepentimiento	0 ó 5	Refiere a políticas que presentan costos netos negativos, es decir, que muestran beneficios netos aún bajo las condiciones climáticas actuales. En este ADMC, esta característica se considera una variable dicotómica, es decir la política es o no es una medida que puede catalogarse como 'sin arrepentimiento'. En el primer caso se asignar una calificación de 5 y en el segundo, una calificación de 0.
Co-beneficios	0-5	Refiere a la magnitud esperada de los co-beneficios de la política, la cual recibe una calificación de 0 cuando los co-beneficios son inexistentes o negativos. La calificación puede aumentar hasta un máximo de 5 para las políticas con el nivel más alto de co-beneficios.
Márgenes de seguridad	0-5	Refiere a la facilidad con la que la política puede considerar la instalación de 'márgenes de seguridad' que garanticen su desempeño frente a un amplio rango de escenarios climáticos futuros. Las políticas que muestran gran facilidad para la instalación (o consideración) de 'márgenes de seguridad' a un bajo costo reciben una calificación de 5. La calificación puede disminuir hasta un nivel de 0 para políticas que no permitan la consideración de 'márgenes de seguridad' en su diseño.
Flexibilidad	0-5	Refiere al grado de 'reversibilidad' de la política o la flexibilidad que existe para adaptarla a escenarios climáticos de mayor o menor magnitud conforme se da a conocer nueva información de las variables climáticas. Las políticas consideradas altamente reversibles o adaptables a un bajo costo deberán recibir una calificación de 5. La calificación puede disminuir hasta un nivel de 0 para las que no son reversibles o que no se pueden adaptar a los cambios en las condiciones climáticas.
Sinergia A-M	0-5	Refiere al nivel de sinergias positivas que exista entre políticas de adaptación (mitigación) y el cumplimiento de metas de mitigación (adaptación). Las políticas que muestren mayor sinergia entre los dos objetivos reciben una calificación de 5 la cual, puede disminuir hasta un nivel de 0 para políticas que no presentan ningún tipo de sinergia o que incluso muestran sinergias negativas.
Ingeniería blanda	0-5	Refiere al uso de herramientas institucionales o financieras que implique un menor uso de ingeniería dura (infraestructura). Las políticas que estén completamente constituidas por elementos de ingeniería blanda reciben una calificación de 5 la cual, puede disminuir hasta un nivel de 0 para políticas que están basadas completamente en el uso de infraestructura (ingeniería dura).

Fuente: Elaboración de los autores con base en la revisión de literatura.

Una vez asignadas las calificaciones de cada política seleccionada, la ponderación final aparecerá en la columna con el encabezado 'Total' (panel E). El resultado, corresponde al promedio de las calificaciones asignadas a cada criterio, ponderado por su peso relativo:

$$T_i = \sum_{q=1}^{Q=6} c_{qi} p_q \quad (2)$$

Donde T_i representa la calificación total asignada a cada política i ; c_q representa la calificación correspondiente al criterio q para la política i ; y p_q representa el peso relativo asignado a cada uno.

El ejemplo desarrollado considera las evaluaciones para dieciséis políticas correspondientes a cuatro sectores, cuatro por sector. Como ejemplo de políticas de mitigación se seleccionaron los sectores: energía y transporte, y para las políticas de adaptación se eligieron los sectores: agropecuario y recursos hídricos. Las calificaciones asignadas se muestran en el cuadro 10 donde también se muestra la calificación total (T_i) que reporta la plataforma en la columna 'Total' (panel E). Esta evaluación utiliza los pesos relativos asignados en el paso anterior. Las calificaciones asignadas sólo son indicativas y es importante recordar que su desempeño en cada criterio depende altamente del contexto de donde se evalúen.

Cuadro 10
Ejemplo: evaluación de políticas de mitigación y adaptación

Sector	Clasificación	Políticas	PONDERACIÓN DE CRITERIOS						Total
			40.00% Sin Arrepentimiento	20.00% Co - Beneficios	10.00% Márgenes de Seguridad	10.00% Flexibilidad	10.00% Sinergia A - M	10.00% Ingeniería Blanda	
Agropecuario (AG)	Adaptación (A)	Rotación de cultivos	5	2	0	5	2	3	3.40
Agropecuario (AG)	Adaptación (A)	Sistema de Riego	0	2	4	1	0	0	0.90
Agropecuario (AG)	Adaptación (A)	Análisis de riesgo	5	2	4	5	1	5	3.90
Agropecuario (AG)	Adaptación (A)	Registro y Control de plagas	5	4	0	3	0	3	3.40
Energía (EN)	Mitigación (M)	Mejorar la calidad de los combustibles	5	4	2	3	2	4	3.90
Energía (EN)	Mitigación (M)	Conversión de vehículos a gas	0	3	0	3	1	2	1.20
Energía (EN)	Mitigación (M)	Fomentar programas de eficiencia energética	5	2	0	2	3	2	3.10
Energía (EN)	Mitigación (M)	Apoyar la evaluación del potencial de viento	5	4	1	5	2	1	3.70
Recursos Hídricos (HI)	Adaptación (A)	Sistema de alerta temprana	5	0	3	2	1	3	2.90
Recursos Hídricos (HI)	Adaptación (A)	Manejo integral de zonas costeras	5	4	4	3	2	4	4.10
Recursos Hídricos (HI)	Adaptación (A)	Ampliación de áreas con defensas costeras	0	2	4	4	0	0	1.20
Recursos Hídricos (HI)	Adaptación (A)	Desalinización	0	1	3	0	0	0	0.50
Transporte (TR)	Mitigación (M)	Impulsar el transporte ferroviario	0	2	0	1	3	0	0.80
Transporte (TR)	Mitigación (M)	Buenas prácticas de manejo	5	3	1	4	1	4	3.60
Transporte (TR)	Mitigación (M)	Planes de contaminación y Prevención Atmosférica	5	3	3	5	3	5	4.20
Transporte (TR)	Mitigación (M)	Centros de Control y Certificación Vehicular	0	2	3	2	2	0	1.10

Fuente: ADMC para evaluar políticas de mitigación y adaptación al cambio climático en América Latina (archivo anexo).

Una vez especificados los insumos necesarios para el ADMC en los pasos 1 y 2, la plataforma automáticamente realiza los pasos 3 y 4, es decir, calcula la calificación global para cada una política, presenta una tabla con su jerarquización y elabora el análisis de sensibilidad.

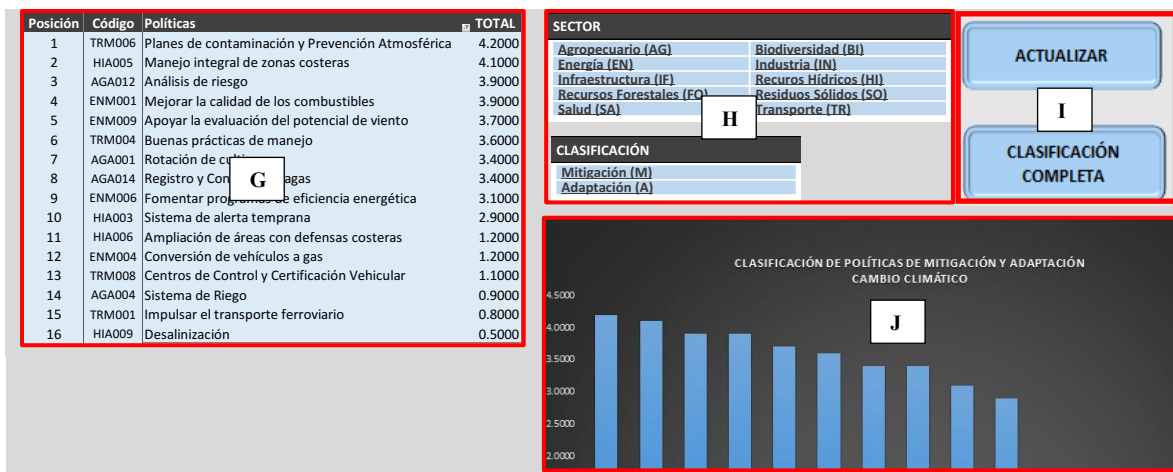
Paso 3. Jerarquización de políticas

El principal objetivo del ADMC es establecer una jerarquización de políticas que indique aquellas que muestran un mejor desempeño ante la incertidumbre climática. La plataforma utiliza la calificación total asignada en el paso anterior (panel E) para elaborar una tabla que muestre la jerarquización. La hoja de Excel con el nombre 'Ranking' presenta la jerarquización de las políticas evaluadas en el paso 2. El gráfico 11 muestra los resultados, la pantalla consta de cuatro paneles (G-J) que muestran los resultados y analizan los datos de manera sectorial, dichos paneles pueden utilizarse de la siguiente manera:

- Panel G: muestra la jerarquización de políticas de acuerdo a su calificación total (T_i), comenzando por aquellas con la calificación más alta, es decir, aquellas que muestran un mejor desempeño en condiciones de incertidumbre climática. La tabla de jerarquización consta de cuatro columnas: la denominada 'Posición' indica el lugar de cada política en la tabla de jerarquización, la columna 'Código' muestra un símbolo alfanumérico de seis caracteres asignado de forma automática y que identifica a cada una de las políticas, los primeros dos caracteres representan el sector, el tercer carácter representa el tipo de política (M=mitigación y A=adaptación), y los últimos tres caracteres corresponden a un identificador numérico de cada política, éstos códigos son utilizados para identificar cada política en los gráficos de resultados. La columna 'Políticas' muestra la descripción de cada una de las políticas evaluadas, y la columna 'Total' muestra la calificación total (T_i) asignada.
- Panel H: contiene 'botones de acción' que permiten analizar los resultados de forma sectorial o por tipo de política (mitigación o adaptación).
- Panel I: contiene dos 'botones de acción'. El botón con la leyenda 'Actualizar' restablece la tabla de jerarquización y el gráfico de resultados cuando se realiza cualquier cambio a la evaluación. El botón 'Clasificación completa' elimina todos los filtros seleccionados en el panel H y muestra los resultados incluyendo la lista completa de políticas evaluadas.
- Panel J: muestra una representación gráfica de la jerarquización de políticas. La altura de las barras representa la calificación total (T_i) de cada política.

El cuadro 11 muestra los resultados de la jerarquización de las políticas consideradas en el ejemplo desarrollado. La parte A muestra la jerarquización de las dieciséis políticas consideradas en el análisis, y los cuadros B-E muestran la jerarquización para cada uno de los sectores considerados. El gráfico 12 muestra la representación gráfica de los resultados, cada barra es identificada con el código alfanumérico asignado.

Gráfico 11
Ejemplo: jerarquización de políticas de mitigación y adaptación



Fuente: ADMC para evaluar políticas de mitigación y adaptación al cambio climático en América Latina (archivo anexo).

Cuadro 11
Ejemplo: jerarquización de políticas de mitigación y adaptación

Lista completa

Posición	Código	Políticas	TOTAL
1	TRM006	Planes de contaminación y Prevención Atmosférica	4.2000
2	HIA005	Manejo integral de zonas costeras	4.1000
3	ENM001	Mejorar la calidad de los combustibles	3.9000
4	AGA012	Análisis de riesgo	3.9000
5	ENM009	Apoyar la evaluación del potencial de viento	3.7000
6	TRM004	Buenas prácticas de manejo	3.6000
7	AGA001	Rotación de cultivos	3.4000
8	AGA014	Registro y Control de plagas	3.4000
9	ENM006	Fomentar programas de eficiencia energética	3.1000
10	HIA003	Sistema de alerta temprana	2.9000
11	ENM004	Conversión de vehículos a gas	1.2000
12	HIA006	Ampliación de áreas con defensas costeras	1.2000
13	TRM008	Centros de Control y Certificación Vehicular	1.1000
14	AGA004	Sistema de Riego	0.9000
15	TRM001	Impulsar el transporte ferroviario	0.8000
16	HIA009	Desalinización	0.5000

Mitigación

Energía

Posición	Código	Políticas	TOTAL
1	ENM001	Mejorar la calidad de los combustibles	3.9000
2	ENM009	Apoyar la evaluación del potencial de viento	3.7000
3	ENM006	Fomentar programas de eficiencia energética	3.1000
4	ENM004	Conversión de vehículos a gas	1.2000

Transporte

Posición	Código	Políticas	TOTAL
1	TRM006	Planes de contaminación y Prevención Atmosférica	4.2000
2	TRM004	Buenas prácticas de manejo	3.6000
3	TRM008	Centros de Control y Certificación Vehicular	1.1000
4	TRM001	Impulsar el transporte ferroviario	0.8000

Adaptación

Agropecuario

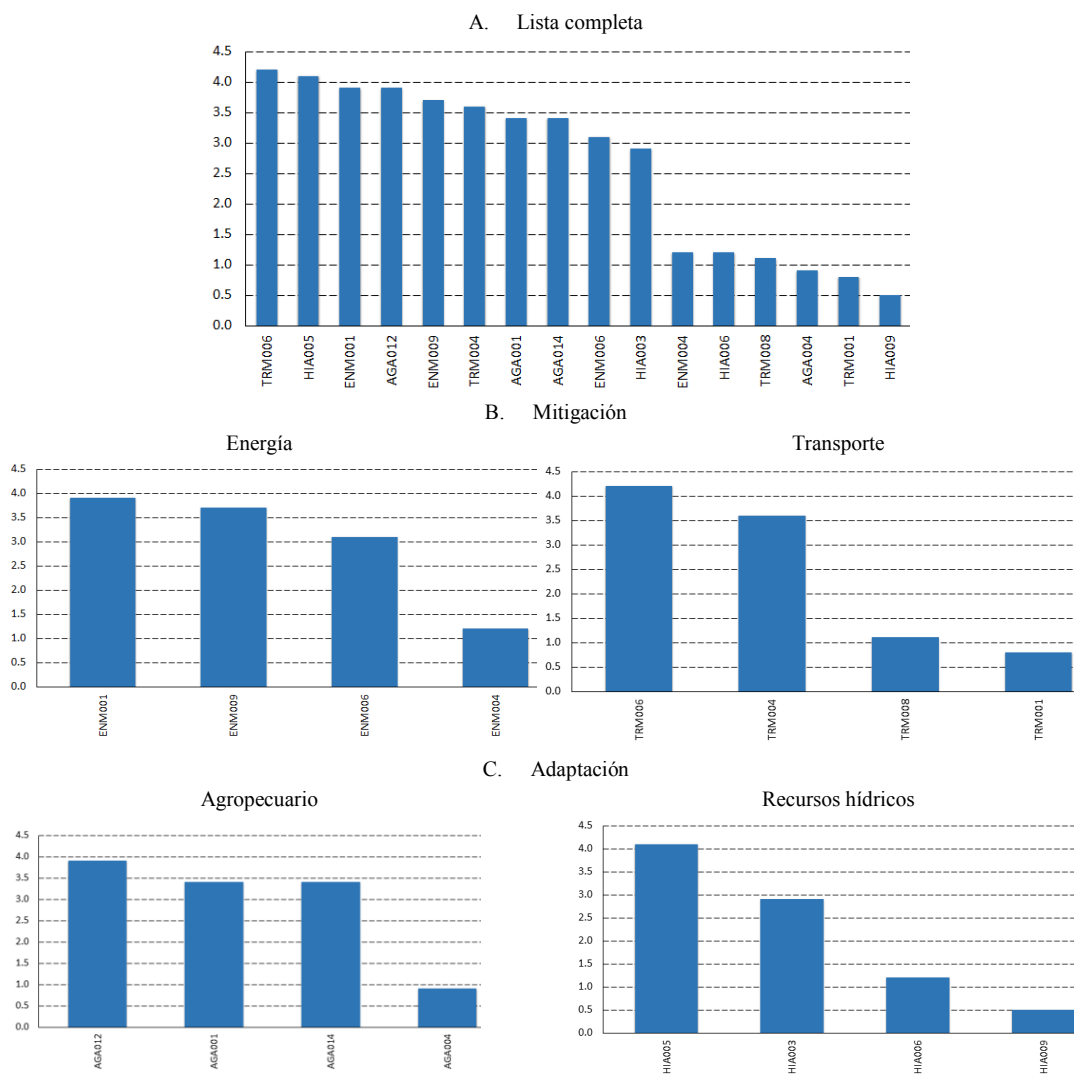
Posición	Código	Políticas	TOTAL
1	AGA012	Análisis de riesgo	3.9000
2	AGA001	Rotación de cultivos	3.4000
3	AGA014	Registro y Control de plagas	3.4000
4	AGA004	Sistema de Riego	0.9000

Recursos Hídricos

Posición	Código	Políticas	TOTAL
1	HIA005	Manejo integral de zonas costeras	4.1000
2	HIA003	Sistema de alerta temprana	2.9000
3	HIA006	Ampliación de áreas con defensas costeras	1.2000
4	HIA009	Desalinización	0.5000

Fuente: ADMC para evaluar políticas de mitigación y adaptación al cambio climático en América Latina (archivo anexo).

Gráfico 12
Ejemplo: jerarquización de políticas de mitigación y adaptación, análisis gráfico

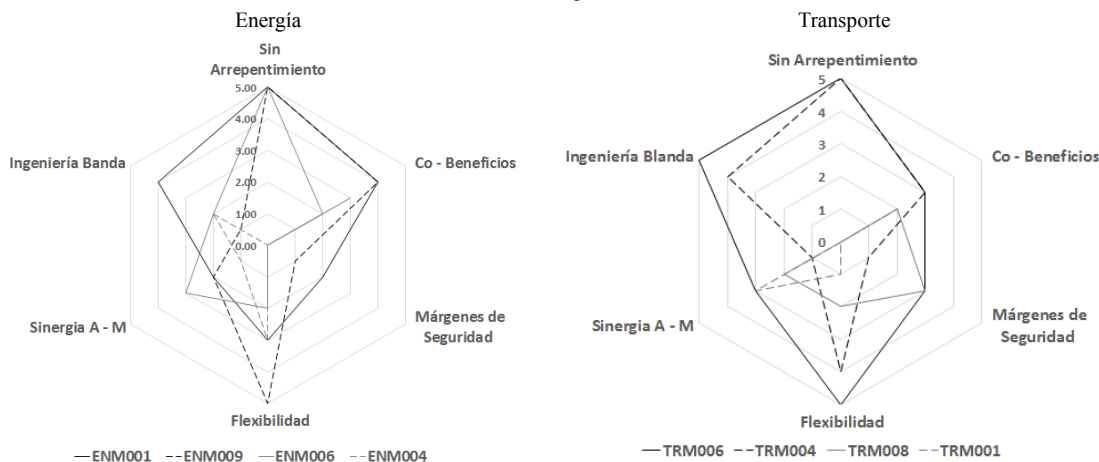


Fuente: ADMC para evaluar políticas de mitigación y adaptación al cambio climático en América Latina (archivo anexo).

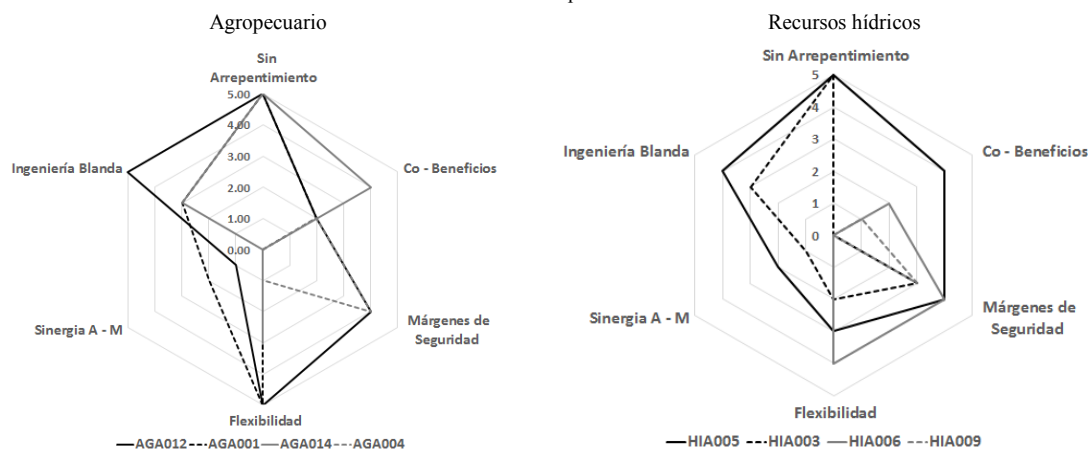
Los resultados presentados por la plataforma de ADMC también permiten analizar y comparar el desempeño de cada política en los diferentes criterios evaluados mediante el uso de gráficos de radar los cuales, llevan el nombre de los sectores incluidos en el análisis. Los gráficos analizados en este ejemplo se muestran en el gráfico 13. Los criterios de evaluación se presentan en los ejes, y las líneas muestran el desempeño de las políticas en los criterios evaluados. Las políticas se identifican utilizando el código alfanumérico asignado a cada una de ellas.

Gráfico 13
Ejemplo: desempeño de políticas evaluadas por criterio

A. Mitigación



B. Adaptación



Fuente: ADMC para evaluar políticas de mitigación y adaptación al cambio climático en América Latina (archivo anexo).

Paso 4. Análisis de sensibilidad

El último paso es realizar un análisis de sensibilidad sobre el peso relativo asignado a cada uno de los criterios. Éste, permite determinar qué tan sensible es la jerarquización de políticas obtenida en el ADMC a cambios en el peso relativo asignado a los criterios de evaluación. El resultado consiste en identificar el rango en el que es posible modificar el peso de cada criterio sin que se modifique el orden de jerarquización de las políticas.

El análisis de sensibilidad de cada criterio q se lleva a cabo de manera independiente y considera como valores base los pesos asignados en el panel A. Variaciones en los pesos relativos de los criterios de evaluación se encuentran sujetos a la restricción especificada en la ecuación (1), es decir, la suma total de los pesos relativos debe ser igual a uno. Por lo anterior, el aumento (diminución) en el peso de un criterio debe estar compensado por una disminución (aumento) en el peso de otro criterio. El supuesto para el análisis de sensibilidad es que la variación en el peso relativo del criterio analizado se compensa con variaciones de signo contrario distribuidas en la misma proporción entre los criterios restantes, de tal forma que el total de la suma de los pesos sigue siendo igual a uno. Es decir, las variaciones en los pesos relativos para determinar el límite superior en el análisis de sensibilidad se realizan de acuerdo a la ecuación (3), mientras que para determinar el límite inferior los pesos varían de acuerdo a la ecuación (4).

Límite superior:
$$\sum_q^Q p_q = p_j + \Delta q_j + \sum_{q_{m \setminus j}}^Q \left(q_{m \setminus j} - \frac{\Delta q_j}{Q-1} \right) = 1 \tag{3}$$

Límite inferior:
$$\sum_q^Q p_q = p_j - \Delta q_j + \sum_{q_{m \setminus j}}^Q \left(q_{m \setminus j} + \frac{\Delta q_j}{Q-1} \right) = 1 \tag{4}$$

Donde *j* representa el criterio analizado y *Q* es el número total de criterios considerados en el análisis. Las variables *p* y *q* se definen como en las ecuaciones (1) y (2). El rango de variaciones en los pesos (Δq_j) considerado para el análisis de sensibilidad está definido a dos decimales.

Los resultados del análisis de sensibilidad se muestran en la hoja de Excel con el nombre ‘Sensibilidad’. El gráfico 14, muestra los resultados del análisis de sensibilidad. La pantalla, consta de tres paneles (K–M) que muestran los resultados y permite analizar la sensibilidad de manera sectorial, cada uno tiene la siguiente información:

- Panel K: muestra los resultados del análisis de sensibilidad para cada uno de los criterios incluidos. La tabla de resultados consta de cuatro columnas: la denominada ‘Criterios de selección’ señala el nombre del criterio al que hace referencia cada renglón de resultados, la columna ‘Valor base’ muestra los pesos asignados a cada uno de los criterios y las columnas ‘Valor mínimo’ y ‘Valor máximo’ muestran el límite inferior y superior en el que puede fluctuar el peso asignado a cada criterio sin que se produzcan cambios en la jerarquización de políticas. Las variaciones de pesos para determinarlos el son calculados de acuerdo a las ecuaciones (3) y (4).
- Panel L: muestra una representación gráfica de los resultados del análisis de sensibilidad señalando los valores base, mínimo y máximo.
- Panel M: contiene ‘botones de acción’ que permiten analizar los resultados de forma sectorial. Los resultados por sectores muestran el rango en el que puede fluctuar el peso asignado a cada criterio sin que se produzcan cambios en la jerarquización de políticas de ese sector. Un clic en la esquina superior derecha permite eliminar todos los filtros seleccionados.

El cuadro 12, muestra los resultados del análisis de sensibilidad para el ejemplo desarrollado. La parte A muestran los resultados incluyendo las dieciséis políticas consideradas en el ejemplo. Los cuadros B–E muestran el análisis de sensibilidad para cada uno de los sectores. Por su parte, el gráfico 15 muestra una representación de los resultados del análisis de sensibilidad.

Gráfico 14
Ejemplo: análisis de sensibilidad



Fuente: ADMC para evaluar políticas de mitigación y adaptación al cambio climático en América Latina (archivo anexo).

Cuadro 12 Ejemplo: análisis de sensibilidad

A. Lista completa

Crterios de seleccin	Valor Mnimo	Valor Base	Valor Mximo
Sin Arrepentimiento	0.40	0.40	0.40
Mrgenes de Seguridad	0.20	0.20	0.20
Co - Beneficios	0.08	0.10	0.10
Flexibilidad	0.10	0.10	0.10
Sinergia A - M	0.10	0.10	0.12
Ingeniera Blanda	0.10	0.10	0.10

B. Mitigacin

Energía

Crterios de seleccin	Valor Mnimo	Valor Base	Valor Mximo
Sin Arrepentimiento	0.02	0.40	1.00
Mrgenes de Seguridad	0.00	0.20	0.83
Co - Beneficios	0.00	0.10	1.00
Flexibilidad	0.00	0.10	0.17
Sinergia A - M	0.00	0.10	0.40
Ingeniera Blanda	0.04	0.10	0.40

Transporte

Crterios de seleccin	Valor Mnimo	Valor Base	Valor Mximo
Sin Arrepentimiento	0.00	0.40	1.00
Mrgenes de Seguridad	0.00	0.20	1.00
Co - Beneficios	0.00	0.10	0.68
Flexibilidad	0.00	0.10	1.00
Sinergia A - M	0.00	0.10	0.26
Ingeniera Blanda	0.00	0.10	1.00

C. Adaptacin

Agropecuario

Crterios de seleccin	Valor Mnimo	Valor Base	Valor Mximo
Sin Arrepentimiento	0.00	0.40	0.40
Mrgenes de Seguridad	0.00	0.20	0.20
Co - Beneficios	0.00	0.10	0.10
Flexibilidad	0.10	0.10	1.00
Sinergia A - M	0.10	0.10	0.32
Ingeniera Blanda	0.00	0.10	0.10

Recursos hdricos

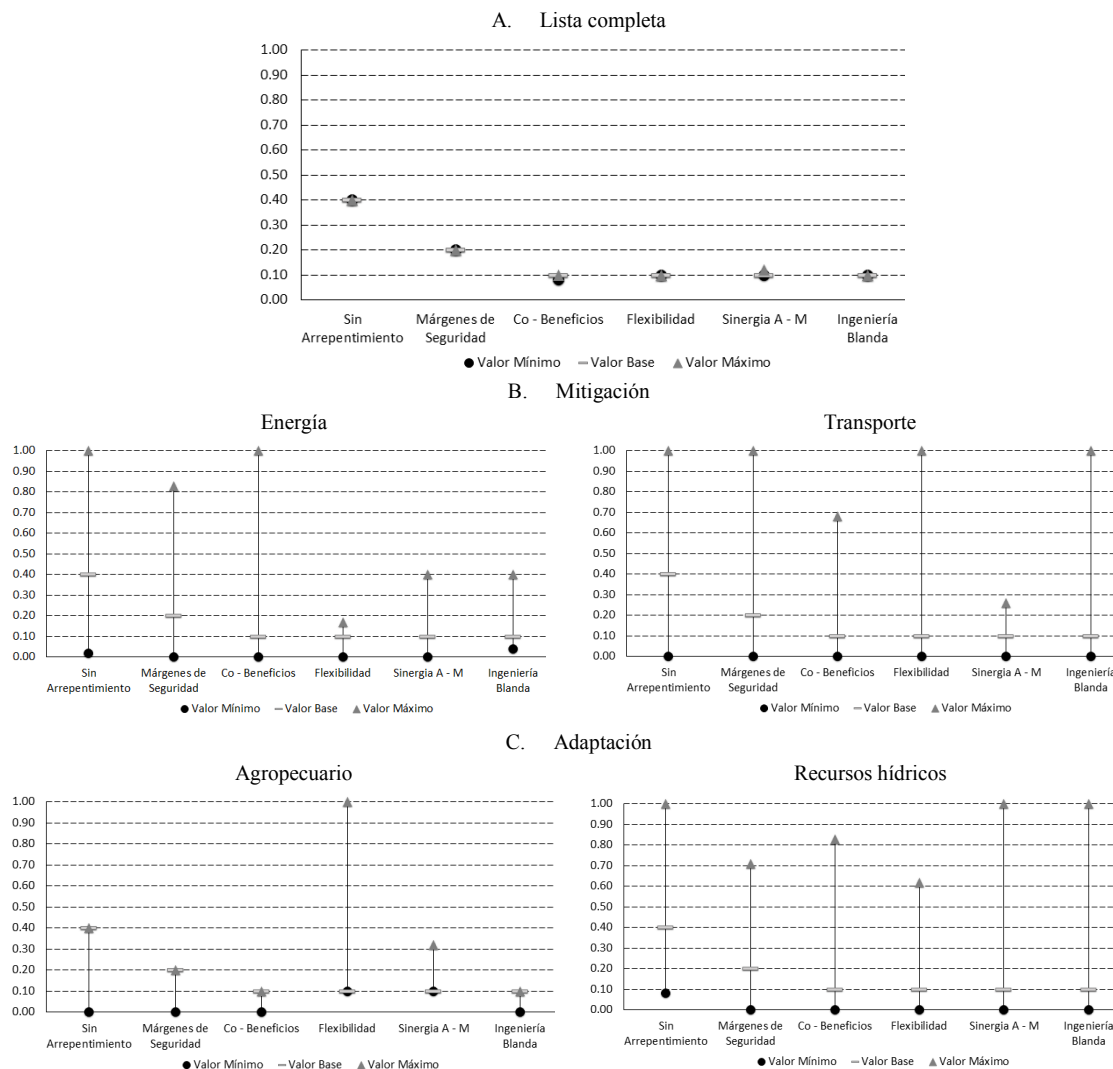
Crterios de seleccin	Valor Mnimo	Valor Base	Valor Mximo
Sin Arrepentimiento	0.08	0.40	1.00
Mrgenes de Seguridad	0.00	0.20	0.71
Co - Beneficios	0.00	0.10	0.83
Flexibilidad	0.00	0.10	0.62
Sinergia A - M	0.00	0.10	1.00
Ingeniera Blanda	0.00	0.10	1.00

Fuente: ADMC para evaluar polticas de mitigacin y adaptacin al cambio climtico en Amrica Latina (archivo anexo).

La sensibilidad de la jerarquizacin a cambios en los pesos depende de tres factores, de los pesos relativos asignados a cada criterio, de las calificaciones asignadas a cada poltica, y del nmero de polticas incluidas. Los resultados muestran que, en general, la jerarquizacin de polticas es ms sensible a cambios en el peso de los criterios cuando se incluye un nmero elevado de polticas en el anlisis.

La primera parte del cuadro 12 y del grfico 12 muestran que cuando se consideran las diecisis polticas del ejemplo, la jerarquizacin es altamente sensible a cambios en el peso de los criterios. En particular, cualquier variacin (a dos decimales) en el peso de los criterios 'sin arrepentimiento', 'mrgenes de seguridad', 'flexibilidad', e 'ingeniera blanda', causa cambios en la jerarquizacin de polticas, mientras que el peso de los criterios 'co-beneficios' y 'sinergia a-m' pueden variar hasta en un mximo de 0,02 unidades en forma negativa y positiva, respectivamente, sin que existan cambios en la jerarquizacin.

Gráfico 15
Ejemplo: análisis de sensibilidad (representación gráfica)



Fuente: ADMC para evaluar políticas de mitigación y adaptación al cambio climático en América Latina (archivo anexo).

La jerarquización de políticas por sector muestra una menor sensibilidad a cambios en el peso de los criterios. Por ejemplo en el sector energía, el peso del criterio ‘co-beneficios’ puede variar entre 0 y 1 sin que esto represente cambios en la jerarquización de políticas del sector. Lo mismo ocurre en el caso del sector transporte para los criterios ‘sin arrepentimiento’, ‘márgenes de seguridad’, ‘flexibilidad’ e ‘ingeniería blanda’, y en el sector recursos hídricos para los criterios ‘sinergia a-m’ e ‘ingeniería blanda’. Por el contrario, los resultados son más sensibles a cambios en criterios como ‘flexibilidad’ en el sector energía que únicamente puede variar entre 0,00 y 0,17 sin que existan cambios en la jerarquización, o ‘co-beneficios’ en el sector agropecuario que únicamente puede variar entre 0,00 y 0,10. Es importante recordar que las variaciones en los pesos deben ser compensadas de acuerdo a las ecuaciones (3) y (4).

IV. Conclusiones

En los últimos años se ha incrementado la inquietud por el estudio de temas ambientales, incluidas las políticas y medidas que contrarrestan y suavizan los efectos que podría originar el cambio climático. Sin embargo, la incertidumbre es un factor que dificulta la predicción de los beneficios netos (económicos, ambientales, sociales y políticos) de implementación de alguna estrategia en un periodo de tiempo determinado. En este contexto, resulta importante identificar las políticas que tendrán un mejor desempeño ante la gran variedad de escenarios climáticos futuros.

La literatura ha utilizado los conceptos de ‘doble dividendo’, ‘co-beneficios’ (beneficios adicionales), y ‘sin arrepentimiento’ para definir los tipos de políticas de adaptación y mitigación que hacen frente a los desafíos que impone el cambio climático. El primer término, refiere a la aplicación, fundamentalmente, de políticas fiscales que permiten la reutilización de ingresos fiscales y la reducción de impuestos que distorsionan la actividad económica. Los beneficios adicionales engloban todos aquellos efectos positivos que una política de mitigación o adaptación puede tener en objetivos secundarios de política, sin importar su efecto neto en el bienestar social. El último concepto, incluye aquellas políticas donde sus beneficios totales (primarios y secundarios) exceden los costos de su implementación aún bajo las condiciones climáticas actuales.

En los estudios analizados, se describen parcialmente las bondades o debilidades de las políticas y en algunos casos, no se expresa explícitamente si se pueden catalogar como ‘sin arrepentimiento’, o si poseen co-beneficios, dado que no es el objetivo central de los artículos. Sin embargo, no significa que no los posean. Por ejemplo, en los análisis de costo-beneficio, se evalúan únicamente los beneficios primarios, lo que no permite visualizar los beneficios secundarios y posibles efectos negativos. En enfoques como el multicriterio depende de las características priorizados por el panel de expertos o por los mismos autores, imponiendo cierto grado de subjetividad que puede alterar las conclusiones de los análisis. La presente revisión de literatura pretende ser parte de una guía para los tomadores de decisión y expertos, aunque, no se sugiere generalizar su aplicación en todos los casos, ya que las estimaciones de costos, beneficios y co-beneficios dependen en gran medida del contexto nacional o local en el que se implementan las políticas.

La efectividad o robustez de las políticas de adaptación y mitigación también depende del grado de desarrollo de las regiones. Por ejemplo, la evidencia sugiere que los beneficios adicionales normalmente son mayores en países en vías de desarrollo. En este sentido, los procesos de diseño y aplicación de las medidas se ven influenciadas por los efectos secundarios que pudiesen originar. Asimismo, las prioridades de crecimiento económico y reducción de los niveles de pobreza en países en desarrollo han limitado el uso de políticas ambientales, por tanto, las que son compatibles con dichos prerrequisitos se vuelven más deseables. Contar con un portafolio amplio de políticas públicas que han sido catalogadas con cobeneficios o ‘sin arrepentimiento’ amplía la información y las posibilidades que tienen los tomadores de decisión para hacer frente a los desafíos ambientales, económicos, sociales y políticos del cambio climático.

La incertidumbre asociada al fenómeno del cambio climático sugiere que los tomadores de decisión deben contar con una estrategia de políticas públicas que muestre un buen desempeño ante un amplio rango de escenarios climáticos futuros. Existen herramientas como el TDMR y CB que permiten evaluar los portafolios de políticas públicas e identificar aquellas con un desempeño más robusto frente al cambio climático. Sin embargo, estas metodologías demandan una cantidad considerable de información y de conocimientos técnicos que limitan su uso práctico. En este documento se sugiere el uso del ADMC como una herramienta útil, práctica y flexible para considerar el desempeño de políticas ante la incertidumbre climática de forma sistemática en la toma de decisiones. Si bien, padece de cierto grado de subjetividad, el involucramiento de expertos en el proceso de evaluación puede ayudar a minimizar cualquier sesgo.

También se ilustró el desarrollo y uso de una plataforma para evaluar las políticas de mitigación y adaptación al cambio climático en América Latina. El ADMC considera criterios de evaluación que caracterizan el desempeño de las políticas ante la incertidumbre climática. Los criterios se seleccionaron con base en una revisión de literatura. El ADMC contiene cuatro pasos: 1) Definir las ponderaciones que se utilizarán para los criterios de evaluación; 2) Evaluar las políticas de acuerdo a cada uno de los criterios seleccionados; 3) Jerarquización de políticas de acuerdo al desempeño de los criterios seleccionados; y 4) Análisis de sensibilidad. La plataforma permite desarrollar estos cuatro pasos de manera fácil y flexible y brinda opciones que permiten comparar políticas por sector o tipo (mitigación o adaptación).

El objetivo es que la plataforma pueda ser utilizada por los tomadores de decisión de la región para ayudar al desarrollo de estrategias o portafolios de políticas de mitigación y adaptación que brinden los mejores resultados frente a los retos del cambio climático.

Bibliografía

- Arrow, K. *et al.* (1996), Decision-making frameworks for addressing climate change. En: J. Bruce, H. Lee y E. Haites (Eds.) *Climate Change 1995: Economic and Social Dimensions of Climate Change. Contribution of Study Group III to the Second Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Aunan, K., A. AAheim y H. Seip (2000), Reduced damage to health and environment from energy saving in Hungary. OECD (eds) *Ancillary Benefits and Costs of Greenhouse Gas Mitigation*. París.
- Barker, T. *et al.* (2010), Integrated modelling of climate control and air pollution: methodology and results from one-way coupling of an energy-environment-economy (E3MG) and atmospheric chemistry model (p-TOMCAT) in decarbonising scenarios for Mexico to 2050. *Environmental Science and Policy*, Vol. 13(8).
- Barton, J. R. (2009), Adaptación al cambio climático en la planificación de ciudades-regiones. *Revista de Geografía Norte Grande*, (43).
- Bates, B., *et al.* (2008), El cambio climático y el agua, PNUMA, Ginebra (Suiza) Organización Meteorológica Mundial, Ginebra (Suiza).
- Beck, T. y B. Bowen (1992), Energy market failure in the road transport sector: is there scope for? Paper presented at the Australasian Transport Research Forum, Canberra.
- Beg, N. *et al.* (2002), Linkages between climate change and sustainable development. *Climate Policy*, Vol. 2.
- Bosello, F. y C. Chen (2011), Adapting and mitigating to climate change: Balancing the choice under uncertainty. *Fondazione Eni Enrico Mattei, Working Papers*.
- Bosello, F., C. Carraro y E. De Cian (2010), Climate policy and the optimal balance between mitigation, adaptation and unavoidable damage. Working paper, *Department of Economics, Ca'Foscari University of Venice*.
- Brans, J., P. Vincke y B. Mareschal (1986), How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method. *European Journal of Operational Research*, 24(2).
- Cai, W., C. Wang, J. Chen y S. Wang (2011), Green economy and green jobs: myth or reality? The case of China's power generator sector. *Energy*, Vol. 36.
- Callaway, J., L. Næss y L. Ringuis (1998), Adaptation costs: a framework and methods. En: D. Francis, C. Brooke y K. Halsnæs (Eds) *Mitigation and Adaptation Cost Assessment: Concepts, Methods and Appropriate Use*. UNEP Collaborating Centre on Energy and Environment, Risø National Laboratory, Roskilde, Dinamarca.
- Casassa, G. y C. Rosenzweig (2007), Assessment of observed changes and responses in natural and managed systems. En: IPCC (eds) *Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability*, Ch. 1. Cambridge University Press.
- Cerda, J. *et al.* (2008), Cambio climático y enfermedades infecciosas: un nuevo escenario epidemiológico. *Revista chilena de infectología*, 25(6).

- Chhatre, A. *et al.* (2012), Social safeguards and co-benefits in REDD+: a review of the adjacent possible. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, Vol. 4(6).
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2015), *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe: Paradojas y desafíos del desarrollo sostenible*. Naciones Unidas.
- _____ (2011), *América Latina y el Caribe: indicadores macroeconómicos del turismo*. Naciones Unidas.
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC) (2015), *Adoption of the Paris Agreement*. Conference of the Parties. París, Francia.
- Creutzig, F. y D. He (2009), Climate change mitigation and co-benefits of feasible transport demand policies in Beijing. *Transportation and Research Part D: Transport and Environment*, Vol. 14(2).
- De Bruin, K., R. Dellink y R. Tol (2009), *AD-DICE: An implementation of adaptation in the DICE model*. Climatic Change, Vol. 95.
- De Bruin, K. *et al.* (2009), Adapting to climate change in The Netherlands: an inventory of climate adaptation options and ranking of alternatives. *Climatic change*, 95(1).
- De Melo, C., J. De Martino y A. Tripodi (2013), Evaluating public policy mechanisms for climate change mitigation in Brazilian buildings sector. *Energy Policy*, 61.
- Dessai, S. *et al.* (Eds) (2004), Defining and experiencing dangerous climate change: An editorial essay. *Climatic Change*, Vol. 64: 11-15.
- Diaz, S., A. Hector y D. Wardle (2009), Biodiversity in forest carbon sequestration initiatives: not just a side benefit. *Current opinion in environmental sustainability*, Vol. 1.
- Dowlatabadi, H. (2003), If only theoretical economic analysis gave a credible accounting of human action! The international climate policy to combat global warming: an analysis of the ancillary benefits of reducing carbon emissions. *Climate Policy*, Vol. 3(4).
- Ekens, P. (2000), *Economic growth and environmental sustainability: the prospects for green growth*. Routledge, London, UK.
- Elbakizade, L. y B. McCarl (2007), Sequestration offsets versus direct emissions reductions: consideration of environmental co-effects. *Ecological Economics*, Vol. 60.
- Fankhauser, S. (1998), The costs of adapting to climate change. *GEF Working Paper*, 16. Global Environmental Facility, Washington DC.
- Fankhauser, S. y I. Burton (2011), Spending adaptation money wisely. *Centre for Climate Change Economics and Policy*, Working Paper, No. 47. *Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment*, Working Paper, No. 37.
- Fankhauser, S., J. Smith y R. Tol (1999), Weathering climate change: some simple rules to guide adaptation decisions. *Ecological Economics*, Vol. 30.
- Fullerton, D. y G. Metcalf (1998), Environmental taxed and the double-dividend hypothesis: Did you really expect something for nothing? *Chicago-Kent Law Review*, Vol. 73(1).
- Füssel, H. (2007), Adaptation planning for climate change: concepts, assessment approaches, and key lessons. *Sustainability Science*, Vol. 2.
- Garg, A. (2011), Pro-equity effects of ancillary benefits of climate change policies: a case study of human health impacts of outdoor air pollution in New Delhi. *World Development*, Vol. 39(6).
- Gollier, C. y N. Treich (2003), Decision making under scientific uncertainty: The economics of the precautionary principle. *The Journal of Risk and Uncertainty*, Vol. 27(1).
- Goulder, L. (1995), Environmental taxation and the double dividend: A reader's guide. *International Tax and Public Finance*, Vol. 2(2).
- Groves, D. y R. Lempert (2007), A new analytic method for finding policy-relevant scenarios. *Global Environmental Change*, Vol. 17.
- Groves, D., D. Knopman, R. Lempert, S. Berry y L. Wainfan (2007), *Presenting uncertainty about climate change to water resource managers*. RAND, Santa Monica.
- Ha-Duong, M. (1998). Quasi-option value and climate policy choices. *Energy Economics*, Vol. 20.
- Haines, A. *et al.* (2010), Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: overview and implications for policy makers. *The Lancet*, 374(9707).
- Hallegatte, S. (2009), Strategies to adapt to an uncertain climate change. *Global Environmental Change*, Vol. 19.
- _____ (2006), A cost-benefit analysis of the New Orleans flood protection system. *AEI-Brookings joint center. Regulatory analysis*.
- Hallegatte, S. *et al.* (2012), Investment decision making under deep uncertainty--application to climate change.
- Hallegatte, S., F. Henriot y J. Corfee-Morlot (2011), The economics of climate change impacts and policy benefits at city scale: a conceptual framework. *Climatic change*, 104(1).

- Harrison, P. (2002), Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. *Dirección de Información de la FAO*.
- Heffner, G. y N. Campbell (2011), *Evaluating the Co-Benefits of Low-Income Energy-Efficiency Programmes*. OECD/IEA, París.
- Hegerl, G. y F. Zwiers (2007), Understanding and attributing climate change. En: IPCC (eds) *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*, Ch. 9. Cambridge University Press.
- Honty, G. (2007), *América Latina ante el cambio climático*. El Observatorio de la Globalización, Montevideo, Uruguay.
- Huang, B., J. Keisler y I. Linkov (2011), Multi-criteria decision analysis in environmental sciences: ten years of applications and trends. *Science of the total environment*, 409(19).
- Jack, D., y P. Kinney (2010), Health co-benefits of climate mitigation in urban areas. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, Vol. 2.
- Kambezidis, H, B. Kasselouri y P. Konidari (2011), Evaluating policy options for increasing the RES-E penetration in Greece. *Energy Policy*, 39(9).
- Kammen, D., K. Kapadia y M. Fripp (2004), Putting renewables to work: How many jobs can the clean energy industry generate. *Report of the Renewable and Appropriate Energy Laboratory*. University of California, Berkeley, US.
- Klein, R. y S. Huq (2008), Inter-relationships between adaptation and mitigation. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Konadu, D. et al. (2015), Not all low-carbon energy pathways are environmentally “no-regrets” options. *Global Environmental Change*, 35.
- Konidari, P., y D. Mavrakis (2007), A multi-criteria evaluation method for climate change mitigation policy instruments. *Energy Policy*, 35(12).
- Krupnick, A., D. Burtraw y A. Markandya (2000), The ancillary benefits and costs of climate change mitigation: a conceptual framework. OECD (eds) *Ancillary Benefits and Costs of Greenhouse Gas Mitigation*. París.
- Lecocq, F. y Z. Shalizi (2007), Balancing expenditures on mitigation of and adaptation to climate change: An exploration of issues relevant to developing countries. *The World Bank Policy Research Working Paper*, No. 4299.
- Lempert, R, S. Popper y S. Bankes (2010), Robust decision-making: coping with uncertainty. *The Futurist*, 44(1).
- Lempert, R. y M. Collins (2007), Managing the risk of uncertain thresholds responses: comparison of robust, optimum, and precautionary approaches. *Risk Analysis*, Vol. 27.
- Lempert, R. y M. Schlesinger (2000), Robust strategies for abating climate change: An editorial essay. *Climatic Change*, Vol. 45.
- Lempert, R., D. Groves, S. Popper y S. Bankes (2006), A general, analytic method for generating robust strategies and narrative scenarios. *Management science*, 52(4).
- Lempert, R., N. Nakicenovic, D. Sarewitz y M. Schlesinger (2004), Characterizing climate-change uncertainties for decision makers. *Climatic Change*, Vo. 65.
- Levin, T., & Encinas, C. (2008), Adaptación al cambio climático: Experiencia en América Latina. *Revista virtual REDESMA*.
- Locke, C. y A. Rissman (2012), Unexpected co-benefits: forest connectivity and property tax incentives. *Landscape and Urban Planning*, Vol. 104.
- Longo, A., D. Hoyos y A. Markandya (2012), Willingness to pay for ancillary benefits of climate change mitigation. *Environmental and Resource Economics*, Vol. 51.
- Mabin, V., y M. Beattie (2006), *A Practical Guide to Multi-Criteria Decision Analysis*. A Workbook Companion to VISA Software. Victoria University of Wellington.
- Markandya, A. y T. Rübhelke (2004), Ancillary benefits of climate policy. *Jahrbücher f. Nationalökonomie u. Statistik*, Vol. 224/4.
- Mayrhofer, J. y J. Gupta (2016), The science and politics of co-benefits in climate policy. *Environmental Science and Policy*, Vol. 57.
- Meehl, G. y T. Stocker (2007), Global climate projections. En: IPCC (eds) *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*, Ch. 10. Cambridge University Press.
- Mees, H., P. Driessen, H. Runhaar y J. Stamatelos (2013), Who governs climate adaptation? Getting green roofs for stormwater retention off the ground. *Journal of Environmental Planning and Management*, 56(6).
- Metz, B., O. Davidson, R. Swart y J. Pan (2001), Climate Change 2001: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

- Mills, E., R. Roth y E. Lecomte (2005), Availability and Affordability of Insurance Under Climate Change: A Growing Challenge for the U.S., CERES, available on <http://www.ceres.org>.
- Mondal, M., M. Denich y P. Vlek (2010), The future choice of technologies and co-benefits of CO2 emission reduction in Bangladesh power sector. *Energy*, Vol. 35.
- Moomaw, R. *et al.* (2001), Technological and economic potential of greenhouse gas emission reduction. En: B. Metz, O. Davidson, R. Swart y J. Pan (Eds) *Climate Change 2001: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press, UK.
- Morgan, M. y M. Henrion (1990), *Uncertainty: A Guide to Dealing with Uncertainty in Quantitative Risk and Policy Analysis*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Munich Re (2005), *Annual Review: Natural Catastrophes 2004*, Topic Geo.
- NCCARF (2010), *Rising to the Challenge - The City of London Climate Change Adaptation Strategy*. London, UK.
- Nicholls, R. y S. Leatherman (1996), Adapting to sea-level rise: relative sea-level trends to 2100 for the United States. *Coastal Management*, Vol. 24(4).
- Ocampo, O. (2011), El cambio climático y su impacto en el agro. *Revista de Ingeniería*, (33).
- Paladino, S. (2011), Tracking the fault lines of pro-poor carbon forestry. *Culture, Agriculture, Food and Environment*, Vol. 33(2).
- Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) (2013), *Climate Change 2013: the physical science basis. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- _____ (2007), *Climate Change 2007: mitigation of climate change. Contribution of the Working Group III to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press.
- _____ (2001a), *Climate Change 2001: impacts, adaptation and vulnerability*. Cambridge University Press.
- _____ (2001b), *Climate Change 2001: impacts, adaptation and vulnerability*. Cambridge University Press.
- _____ (1995), *Climate Change 1995: Working Group III: economic and social dimension of climate change*. Cambridge University Press, 1995.
- Pearce, D. (2000), *Policy Frameworks for the Ancillary Benefits of Climate Change Policies*. En línea.
- Peterson, T., R. McKinstry y J. Dernbach (2008), Developing a comprehensive approach to climate change policy in the United States that fully integrates levels of government and economic sectors. *Virginia Environmental Law Journal*, 26.
- Pittel, K. y D. Rübhelke (2008), Climate policy and ancillary benefits: A survey and integration into the modelling of international negotiations on climate change. *Ecological Economics*, Vol. 68.
- Rive, N. (2010), Climate policy in Western Europe and avoided costs of air pollution control. *Economic Modelling*, Vol. 27(1).
- Rübhelke, D. (2002), *International Climate Policy to Combat Global Warming: An Analysis of the Ancillary Benefits of Reducing Carbon Emissions*. Edward Elgar Publishing, Cheltenham.
- Sánchez, L., Reyes O. (2015), *Medidas de adaptación y mitigación frente al cambio climático en América Latina y el Caribe. Una revisión general*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago, Chile.
- Samaniego, J. (2009), *Cambio climático y desarrollo en América Latina y el Caribe. Reseña 2009*. CEPAL, Naciones Unidas.
- Sandler, T. (1997), *Global Challenges: An Approach to Environmental, Political, and Economic Problems*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Santé, I., y R. Crecente (2005), Evaluación de métodos para la obtención de mapas continuos de aptitud para usos agroforestales. *GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica* (5).
- Sarewitz, D. y J. Pielke (2000), *Science, Prediction: Decisionmaking, and the Future of Nature*. Island Press, Washington, DC.
- Scheraga, J. (1999), *The potential consequences of climate change for Egypt*. Bi-National U.S.-Egypt Symposium on Climate Change, Cairo, Egypt.
- Scholl, L., M. Celse-L'Hoste, O. Quintanilla y A. Linares (2014), *Climate Change and IDB: Building Resilience and Reducing Emissions*, Sector Study: Transport.
- Shogren, J. (1999), Benefits and Costs of Kyoto. *Fondazione Eni Enrico Mattei, Working Papers*, 44.
- Stern, N. (2006), What is the economics of climate change? *World Economics-Henley on thames*, 7(2), 1.
- Sutherland, R. (1991), Market barriers to energy-efficiency investments. *The Energy Journal*, Vol. 12(3).

- Thambiran, T. y R. Diab (2011), Air pollution and climate change co-benefit opportunities in the road transportation sector in Durban, South Africa. *Atmospheric Environment*, Vol. 45.
- To'th, F. *et al.* (2001) Decision-making frameworks. En: B. Metz, O. Davidson, R. Swart y J. Pan (Eds.), *Climate Change 2001: mitigation. Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Urwin, K., y A. Jordan (2008), Does public policy support or undermine climate change adaptation? Exploring policy interplay across different scales of governance. *Global Environmental Change*, 18(1).
- Vergara, W. *et al.* (2014), *El Desafío Climático y de Desarrollo en América Latina y el Caribe: Opciones para un desarrollo resiliente al clima y bajo en carbono*. Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- Wayne, G. (2013), *The Beginner's Guide to Representative Concentration Pathways*. Skeptical Science, Creative Commons.
- Winiwarter, W. y Z. Klimont (2011), The role of N-gases(N₂O, NO_x, NH₃) un cost-effective strategies to reduce greenhouse gas emissions and air pollution in Europe. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, Vol. 3.
- Wreford, A. *et al.* (2015). Estimating the costs and benefits of adapting agriculture to climate change. *EuroChoices*, 14(2).
- Yohe, G., N. Andronova y M. Schlesinger (2004). To hedge or not against an uncertain climate future. *Science*, Vol. 306.

Anexo

Listados de políticas sectoriales evaluadas en la literatura

Cuadro A.1
Estrategias de adaptación en el sector agropecuario

Lugar	Medida	Método	Tipo de medida
África	Agricultura de conservación	Evaluación de riesgo	
Reino Unido	Agricultura de precisión	Análisis costo-beneficio	Co-beneficios económicos
Países Bajos	Almacenamiento de agua en granjas	Multicriterio	
Países Bajos	Cambio de uso de suelo	Multicriterio	
Centro y Sudamérica	Cambio de uso de suelo	Evaluación de riesgo	
Países Bajos	Cambios en el sistema de cultivos	Multicriterio	
Reino Unido	Cambios en las fechas de siembra	Análisis costo-beneficio	Co-beneficios económicos
General	Cultivos resistentes	Multicriterio	Sin arrepentimiento
Reino Unido	Cultivos resistentes	Análisis costo-beneficio	Co-beneficios económicos
Reino Unido	Cultivos resistentes	Análisis costo-beneficio	Co-beneficios económicos
África	Cultivos resistentes	Evaluación de riesgo	
Centro y Sudamérica	Cultivos resistentes	Evaluación de riesgo	
Reino Unido	Desacoplamiento de la subvención de la producción	Descendente/ascendente	Sin arrepentimiento
Reino Unido	Desarrollo de nuevos fungicidas	Análisis costo-beneficio	Co-beneficios económicos
África	Desarrollo de sistemas de alerta temprana	Evaluación de riesgo	
Europa	Desarrollo de sistemas de alerta temprana	Evaluación de riesgo	
Países Bajos	Desarrollo y crecimiento de cultivos (producción de biomasa)	Multicriterio	
Reino Unido	Diversificación de cultivos	Descendente/ascendente	Sin arrepentimiento
Europa	Diversificación de cultivos	Evaluación de riesgo	
Países Bajos	Estrategias regionales de adaptación en áreas de prado	Multicriterio	
Centro y Sudamérica	Fortalecimiento de los sistemas y prácticas tradicionales	Evaluación de riesgo	
Reino Unido	Incrementar programas de vigilancia en el ganado	Análisis costo-beneficio	Co-beneficios económicos
Reino Unido	Incremento en la vigilancia de enfermedades	Análisis costo-beneficio	Co-beneficios económicos
Reino Unido	Parrillas de enfriamiento y ventilación para el ganado	Análisis costo-beneficio	Co-beneficios económicos
Países Bajos	Invernaderos flotantes	Multicriterio	
Países Bajos	Manejo del agua y la agricultura	Multicriterio	
Europa	Mejora de la gestión de incendios forestales	Evaluación de riesgo	
África	Mejorar el sistema de observación	Evaluación de riesgo	
Reino Unido	Movimiento de ganado a refugios	Análisis costo-beneficio	Co-beneficios económicos
Reino Unido	Plan de desarrollo rural	Descendente/ascendente	Sin arrepentimiento
Países Bajos	Prácticas de conservación de la humedad del suelo	Multicriterio	
Países Bajos	Producción autosuficiente de forraje	Multicriterio	
Reino Unido	Programas agroambientales con conservación del agua	Descendente/ascendente	Sin arrepentimiento
África	Reforestación y mezcla de especies de árboles	Evaluación de riesgo	
Países Bajos	Relocalización o movilización de granjas	Multicriterio	
Reino Unido	Reserva de agua en granjas	Descendente/ascendente	Sin arrepentimiento
Países Bajos	Rotación de cultivos	Multicriterio	
Países Bajos	Saneamiento del subsuelo de las turberas	Multicriterio	
Países Bajos	Seguros	Multicriterio	
General	Seguros	Multicriterio	Sin arrepentimiento, co-beneficios
Europa	Seguros	Evaluación de riesgo	
General	Silvicultura con menor tiempo de rotación	Multicriterio	Co-beneficios nulos
Reino Unido	Sistemas de riego	Descendente/ascendente	Sin arrepentimiento
Países Bajos	Sistemas de riego	Multicriterio	
General	Sistemas de riego	Multicriterio	Sin arrepentimiento, co-beneficios nulos
África	Sistemas de riego	Evaluación de riesgo	
Europa	Sistemas de riego	Evaluación de riesgo	
Países Bajos	Variedad de cultivos y genotipos	Multicriterio	

Fuente: Elaboración de los autores con base en la revisión de literatura.

Cuadro A.2
Estrategias de mitigación en el sector agropecuario

Lugar	Medida	Método	Tipo de medida
Estados Unidos	Producción y uso de etanol	Análisis costo-beneficio	Co-beneficios
Estados Unidos	Desarrollo y crecimiento de cultivos por producción de biomasa	Análisis costo-beneficio	Co-beneficios
Estados Unidos	Manejo del estiércol	Análisis costo-beneficio	Co-beneficios
Estados Unidos	Reducir la conversión de granjas y pastizales a usos desarrollados	Análisis costo-beneficio	Co-beneficios
Estados Unidos	Programas para apoyar la agricultura local / Comprar Loca	Análisis costo-beneficio	Co-beneficios

Fuente: Elaboración de los autores con base en la revisión de literatura.

Cuadro A.3
Estrategias de adaptación en el sector hídrico

Lugar	Medida	Método	Tipo de medida
Países Bajos	Abandono de zonas bajas (reubicación)	Multicriterio	
Europa	Adopción de tecnologías eficientes	Evaluación de riesgo	
Países Bajos	Almacenamiento de agua dulce durante sequías	Multicriterio	
Países Bajos	Aumento en el sistema regional de agua	Multicriterio	Sin arrepentimiento
Europa	Barreras contra inundaciones y tormentas	Evaluación de riesgo	
Países Bajos	Cambios en el uso de la tierra y medidas de restauración de las llanuras inundables	Multicriterio	
Reino Unido	Campaña de concientización sobre el uso eficiente del agua	Evaluación de riesgo	Sin arrepentimiento
General	Capacidad de almacenamiento de agua	Multicriterio	Sin arrepentimiento
Reino Unido	Capacidad de almacenamiento de agua	Análisis costo-beneficio	
Australia	Control de oferta y demanda de agua	Evaluación de riesgo	
Países Bajos	Desalinización	Multicriterio	
General	Desalinización y transporte de agua	Multicriterio	Sin arrepentimiento y co-beneficios
Centro y Sudamérica	Desarrollo de sistemas de alerta temprana	Evaluación de riesgo	
Australia	Desarrollo de sistemas de alerta temprana	Evaluación de riesgo	
Reino Unido	Estándares de calidad del agua	Descendente/ascendente	Sin arrepentimiento
Europa	Estrategias de ahorro de agua (uso eficiente)	Evaluación de riesgo	
Reino Unido	Evaluar la capacidad de alcantarillado	Evaluación de riesgo	Sin arrepentimiento (low-regret)
África	Gestión de la demanda y la evaluación de las aguas subterráneas	Evaluación de riesgo	Con co-beneficios
Países Bajos	Gestión de riesgos como estrategia básica (riesgos)	Multicriterio	Sin arrepentimiento
Reino Unido	Gestión del riesgo de inundación (riesgos)	Evaluación de riesgo	Sin arrepentimiento y co-beneficios
Europa	Gestión integrada del agua (uso eficiente)	Evaluación de riesgo	
Centro y Sudamérica	Gestión urbana y rural de las inundaciones (infraestructura)	Evaluación de riesgo	
Reino Unido	Identificar zonas de riesgo	Evaluación de riesgo	Sin arrepentimiento
Reino Unido	Limitar el tiempo de uso de licencias en el manejo de agua	Descendente/ascendente	Sin arrepentimiento
Centro y Sudamérica	Manejo integral del agua (uso eficiente)	Evaluación de riesgo	Co-beneficios sociales
Centro y Sudamérica	Mejoramiento de la calidad del agua a través de un control de turismo y pesca	Evaluación de riesgo	
Australia	Mejoramiento de la calidad del agua a través del control del turismo y la pesca	Evaluación de riesgo	
Países Bajos	Mejorar la capacidad del río (gestión de cuencas)	Multicriterio	
Europa	Mejores prácticas y gestión de las cuencas	Evaluación de riesgo	
Centro y Sudamérica	Mejores pronósticos meteorológicos (alerta temprana)	Evaluación de riesgo	
Reino Unido	Monitoreo y registro de los desbordamientos	Evaluación de riesgo	Sin arrepentimiento (low-regret)
Países Bajos	Mover plantas de energía a la costa (reubicación)	Multicriterio	
Países Bajos	Nuevas alianzas institucionales	Multicriterio	Sin arrepentimiento

Cuadro A.3 (conclusión)

Lugar	Medida	Método	Tipo de medida
Países Bajos	Planeación de la localización de plantas de energía (reubicación)	Multicriterio	
Reino Unido	Planeación de la demanda de agua	Descendente/ascendente	Sin arrepentimiento
General	Planeación de la demanda de agua	Multicriterio	Sin arrepentimiento
Reino Unido	Planes de gestión de las cuencas hidrográficas (gestión de cuencas)	Descendente/ascendente	Sin arrepentimiento
Reino Unido	Planes de manejo a largo plazo	Descendente/ascendente	Sin arrepentimiento
Reino Unido	Planes de manejo en la captación de agua	Descendente/ascendente	Sin arrepentimiento
Reino Unido	Planes de sequía	Descendente/ascendente	Sin arrepentimiento y co-beneficios
África	Planificación integrada de las aguas residuales (uso eficiente)	Evaluación de riesgo	
Países Bajos	Políticas de asignación basadas en el riesgo (gestión de riesgos)	Multicriterio	Sin arrepentimiento
Países Bajos	Realizar diques más altos y fuertes	Multicriterio y CB	
Países Bajos	Reclamación de la parte sur-norte del Mar del Norte	Multicriterio	
Países Bajos	Reconexión de sistemas de agua	Multicriterio	Con co-beneficios económicos
África	Reducción de factores de estrés no climáticos en los recursos hídricos	Evaluación de riesgo	
General	Reducción de pérdidas de agua (control de fugas y tecnologías eficientes)	Multicriterio	Sin arrepentimiento
Europa	Restauración de humedales	Evaluación de riesgo	
Reino Unido	Reubicación de equipos y archivos de TI sensibles a inundaciones	Evaluación de riesgo	Sin arrepentimiento (low-regret)
Países Bajos	Reubicación de puntos de entrada de agua dulce (gestión de cuencas)	Multicriterio	
General	Reutilización de agua (uso eficiente)	Multicriterio	Sin arrepentimiento
Reino Unido	Revocación de licencias de manejo de agua	Descendente/ascendente	Sin arrepentimiento

Fuente: Elaboración de los autores con base en la revisión de literatura.

Cuadro A.4
Estrategias de adaptación en zonas costeras

Lugar	Medida	Método	Tipo de medida
Países Bajos	Aumentar los suplementos de arena a lo largo de la costa	Multicriterio	
Países Bajos	Construcción de diques adicionales en zonas bajas	Multicriterio	
General	Creación de instituciones analistas de riesgo y planes de largo plazo	Multicriterio	Sin arrepentimiento y co-beneficios
Países Bajos	Defensas costeras	Multicriterio	
General	Defensas costeras	Multicriterio	Sin arrepentimiento
Reino Unido	Defensas costeras	Análisis CB	Co-beneficios
Países Bajos	Defensas costeras (arrecifes artificiales)	Multicriterio	
General	Defensas costeras (flexibles)	Multicriterio	Flexible y co-beneficios
General	Esquemas de seguros, de evacuación y calentamiento	Multicriterio	Sin arrepentimiento y co-beneficios
Países Bajos	Manejo integral de zonas costeras	Multicriterio	Sin arrepentimiento y co-beneficios
General	Mejoramiento del sistema de drenaje	Multicriterio	Sin arrepentimiento y co-beneficios
Países Bajos	Permitir la transgresión del mar en amplias zonas de dunas, permitir el lavado de diques	Multicriterio	
General	Planeación restrictivo del uso de suelo	Multicriterio	Sin arrepentimiento y co-beneficios
Países Bajos	Rehabilitación de diques y represas	Multicriterio	
General	Retiro y recolocación	Multicriterio	

Fuente: Elaboración de los autores con base en la revisión de literatura.

Cuadro A.5
Estrategias de adaptación en el sector de conservación de la naturaleza

Lugar	Medida	Método	Tipo de medida
Norteamérica	Agro silvicultura	Evaluación de riesgo	
Países Bajos	Ajustar la cuota de pesca	Multicriterio	
Reino Unido	Ajuste en el manejo forestal	Multicriterio	
Países Bajos	Aumento de la diversidad genética y de las especies en bosques	Multicriterio	
Reino Unido	Cese de actividades que causan la degradación (quema/pastoreo)	Análisis costo-beneficio	Co-beneficios

Cuadro A.5 (conclusión)

Lugar	Medida	Método	Tipo de medida
Australia	Conectividad de hábitats	Evaluación de riesgo	
Australia	Control de depredadores	Evaluación de riesgo	
Australia	Control de plagas	Evaluación de riesgo	
África	Corredores migratorios	Evaluación de riesgo	
Estados Unidos	Creación de ecosistemas	Análisis costo-beneficio	Co-beneficios
Países Bajos	Creación de Reservas	Descendente/ascendente	Sin arrepentimiento
Países Bajos	Creación de Reservas	Evaluación de riesgo	
Países Bajos	Desarrollo de mecanismos de financiamiento	Multicriterio	
Países Bajos	Diseño e implementación de redes ecológicas	Multicriterio y análisis CB	
Australia	Eficaz Adaptación del control del uso de la tierra	Evaluación de riesgo	
General	Implementación de jardines de poco consumo de agua	Evaluación de riesgo	Sin arrepentimiento
Reino Unido	Implementación de programas efectivos de agricultura ambiental	Multicriterio	
Reino Unido	Integrar la gestión de la naturaleza y el agua	Multicriterio	Sin arrepentimiento y co-beneficios
Norteamérica	Introducción de vegetación resiliente	Evaluación de riesgo	
Países Bajos	Investigación sobre cambio climático	Evaluación de riesgo	Sin arrepentimiento
Países Bajos	Limitar la importación de madera	Multicriterio	
Reino Unido	Manejo integral del agua y la naturaleza	Multicriterio	Sin arrepentimiento y co-beneficios
Estados Unidos	Medidas de restauración de turberas (siembra de turba)	Análisis costo-beneficio	Co-beneficios
África	Mejoramiento en el manejo de recursos naturales	Evaluación de riesgo	
Países Bajos	Monitoreo de áreas naturales	Análisis costo-beneficio	
General	Monitoreo de los cambios climáticos en la biodiversidad	Evaluación de riesgo	Sin arrepentimiento
Reino Unido	Programas de educación	Multicriterio	
Norteamérica	Quemado prescrito	Evaluación de riesgo	
Países Bajos	Recreación de hábitat	Descendente/ascendente	Sin arrepentimiento
Países Bajos	Reforestación y mezcla de especies de arboles	Evaluación de riesgo	
Reino Unido	Reforestación y mezcla de especies de árboles	Multicriterio	
Países Bajos	Retención de la precipitación invernal en los bosques	Multicriterio	
Países Bajos	Traslado artificial de plantas y animales	Multicriterio	

Fuente: Elaboración de los autores con base en la revisión de literatura.

Cuadro A.6
Estrategias de mitigación en el sector de conservación de la naturaleza

Lugar	Medida	Método	Tipo de medida
Norte América	Eficiencia en la producción y los empaques	Multicriterio	Co-beneficios
Estados Unidos	Incrementar el reciclaje	Multicriterio	Co-beneficios
Reino Unido	Manejo forestal	Análisis costo-beneficio	Co-beneficios
Países Bajos	Reforestación	Análisis costo-beneficio	Co-beneficios
África	Restauración de bosques	Análisis costo-beneficio	Co-beneficios

Fuente: Elaboración de los autores con base en la revisión de literatura.

Cuadro A.7
Estrategias de adaptación en el sector energético

Lugar	Medida	Método	Tipo de medida
Países Bajos	Adaptar las regulaciones de modo que se permita una temperatura de descarga más alta	Multicriterio	
Reino Unido	Concientización sobre los riesgos de contaminación bacteriana bajo olas de calor	Evaluación de riesgo	Sin arrepentimiento
Países Bajos	Construcción de edificios con menos necesidad de uso clima (A/C o calentadores)	Multicriterio	Sin arrepentimiento
Países Bajos	Construcción de postes de transmisión eléctrica más estables	Multicriterio	
Países Bajos	Construcción de turbinas de viento	Multicriterio	
Países Bajos	Desarrollo de torres de enfriamiento	Multicriterio	
Países Bajos	Disminución del factor de descuento para la evaluación de proyectos	Multicriterio	

Cuadro A7 (conclusión)

Lugar	Medida	Método	Tipo de medida
Reino Unido	Edificios con bajo consumo de energía	Evaluación de riesgo	Sin arrepentimiento (low regret)
Reino Unido	Eficiente suministro de energía	Evaluación de riesgo	Sin arrepentimiento
Países Bajos	Estrategias de Mitigación	Multicriterio	
Países Bajos	Estructura inteligente en edificios de alerta temprana	Multicriterio	
Reino Unido	Evaluación de riesgo de incendios	Evaluación de riesgo	Sin arrepentimiento
Reino Unido	Identificación y monitoreo de la población en riesgo bajo oleadas de calor	Evaluación de riesgo	Sin arrepentimiento
Países Bajos	Mejorar las oportunidades de generación de energía eólica y solar	Multicriterio	
Reino Unido	Planes de contingencia	Evaluación de riesgo	Sin arrepentimiento
Países Bajos	Plantación de cultivos de biomasa	Multicriterio	
Reino Unido	Técnicas de enfriamiento con bajas emisiones de carbono.	Evaluación de riesgo	Sin arrepentimiento (low regret)
Reino Unido	Uso de "bio-bombas" o paja en corrientes de agua que absorba nutrientes	Evaluación de riesgo	Sin arrepentimiento

Fuente: Elaboración de los autores con base en la revisión de literatura.

Cuadro A.8
Estrategias de mitigación en el sector energético

Lugar	Medida	Método	Tipo de medida
Brasil	Acuerdos voluntarios y negociados	Multicriterio y costos de abatimiento	
General	Alentar el cambio a combustibles con baja emisión de CO ₂	Multicriterio	Co-beneficios
Brasil	Campañas de información	Multicriterio y costos de abatimiento	
Brasil	Códigos de construcción	Multicriterio y costos de abatimiento	
Brasil	Construcción de edificios con cero requerimientos de energía	Multicriterio y costos de abatimiento	
Brasil	Contratación de rendimiento energético	Multicriterio y costos de abatimiento	
Brasil	Esquema de certificación de eficiencia de Energía	Multicriterio y costos de abatimiento	Co-beneficios
Brasil	Estándares mínimos de rendimiento energético	Multicriterio y costos de abatimiento	Co-beneficios
Brasil	Facturación detallada y programas de divulgación	Multicriterio y costos de abatimiento	
Estados Unidos	Implementación de metas en la intensificación del uso de carbón	Análisis costo-beneficio	Co-beneficios
Brasil	Incrementar la oferta	Multicriterio y costos de abatimiento	
Estados Unidos	Integración de la planeación de los recursos	Análisis costo-beneficio	Co-beneficios
Grecia	Medición neta de Electricidad (FIT)	Multicriterio	
Brasil	Medición neta de Electricidad (FIT)	Multicriterio y costos de abatimiento	Co-beneficios
Brasil	Programa de auditoría obligatorio	Multicriterio y costos de abatimiento	
Brasil	Programa de clasificación obligatorio	Multicriterio y costos de abatimiento	
Brasil	Programas públicos de liderazgo	Multicriterio y costos de abatimiento	
Estados Unidos	Reducción de barreras en la generación de energía renovable y limpia	Análisis costo-beneficio	Co-beneficios
Brasil	Reducción de tasas en préstamos	Multicriterio y costos de abatimiento	
General	Reducción en requerimientos de energía en hogares y servicios	Multicriterio	Co-beneficios
Brasil	Reducción y exención de impuestos	Multicriterio y costos de abatimiento	
Brasil	Regulación de adquisición pública	Multicriterio y costos de abatimiento	Co-beneficios
Grecia	Subsidio a energía fotovoltaica	Multicriterio	
Brasil	Subsidios, garantías y préstamos	Multicriterio y costos de abatimiento	
General	Utilización de energía renovable y energía eficiente	Multicriterio	Co-beneficios
Estados Unidos	Utilización de energía renovable y energía eficiente	Análisis costo-beneficio	Co-beneficios

Fuente: Elaboración de los autores con base en la revisión de literatura.

Cuadro A.9
Estrategias de adaptación en el sector de infraestructura

Lugar	Medida	Método	Tipo de medida
Europa	Adaptación de viviendas y lugares de trabajo y de infraestructuras	Evaluación de riesgo	
Europa	Adaptación transporte y energía	Evaluación de riesgo	
Australia	Adaptación transporte y energía	Evaluación de riesgo	
Reino Unido	Aumentar los estándares de construcción	Evaluación de riesgo	Sin arrepentimiento
Países Bajos	Aumentar los estándares de construcción que permitan correr el aire	Multicriterio	

Cuadro A.9 (conclusión)

Lugar	Medida	Método	Tipo de medida
General	Barreras contra inundaciones y tormentas	Multicriterio	Sin arrepentimiento y co-beneficios
Países Bajos	Cambio en el uso de transporte	Multicriterio	
Norteamérica	Conservación de humedales, incluyendo manglares	Evaluación de riesgo	Co-beneficios
Países Bajos	Construcción de edificios inteligentes	Multicriterio	
Reino Unido	Construcción de techos verdes y paredes verdes	Evaluación de riesgo	Sin arrepentimiento
Países Bajos	Creación de depósitos de agua cerca de las ciudades	Multicriterio	
General	Desarrollo de sistemas de alerta temprana	Multicriterio	Sin arrepentimiento y co-beneficios
África	Desarrollo urbano sostenible	Evaluación de riesgo	
Países Bajos	Diseño de hogares con buenas condiciones climáticas (menor consumo de Energía)	Multicriterio	
Reino Unido	Diseño e instalación de esquemas de paisajismo resistente al cambio climático	Evaluación de riesgo	Sin arrepentimiento
Países Bajos	Diseño y planeación de nuevas ciudades	Multicriterio	
Norteamérica	Diseño y planeación de nuevas ciudades	Evaluación de riesgo	
África	Fortalecimiento de instituciones a nivel local, regional y nacional	Evaluación de riesgo	
África	Gobernanza integrada de la tierra y el agua	Evaluación de riesgo	
Países Bajos	Hacer robustas ciudades existentes y nuevas (suficiente capacidad de enfriamiento)	Multicriterio	
General	Infraestructura a prueba de cambio climático	Multicriterio	Sin arrepentimiento y co-beneficios
General	Infraestructura a prueba de cambio climático en edificios viejos	Multicriterio	Co-beneficios
Norteamérica	Infraestructura verde (techos verdes)	Evaluación de riesgo	Co-beneficios
Norteamérica	Mejoramiento del sistema de drenaje	Evaluación de riesgo	Co-beneficios
General	Mejoramiento en infraestructura urbana	Multicriterio	Sin arrepentimiento y co-beneficios
Reino Unido	Mejorar las condiciones del transporte	Evaluación de riesgo	Sin arrepentimiento
Norteamérica	Planificación del uso de la tierra	Evaluación de riesgo	
Reino Unido	Reciclaje de aguas grises	Evaluación de riesgo	Sin arrepentimiento (low regret)
Norteamérica	Reducción de superficies impermeables	Evaluación de riesgo	Co-beneficios
Países Bajos	Revisión de túneles y metro	Multicriterio	
Países Bajos	Revisión del sistema de alcantarillado	Multicriterio	
Reino Unido	Sistema sustentable de drenaje	Evaluación de riesgo	Sin arrepentimiento
Reino Unido	Sistemas de recolección de agua	Evaluación de riesgo	Sin arrepentimiento

Fuente: Elaboración de los autores con base en la revisión de literatura.

Cuadro A.10
Estrategias de mitigación en el sector de infraestructura

Lugar	Medida	Método	Tipo de medida
General	Gestionar la demanda de transporte	Multicriterio	Co-beneficios
General	Incrementar la eficiencia en el desarrollo de vehículos	Multicriterio	Co-beneficios

Fuente: Elaboración de los autores con base en la revisión de literatura.

Cuadro A.11
Estrategias de adaptación en el sector salud

Lugar	Medida	Método	Tipo de medida
General	Aumentar los estándares de construcción	Multicriterio	Sin arrepentimiento y co-beneficios
Reino Unido	Aumentar los estándares de construcción	Evaluación de riesgo	Sin arrepentimiento (low-regret)
Norte América	Centros de enfriamiento	Evaluación de riesgo	Co-beneficios
Centro y Sudamérica	Control de enfermedades infecciosas	Evaluación de riesgo	
Australia	Control de enfermedades infecciosas	Evaluación de riesgo	
General	Fumigación de interiores con insecticidas con efecto residual	Multicriterio	Co-beneficios

Cuadro A.11 (conclusión)

Lugar	Medida	Método	Tipo de medida
General	Información pública y educación/conciencia mediante campañas	Multicriterio	
General	Investigación y desarrollo en vectores de control, vacunas	Multicriterio	Sin arrepentimiento
Países Bajos	Medidas de prevención relacionadas a enfermedades derivadas del clima	Multicriterio	
General	Medidas de prevención relacionadas a enfermedades derivadas del clima	Multicriterio	Co-beneficios
Países Bajos	Mejora de la atención sanitaria	Multicriterio	
Países Bajos	Mejoramiento de aire acondicionado en casas, hospitales y guarderías	Multicriterio	
General	Mejoramiento de aire acondicionado en casas, hospitales y guarderías	Multicriterio	
Norteamérica	Mejoramiento de aire acondicionado en casas, hospitales y guarderías	Evaluación de riesgo	
General	Mejorar la infraestructura, incluyendo Programas de vigilancia	Multicriterio	Co-beneficios
General	Mosquiteros tratados con insecticidas	Multicriterio	Co-beneficios
Reino Unido	Planeación de plantación de especies resistentes a la sequía	Evaluación de riesgo	Sin arrepentimiento
General	Programas de salud pública	Multicriterio	Sin arrepentimiento
Centro y Sudamérica	Programas de salud pública	Evaluación de riesgo	
General	Reducción de fuente de contagio	Multicriterio	Co-beneficios
Norteamérica	Sistema de alerta de olas de calor	Evaluación de riesgo	Co-beneficios
General	Sistema de alerta de olas de calor	Multicriterio	Co-beneficios

Fuente: Elaboración de los autores con base en la revisión de literatura.

Cuadro A.12
Estrategias de mitigación en el sector salud

Lugar	Medida	Método	Tipo de medida
UK, India, China	Energía eficiente en los hogares y combustión limpia en las cocinas	Análisis costo-beneficio social	Co-beneficios
UK, India, China	Combustibles de bajo consumo en carbono	Análisis costo-beneficio social	Co-beneficios
UK, India, China	Transporte activo y bajo en consumo de carbono	Análisis costo-beneficio social	Co-beneficios
UK, India, China	Disminución en el consumo de productos animales	Análisis costo-beneficio social	Co-beneficios

Fuente: Elaboración de los autores con base en la revisión de literatura.

Cuadro A.13
Estrategias de mitigación en el sector transporte

Lugar	Medida	Método	Tipo de medida
Australia	Combinación de manejo de tráfico	Análisis CB y programación lineal	Sin arrepentimiento y co-beneficios
Australia	Educación Vial	Análisis CB y programación lineal	Sin arrepentimiento y co-beneficios
Estados Unidos	Límite de velocidad para camiones comerciales a 60 km/h	Análisis costo-beneficio	Co-beneficios
Estados Unidos	Paquete de opciones de crecimiento inteligente	Análisis costo-beneficio	Co-beneficios
Estados Unidos	Programa estatal de automóviles limpios	Análisis costo-beneficio	Co-beneficios
Estados Unidos	Reducción de vehículos inactivos	Análisis costo-beneficio	Co-beneficios
Estados Unidos	Reemplazo acelerado / retiro de la flota con altas emisiones	Análisis costo-beneficio	Co-beneficios
Australia	Reemplazo acelerado / retiro de la flota con altas emisiones	Análisis CB y programación lineal	Co-beneficios
Estados Unidos	Seguro de pago "pay-as-you-go"	Análisis costo-beneficio	Co-beneficios
Australia	Uso de gas natural como combustible para vehículos	Análisis CB y programación lineal	Sin arrepentimiento y co-beneficios
Australia	Uso eficiente de vehículos motorizados	Análisis CB y programación lineal	Co-beneficios

Fuente: Elaboración de los autores con base en la revisión de literatura.

La incertidumbre asociada a los escenarios futuros de cambio climático implica que una estrategia óptima en lo referente a las políticas de mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero y adaptación al cambio climático debe centrarse en la implementación de políticas “sin arrepentimiento”, es decir, aquellas que generan beneficios aun en ausencia de cambio climático. El presente estudio tiene dos objetivos. El primero es identificar, mediante una revisión de la literatura, las características deseables de las políticas públicas en el contexto del cambio climático y que inciden en su definición como políticas “sin arrepentimiento”. El análisis sugiere que existen cinco cualidades principales que caracterizan a este tipo de políticas: i) la existencia y magnitud de los cobeneficios; ii) la posibilidad de incorporar “márgenes de seguridad”; iii) el fomento de políticas reversibles y flexibles; iv) la existencia de sinergias entre las políticas de mitigación y adaptación, y v) la promoción de políticas de ingeniería blanda. El segundo objetivo es desarrollar una herramienta que permita identificar una estrategia sobre políticas de mitigación y adaptación “sin arrepentimiento” para los países de América Latina. Mediante el uso de una metodología basada en el Análisis de Decisión Multicriterio (ADMC), una plataforma desarrollada en Excel permite evaluar y jerarquizar las políticas que muestran un mejor desempeño en el contexto del cambio climático en la región.