



Andrés Pica
Francisca Cid
Jimmy Ferrer
Martín Francos
Yanna Dishmey

Estimación del precio social del **carbono** para la **evaluación** de la **inversión pública** en la **República Dominicana**



Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL



Si desea recibir información oportuna sobre nuestros productos editoriales y actividades, le invitamos a registrarse. Podrá definir sus áreas de interés y acceder a nuestros productos en otros formatos.

Deseo registrarme



NACIONES UNIDAS



www.cepal.org/es/publications



www.instagram.com/publicacionesdelacepal



www.facebook.com/publicacionesdelacepal



www.issuu.com/publicacionescepal/stacks



www.cepal.org/es/publicaciones/apps

Estimación del precio social del carbono para la evaluación de la inversión pública en la República Dominicana

Andrés Pica
Francisca Cid
Jimmy Ferrer
Martín Francos
Yanna Dishmey



Cofinanciado por:



Este documento fue preparado por Jimy Ferrer, Oficial de Asuntos Económicos de la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Andrés Pica y Francisca Cid, Consultores de la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la CEPAL, Martín Francos, Director General de Inversión Pública del Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo de la República Dominicana, Yanna Dishmey, Encargada del Departamento de Proyectos de Alianzas Público-Privadas de dicho Ministerio, en el marco de las actividades del Programa EUROCLIMA, implementadas por la CEPAL con financiamiento de la Unión Europea. Se agradecen las contribuciones de Rodrigo Dittborn y Erik Frenette para la elaboración del documento.

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 Naciones Unidas y los países que representan no son responsables por el contenido de vínculos a sitios web externos incluidos en esta publicación.

No deberá entenderse que existe adhesión de las Naciones Unidas o los países que representan a empresas, productos o servicios comerciales mencionados en esta publicación.

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 las Naciones Unidas o las de los países que representan.

Publicación de las Naciones Unidas
LC/TS.2023/193
Distribución: L
Copyright © Naciones Unidas, 2024
Todos los derechos reservados
Impreso en Naciones Unidas, Santiago
S.23-00957

Esta publicación debe citarse como: A. Pica y otros, "Estimación del precio social del carbono para la evaluación de la inversión pública en la República Dominicana", *Documentos de Proyectos* (LC/TS.2023/193), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2024.

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), División de Documentos y Publicaciones, publicaciones.cepal@un.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	7
Introducción	9
I. Cambio climático, economía y el Precio Social del Carbono	11
II. Alternativas metodológicas para definir un Precio Social del Carbono a nivel nacional	13
A. Costo Social del Carbono.....	14
B. Costo de mitigación para alcanzar objetivo de política pública	17
C. Definición política basada en evidencia	21
1. Experiencias de otros países	22
2. Según estudios y literatura	23
3. Según organismos multilaterales.....	24
4. Según mercados de carbono	24
D. Benchmark para un Precio Social del Carbono.....	25
E. Síntesis de ventajas y desventajas de cada método	26
F. Requerimientos de información por alternativas	27
1. Costo Social del Carbono.....	27
2. Costo de Mitigación para alcanzar un Objetivo de Política Pública.....	27
3. Definición política basada en evidencia	29
III. Disponibilidad de información nacional para cálculo del PSC	31
A. Meta de mitigación	31
B. Información histórica	32
C. Información respecto a la proyección de emisiones.....	33
D. Medidas de mitigación	36
E. Tasa social de descuento	40

IV.	Evaluación de alternativas para el cálculo del PSC nacional	41
A.	Evaluación de antecedentes para el método de “Costo de Mitigación para alcanzar un Objetivo de Política Pública”	41
V.	Cálculo del Precio Social del Carbono	45
A.	Herramienta de cálculo	45
1.	Detalles de cálculo de los modelos.....	46
B.	Tasa de descuento.....	47
1.	Cálculo y aplicación de la TSD.....	49
C.	Resultados	50
1.	Proyección de PSC futuros.....	50
D.	Recomendación para aplicar el PSC a nivel nacional.....	51
VI.	Conclusiones	53
	Bibliografía	57
Cuadros		
Cuadro 1	Características principales de las alternativas metodológicas para la estimación del CSC.....	16
Cuadro 2	Costo social del CO ₂ en Estados Unidos, 2020-2050	22
Cuadro 3	Valores de precio social del carbono en Reino Unido, 2020-2030	23
Cuadro 4	Resumen de valores de precios al CO ₂ en un escenario que limita a 2°C.....	23
Cuadro 5	Resumen del Modelo de Efectos Aleatorios para estimar Precio Social del Carbono..	25
Cuadro 6	Comparación de métodos de estimación del PSC	26
Cuadro 7	Tendencia de las emisiones y absorciones de GEI por sector, serie 1990-2015 de República Dominicana	32
Cuadro 8	Serie temporal de las emisiones de República Dominicana (ktCO ₂ e) 1990-2010, según la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático	33
Cuadro 9	Reducciones estimadas para República Dominicana de acuerdo a su compromiso NDC y a los sectores analizados en el Proyecto BM.....	36
Cuadro 10	Medidas de mitigación propuestas en la NDC y su distribución según los sectores del Inventario de emisiones GEI.....	36
Cuadro 11	Evaluación de objetivos de mitigación para definir un Presupuesto de Carbono para República Dominicana	42
Cuadro 12	Evaluación de antecedentes de mitigación para definir un Presupuesto de Carbono para República Dominicana	43
Cuadro 13	Tasas de descuento decreciente del Perú a largo plazo.....	48
Cuadro 14	Valores de Costo Social del Carbono para República Dominicana para el año 2020 ...	50
Cuadro 15	Estimación preliminar de PSC futuros para República Dominicana	51
Gráficos		
Gráfico 1	Determinación del Precio Social del Carbono	12
Gráfico 2	Ejemplo esquemático de determinación del CSC.....	15
Gráfico 3	Determinación del PSC a partir de un objetivo de mitigación.....	18
Gráfico 4	Ejemplo de curva de costos marginales de abatimiento para el 2050	20
Gráfico 5	Rango de PSC esperado para un país en función de su PIB per cápita	26
Gráfico 6	Proyección tendencial del escenario BAU de República Dominicana y los supuestos asociados - Plan DECC 2011.....	34

Gráfico 7	Escenario de máxima mitigación planteado como parte del Plan de Desarrollo Económico de República Dominicana 2011.....	34
Gráfico 8	Curva de costos marginales de abatimiento de República Dominicana para el 2030 - Plan DECCC 2011	37
Gráfico 9	Curva de costos marginales de abatimiento del sector Energía (GE + EE) de República Dominicana para el 2030-Proyecto BM.....	38
Gráfico 10	Curva de costos marginales de abatimiento del sector Transporte de República Dominicana para el 2030-Proyecto BM.....	38
Gráfico 11	Curva de costos marginales de abatimiento del sector AFOLU de República Dominicana para el 2030 - NDC 2020.....	39
Gráfico 12	Estructura de decrecimiento de la tasa social de descuento del Reino Unido y Francia	48
Gráfico 13	Decrecimiento de la TSD para el cálculo del Costo Social del Carbono al 2300.....	49
Diagramas		
Diagrama 1	Marco de referencia de la estimación del costo social del carbono.....	15
Diagrama 2	Proceso para determinar el PSC a partir del Precio Sombra del Costo de mitigación para alcanzar un objetivo de política pública.....	19

Resumen

Este documento, el primero de una serie de estudios nacionales realizados por la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la CEPAL en apoyo a los Sistemas Nacionales de Inversión Pública de América Latina y el Caribe, presenta la estimación del precio social del carbono para la República Dominicana. Para llegar a los resultados, el documento presenta un breve análisis sobre la conveniencia de usar un precio social del carbono como parte de los procesos de evaluación de los proyectos de inversión pública. Se muestran las distintas opciones de metodologías disponibles para definir un precio social del carbono a nivel nacional. En este documento se dan a conocer las distintas experiencias a nivel internacional sobre el uso de precios sociales del carbono, se muestran algunos resultados de valores sugeridos de precios sociales del carbono estimados por organismos internacionales. Tomando en cuenta las características de cada metodología, sus ventajas y desventajas, sus requerimientos de información, y la disponibilidad de información en el país, se seleccionó como mejor alternativa el Costo Social del Carbono para el caso de la República Dominicana. Esta metodología es una medición económica que entrega un estimado de los daños marginales netos producidos por la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), es decir, se consideran tanto los impactos negativos como positivos. Mediante la metodología del costo social del carbono la evaluación se realiza a través de Modelos de Evaluación Integrados (IAM, por sus siglas en inglés), entre los cuales los más conocidos son el Dynamic Integrated Climate-Economy (DICE) (Nordhaus, 2010), Framework for Uncertainty, Negotiation and Distribution (FUND) (Anthoff & Tol, 2013a, 2013b), y Policy Analysis of Greenhouse Effect (PAGE) (Hope, 2013). En el documento se describe todo el proceso de cálculo, los modelos considerados DICE y PAGE, la discusión sobre la tasa social de descuento. Los resultados del estudio recomiendan utilizar un precio social del carbono de 26 USD₂₀₂₁/tCO₂ para República Dominicana. Adicionalmente se realiza una estimación preliminar de los valores proyectados para el año 2025 y 2030, en base a los modelos DICE y PAGE, usando la tasa de descuento social decreciente. Este documento hace parte de la iniciativa regional Precio Social del Carbono en la evaluación de la inversión pública en América Latina y el Caribe implementada por la CEPAL en el marco del Programa EUROCLIMA, con la que se busca contribuir a incorporar consideraciones de cambio climático en los procesos de evaluación de la inversión pública, mejorar la eficiencia del gasto y que las asignaciones presupuestarias vayan en la misma dirección de los objetivos del Acuerdo de París.

Introducción

La crisis climática continúa siendo uno de los principales desafíos del presente siglo. Los recientes reportes del Panel Intergubernamental sobre el cambio climático (IPCC, por sus siglas en inglés) destacan el aumento de la temperatura promedio de la tierra de 1.1°C respecto a los niveles preindustriales, señalan la responsabilidad humana en el calentamiento del planeta, y que los esfuerzos globales por reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), mencionados en las contribuciones determinadas a nivel nacional actualizadas, no son suficientes para lograr los objetivos del Acuerdo de París, de limitar el calentamiento mundial por debajo de 2°C, y preferiblemente menor a 1,5°C. En efecto, de acuerdo con el reporte síntesis de las NDC preparado por la UNFCCC con base en los compromisos climáticos combinados de 193 Partes, el mundo se podría situar en la senda de 2,5°C de calentamiento para finales de siglo (UNFCCC, 2022) a menos que se produzcan recortes importantes en las emisiones de GEI del 43% para 2030.

República Dominicana es un país comprometido con la acción climática. Firmó el Acuerdo de París el 2015, mismo año en el que presentó su Contribución Previsata y Determinada a Nivel Nacional (iNDC, por sus siglas en inglés). El país ratificó el Acuerdo el año 2017 y presentó una actualización de su NDC el 2020. En ambos compromisos se incluyeron metas tanto en materia de mitigación como de adaptación al cambio climático, donde se busca avanzar hacia una economía baja en emisiones de gases de efecto invernadero y resiliente a los efectos e impactos del cambio climático.

La última actualización de la NDC estableció un compromiso de reducción del 27% de sus emisiones respecto a un escenario base al 2030, proyectado a partir del año base 2010. La proyección al 2030 significa lograr emisiones de 51 MtCO₂e al 2030 en un escenario *Business as usual (BAU)* considerando que no se implementaron nuevas políticas climáticas más allá de las implementadas hasta el 2010. El compromiso se divide en dos componentes: uno condicionado sujeto a financiamiento externo que es del 20% de la reducción; y uno incondicional basado en las capacidades domésticas, que es del 7%. Esto se traduce en una reducción total de 13,85 MtCO₂e en 2030. Adicionalmente, el compromiso es de alcance nacional, abarca todos los sectores del inventario: Energía, Procesos Industriales y Uso de Productos (PIUP); Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU) y Residuos; con un total de 46 medidas de mitigación distribuidas entre ellos.

En la NDC actualizada República Dominicana propone lograr la meta de reducción de emisiones (condicionada e incondicionada) a partir de opciones de mitigación que requieren una inversión estimada de USD \$ 8,916,950,000. En cuanto al componente de adaptación al cambio climático, República Dominicana en su NDC estima requerimientos de inversión de USD \$ 8,715,787,193 principalmente enfocados en inversiones en los sectores de seguridad hídrica, seguridad alimentaria y ciudades resilientes (infraestructura y asentamientos humanos).

Lograr estos compromisos demanda nuevas políticas públicas, consistentes con la magnitud del reto climático; marcos normativos y regulatorios que habiliten la entrada de sectores bajos en carbono; incentivos y nuevas reglas del sistema de financiamiento que hagan rentables las actividades y los nuevos sectores que contribuyen al logro del Acuerdo de París. De igual manera, la urgencia de la acción y la necesidad de aumentar la ambición demanda tanto el involucramiento del sector público como del privado.

Existe un conjunto de instrumentos que los países puede implementar para intentar reducir sus emisiones de GEI, donde destacan los instrumentos económicos como el impuesto al carbono, los sistemas de comercio de emisiones, y el precio social del carbono, entre otros. Con el impuesto al carbono la autoridad nacional define el precio por cada tonelada de carbono emitida y permite que el mercado (los agentes económicos, empresas y/o individuos) determine la cantidad total de emisiones. Por su parte el sistema de comercio de emisiones define un límite máximo a las emisiones y permite que el mercado determine el precio de la tonelada de carbono. El precio social del carbono (precio sombra) tiene la particularidad de que puede ser usado en la evaluación de la inversión pública para discriminar entre inversiones altas y bajas en carbono, y a través de ello, cambiar las rentabilidades de los proyectos en favor de las que sean más bajas en emisiones de carbono. Todos estos tres instrumentos buscan internalizar el costo social que genera cada tonelada de carbono emitida a la atmosfera.

La CEPAL, en el marco del Programa EUROCLIMA, ha estado impulsando la iniciativa regional Precio Social del Carbono en la evaluación de la inversión pública en América Latina y el Caribe¹. Como parte de esta iniciativa, se dio asistencia técnica al Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo de República Dominicana para la estimación del precio social del carbono (PSC) con el fin de implementarlo en la evaluación de los proyectos de inversión pública. Este documento tiene como objetivo presentar los resultados de la estimación del precio social del carbono para República Dominicana, trabajo técnico realizando en coordinación con la Dirección General de Inversión Pública y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

El documento está estructurado de la siguiente manera. En la primera sección se presenta un breve análisis sobre el cambio climático desde el punto de vista económico y las motivaciones que llevan al uso del precio social del carbono. La segunda sección presenta una descripción de las distintas aproximaciones metodológicas para el cálculo del precio social del carbono. En la tercera sección se realiza una revisión de los antecedentes e información disponible a nivel nacional para calcular el precio social del carbono en República Dominicana. Posteriormente, en la cuarta sección se presenta una evaluación de cada alternativa metodológica para el cálculo del PSC. En la quinta sección se detalla el proceso de cálculo del PSC y de los modelos utilizados, así como los resultados de este y algunas recomendaciones para su implementación. Finalmente se entregan las conclusiones del estudio con los principales hallazgos y resultados de la estimación del precio social del carbono para República Dominicana.

¹ Más información sobre la iniciativa se encuentra disponible en <https://www.cepal.org/es/notas/cepal-incluye-fortalecimiento-capacidades-intercambio-experiencias-nueva-etapa-iniciativa>.

I. Cambio climático, economía y el Precio Social del Carbono

Las emisiones de gases de efecto invernadero producto de las actividades productivas antropogénicas son una externalidad negativa que afectan al sistema climático global. Estas externalidades implican ineficiencias económicas, puesto que los verdaderos costos de las acciones no son internalizados por los emisores.

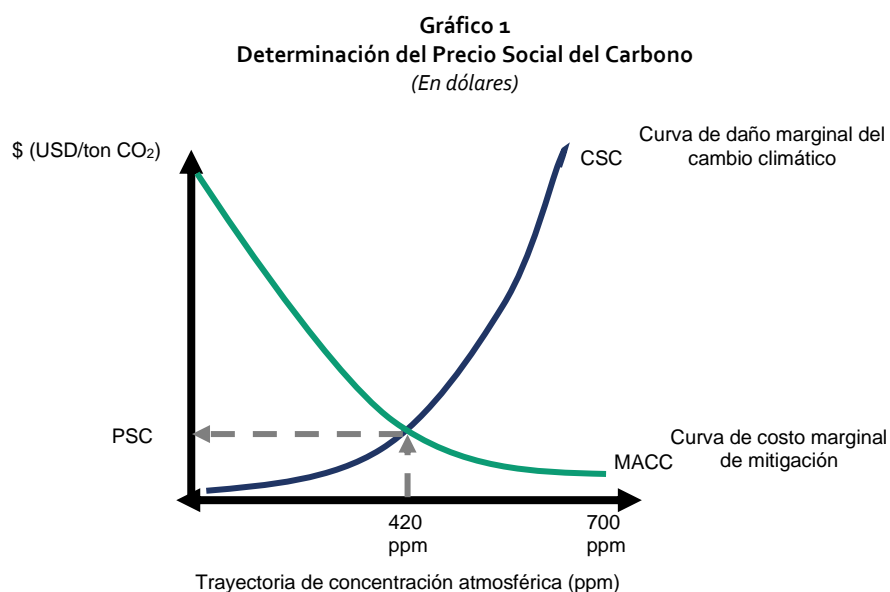
La razón por la que las emisiones de GEI no se reducen a la escala necesaria, aun considerando la vasta evidencia científica, puede entenderse desde la simple explicación de la teoría de juegos, especialmente con el “Dilema del prisionero” (Foley, 2009). Un agente emisor de GEI percibe el costo marginal de emitir como cero, y aún en el caso hipotético de que sea capaz de predecir las trayectorias de emisiones globales, así como las consecuencias de estas, la mayor parte del daño que generará recaerá sobre otros, y sólo una fracción despreciable sobre él. Por lo tanto, el agente no invertirá en acciones de mitigación ni disminuirá su producción. Todos los emisores tienden a elegir el mismo camino, por lo que las reducciones de emisiones no ocurren. Es por esto que el cambio climático global a causa de las emisiones GEI constituye un caso de “Tragedia de los [bienes] comunes”. El clima global seguro, y por consiguiente los sumideros de GEI atmosféricos, se consideran un bien público ya que cumplen con el criterio de no rivalidad y no exclusión. Es decir, el clima seguro es un bien compartido, donde cada habitante del planeta recibe los beneficios y estos no son menores porque el vecino disfrute de estos beneficios (no rivalidad), y no es posible excluir del clima seguro a nadie de la sociedad (no exclusión).

El tamaño del sumidero, las actividades que hacen uso de este y el gran número de agentes emisores obstaculizan la gobernanza del bien (Hardin, 1968; Paavola, 2012). Las consecuencias de esta situación son los cambios en el clima, cuyos impactos negativos (externalidades globales) son un mal común. Es decir, los impactos del cambio climático sobre un agente no impiden que otros también se vean afectados, y no es posible aislar (o altamente costoso) de estos impactos a un agente en particular (Cartes Mena, 2021; Ibarrarán, 2010).

En esta situación, el caso óptimo sería la existencia de instituciones que permitan ajustar estas ineficiencias, al promover la internalización de estas externalidades por parte de los agentes emisores. Por ejemplo, por medio de una señal de precio correcta se lograría el equilibrio entre los daños producto de contaminar y los beneficios productivos, alcanzando el óptimo social de producción. En otras palabras, incentivos que gestionen y restrinjan las emisiones de GEI (o de la destrucción de sumideros). Cualquier señal de precio incentiva a invertir recursos en

mitigación, y si esta es la misma para todos los agentes, se pueden reducir las externalidades de manera costo eficiente. Sin embargo, el óptimo social se alcanza cuando el costo marginal de la mitigación iguala al beneficio marginal de descontaminar (daño marginal producto del cambio climático evitado).

El gráfico 1 representa las curvas de costos marginales asociadas a distintos niveles de concentración de CO₂ (las que se condicionan con una cierta cantidad de CO₂ emitida a nivel global). La curva azul representa la valoración de los daños marginales debido a los impactos del cambio climático o “daños por contaminación”, es decir, cuánto le cuesta a la sociedad emitir una tonelada (o unidad) adicional de CO₂. La curva verde, por otro lado, representa el costo marginal social de reducir las emisiones, o “costo de mitigación”. El cruce de ambas curvas muestra el punto de equilibrio, el que corresponde al Precio Social del Carbono (PSC) óptimo.



Fuente: Elaboración propia.

La incorporación del precio social del carbono en los análisis costo-beneficio resulta útil para la evaluación de proyectos y políticas públicas, ya que permite dimensionar las consecuencias positivas y negativas de la implementación de cada alternativa de diseño. Al valorizar los posibles impactos en la evaluación de un proyecto—incluido el cambio climático—por medio del precio social del carbono, la decisión de la opción socialmente más conveniente se hace sencilla para la solución de mayor valor presente.

II. Alternativas metodológicas para definir un Precio Social del Carbono a nivel nacional

Esta sección presenta un abordaje metodológico sobre el precio social del carbono, incluyendo una descripción de las alternativas de métodos para el cálculo de este a nivel nacional, junto con las consideraciones de necesidades de información a tener en cuenta para el uso de cada opción.

La estimación del precio social del carbono se puede desarrollar a través de distintas metodologías. La primera es a través del cálculo del daño marginal producto del cambio climático, es decir, estimando el Costo Social del Carbono (CSC); la segunda es estimar el Costo de mitigación para alcanzar un Objetivo de Política Pública, el que estima el Precio Sombra de los costos marginales de mitigación, sujeto a una restricción presupuestaria de carbono. Otro método comúnmente utilizado se basa en adoptar un precio social del carbono en base a antecedentes desarrollados por terceros, ya sea de revisar bibliografía (e.g. Recomendaciones del IPCC), experiencias internacionales (e.g. CSC adoptado por otro país) y/o Precio de un Mercado de Permisos de Emisión (e.g. Mecanismo de Desarrollo Limpio [MDL]).

El método técnicamente más preciso es el cálculo del CSC marginal producido a nivel global, el que subirá año a año en la medida en que el mundo siga emitiendo GEI y agotando el presupuesto de carbono global. Por otro lado, el método del Costo de mitigación para alcanzar un Objetivo de Política Pública, si el presupuesto de carbono se define óptimamente (punto de intersección del gráfico 1), refleja el Precio Sombra de los costos marginales de mitigación, y permite llegar al mismo resultado dado que representa la solución al problema dual de optimización. Es decir, si existiese un mercado que abarcara todas las emisiones a nivel global y el mercado fuera competitivo, entonces el CSC coincidiría con el valor obtenido a partir de la aproximación del Precio Sombra de los costos de mitigación. A su vez, si se considera el caso de implementación de políticas climáticas costo-efectivas (Price et al., 2007), el precio social del carbono sería el mismo de forma transversal en todos los sectores emisores e igual al CSC. En la práctica, este no es el caso, ya que no existe un mercado global competitivo que transe permisos de emisiones, y los estados implementan una serie de políticas climáticas que dependen de los recursos actualmente disponibles.

A continuación se presentan las tres categorías de metodologías para la definición de un precio social del carbono:

- i) Costo social del carbono.
- ii) Costo de mitigación para alcanzar un objetivo de política pública.
- iii) Definición política basada en evidencia.

Los detalles de cada alternativa se presentan en las siguientes subsecciones.

A. Costo Social del Carbono

En términos generales, el costo social del carbono (CSC) es una medición económica que entrega un estimado de los daños marginales netos producidos por la emisión de GEI. Al ser un valor neto, implica que considera tanto los impactos negativos como positivos. Así, la cuantificación del CSC se traduce en un valor monetario de los daños futuros causados por la emisión de una tonelada de CO₂ a la atmósfera, o los beneficios de reducir una tonelada de CO₂ en un año determinado. Este enfoque busca reflejar lo que debería ser la disposición de la sociedad a pagar hoy por evitar los daños presentes y futuros asociados al cambio climático.

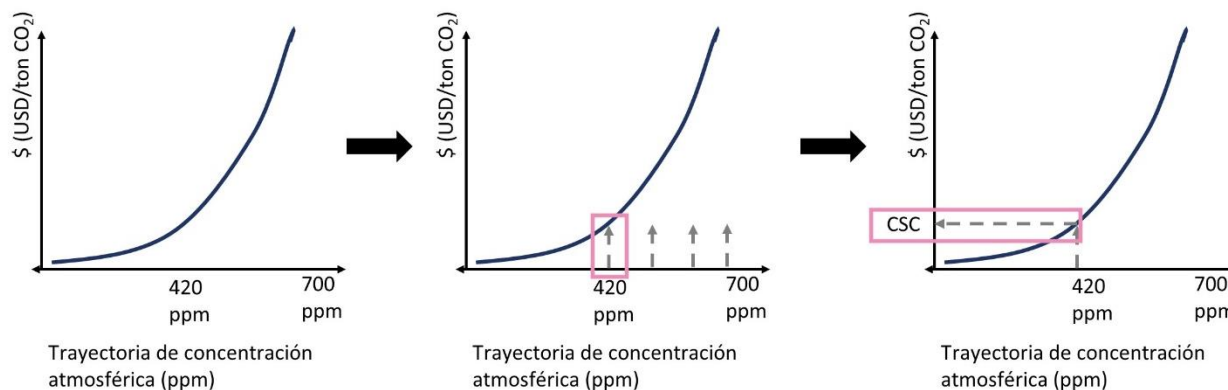
En sus inicios, el cálculo monetario se basó en distintos métodos (Tol, 2011). Por un lado, algunos estudios emplean enfoques *enumerativos*, donde los efectos físicos del cambio climático se obtienen de forma individual desde publicaciones científicas. Los efectos físicos, por lo general, se consiguen a través de modelos climáticos, de impactos o similares. Posteriormente, cada impacto se valora monetariamente y se suman. La evaluación económica depende de si se trata de bienes transables en el mercado o no. Si es el caso, se evalúan en función de los cambios en su productividad (e.g. productividad agrícola) y los precios de mercado. Si no son transables, se refieren a impactos sobre el bienestar humano, lo que se traduce en una evaluación económica de los impactos sobre la salud, por ejemplo, a través de cambios en las tasas de mortalidad producto del cambio climático.

Otros estudios, emplean métodos *estadísticos* que se basan en variaciones observadas dentro de un territorio, en cuanto a precios y gastos provenientes de los impactos en el bienestar humano. Algunos de estos estudios utilizan valores observables por sector y por región, para luego extrapolar los resultados a nivel global. Otros, en tanto, emplean valores agregados de los impactos climáticos sobre los ingresos a nivel global.

La complejidad de ambos métodos subyace en la necesidad de estimar los costos netos de los impactos, es decir, tanto los efectos negativos como positivos. Algunas aproximaciones buscan mostrar de forma agregada los impactos en distintas regiones del mundo donde las diferencias son evidentes; por ejemplo, en el consumo y demanda de energía para enfriamiento o calefacción. Sin embargo, si bien existen beneficios principalmente en el corto plazo, se estima que los costos negativos superan por mucho los positivos en el largo plazo (Tol, 2011). Actualmente, los cálculos involucran además parámetros que permiten hacer distinciones regionales de los impactos y diferencias en ingreso per cápita (ponderaciones por equidad, o *equity weighting*). Es decir, explícita y/o implícitamente se incorpora la vulnerabilidad de los territorios a los impactos físicos y su capacidad de respuesta y adaptación, ya sea por recursos económicos o capacidades institucionales, entre otros.

Este método no requiere un objetivo de mitigación en particular, sino que calcula, para cada año el CSC, considerando el nivel de emisiones acumulados globalmente hasta ese momento, en base al valor presente de las externalidades futuras que generaría esa tonelada de GEI de ser emitida. Para obtener el CSC a partir de la curva de daño marginal asociado al cambio climático para un año en particular, basta con conocer el nivel de emisiones/concentraciones de GEI para ese año (ver gráfico 2), por ejemplo, si la concentración actual es de 420 ppm de CO₂.

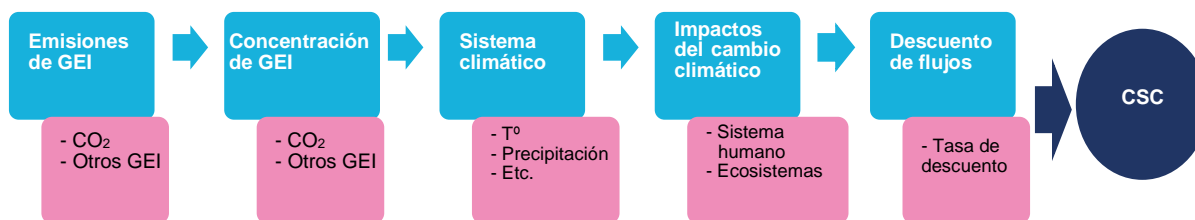
Gráfico 2
Ejemplo esquemático de determinación del CSC
(En dólares)



Fuente: Elaboración propia.

En términos generales, la modelación de la curva de daño marginal asociado al cambio climático y el cálculo del CSC implica cinco etapas principales (ver diagrama 1): i) estimación de las emisiones de GEI; ii) determinar las concentraciones de los GEI en la atmósfera debido a dichas emisiones; iii) efectos de estas emisiones sobre el sistema climático; iv) determinar los impactos sobre los sistemas humanos y naturales debido a cambios en el sistema climático, y su valoración monetaria; v) descuento de los flujos monetarios a valor presente. Estas etapas pueden agruparse en cuatro módulos de trabajo: i) socioeconómico; ii) climático; iii) función de daño; iv) tasa de descuento. Es relevante mencionar que estas etapas son recursivas, ya que existe retroalimentación entre ellas a lo largo del cálculo; por ejemplo, los impactos pueden tener un efecto sobre los escenarios socioeconómicos y a su vez sobre las emisiones GEI, resultando en mayores/menores concentraciones en la atmósfera.

Diagrama 1
Marco de referencia de la estimación del costo social del carbono



Fuente: Elaboración propia.

La evaluación se realiza a través de Modelos de Evaluación Integrados (IAM, por sus siglas en inglés), entre los cuales los más conocidos son el Dynamic Integrated Climate-Economy (DICE) (Nordhaus, 2010), Framework for Uncertainty, Negotiation and Distribution (FUND) (Anthoff & Tol, 2013a, 2013b), y Policy Analysis of Greenhouse Effect (PAGE) (Hope, 2013). Estos han sido utilizados por el Interagency Working Group en Estados Unidos para los análisis de impacto regulatorio (National Academies of Sciences, 2017).

Los modelos IAMs definen una línea base de trayectorias de emisión al proyectar distintos escenarios futuros de crecimiento económico, población y cambio tecnológico. A esta línea base se le adiciona una tonelada de CO₂ (pulso de adición de emisiones), lo que luego se traduce en estimar las concentraciones de CO₂ en la atmósfera y su resultado en el incremento de la temperatura global del planeta y alza en el nivel mar, entre otras variables climáticas. A partir de este punto, se estiman los impactos físicos y se valoran monetariamente los daños. Sin embargo, debido a que el forzamiento radiativo de los gases emitidos perdura

en el tiempo, los cambios presentes en la concentración de GEI en la atmósfera afectarán la productividad económica de las futuras generaciones. Por lo tanto, los flujos monetarios de los daños ocasionados a lo largo del tiempo son convertidos a valores presentes a través de tasas de descuento.

Como se indicó anteriormente, la estimación del daño marginal asociado a la emisión de una tonelada adicional de CO₂e, requiere la elaboración y/o utilización de IAMs, lo que implica altos requerimientos de información y capacidades computacionales. Cuando se pretende estimar el CSC a nivel nacional, se debe tener en cuenta que no es recomendable aislar los daños a una jurisdicción, ya que impactos sobre otras regiones del planeta influyen indirectamente los impactos sobre dicha jurisdicción. Tampoco es recomendable establecer un precio social del carbono en función solo de las emisiones del país respecto al total global. Esto se debe a que los daños económicos asociados al cambio climático no están relacionados necesariamente con el nivel de emisiones de un país en particular.

Si bien cada país podría desarrollar su propio IAM, los costos y desafíos asociados a esta tarea son significativos además de poco justificados, dado que existe una importante tradición científica de desarrollo de IAMs globales que ya han sido revisados por la comunidad científica internacional. El principal referente para el cálculo del CSC es Estados Unidos, a partir del cual países como Canadá han decidido utilizar valores similares a los desarrollados por el primero, con pequeños ajustes. Los modelos empleados por Estados Unidos son los más comúnmente utilizados en el cálculo del CSC. El cuadro 1 describe las principales alternativas disponibles y sus características. Cabe destacar que estas alternativas permiten obtener valores de CSC para el uso en evaluación de iniciativas públicas y de impacto regulatorio, donde se pueden ajustar ciertos parámetros de entrada, tasas de descuento, entre otras. Adicionalmente, existen opciones para complementar estas alternativas, ya sea mediante el uso de otros escenarios de mitigación, sistemas de modelación climáticos diferentes, distintas funciones de daño, etc. Aquí se presentan los tres principales modelos que entregan como resultado final el CSC, más allá de las posibles modificaciones a estos dependiendo de las necesidades de cada tomador de decisión.

Cuadro 1
Características principales de las alternativas metodológicas para la estimación del CSC

Modelo y última versión	Áreas geográficas	Gases	Sectores (impactos y daños)	Rango temporal	Adaptación	Módulo climático utilizado	Fuente de información
PAGE (Hope, 2013; Kikstra et al., 2021; Yumashev, 2020; Yumashev et al., 2019) PAGE 2020	8 regiones: Unión Europea, Rusia, China, EE.UU., India, África, Latinoamérica, otros OECD.	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, gases lineales, sulfatos, otros GEI.	Mercado, no-mercado, aumento en el nivel del mar y discontinuidad estocástica.	2008-2200 Opción de modelación anual.	Es una variable exógena, por lo que depende de las políticas a desarrollar y no del estado del clima ni del capital.	Representación del clima según el Quinto Informe del IPCC (RCP y SSP).	Sitio en línea donde se encuentra el modelo: https://doi.org/10.5281/zenodo.5256554 .
DICE (Nordhaus, 2017, 2018) DICE 2016 R2	Global		Componente de daño único, que depende especialmente del aumento de la tº global.	2015-2100.	Implícitamente representada en sus parámetros.	Representación del clima según el Quinto Informe del IPCC (RCP y SSP).	
FUND (Waldhoff et al., 2014) FUND 3.9	16 regiones: EE.UU., Canadá, Europa occidental, ex-Unión Soviética, Medio Oriente, América Central, Sudamérica, Asia del sur, Sudeste asiático, China,	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, SF ₆ y aerosoles.	Agricultura, silvicultura, aumento en el nivel del mar, desórdenes cardiovascular es y respiratorios por estrés de tº, malaria, dengue, consumo energético, recursos	1950-3000, modelación anual.	Incluye adaptación de forma endógena, ya que los impactos dependen de los años anteriores.	Representación del clima según el Cuarto Reporte de Evaluación del IPCC.	Los datos respecto a las proyecciones globales de poblaciones, PIB, escenarios, y otros, se encuentran en: http://www.fund-model.org/documentation/ . Mientras que el sitio en línea que permite

Modelo y última versión	Áreas geográficas	Gases	Sectores (impactos y daños)	Rango temporal	Adaptación	Módulo climático utilizado	Fuente de información
	Norte de África, África Sub-Sahariana, y Pequeños Estados Insulares.		hídricos, sistemas no manejados (e.g. ecosistemas), diarrea y tormentas tropicales y extra-tropicales.				correr el modelo es: https://github.com/fund-model/MimiFUND.jl .

Fuente: Elaboración propia.

Estos tres modelos, y otros, han sido computarizados en una plataforma de uso abierto para todo usuario². La plataforma ha sido desarrollada por el *Resources for the Future* (RFF)³ con el fin de mejorar el acceso a los modelos por parte de los tomadores de decisión. Los modelos entregan los valores finales de CSC tanto usando estimados promedios de ciertos parámetros, así como aplicando simulaciones de Montecarlo. Además, es posible ajustar los valores de entrada, ya sea definiendo distintas tasas de descuento, escenarios de mitigación, entre otros, dependiendo de los objetivos de la simulación. La plataforma permite visualizar en detalle todos los supuestos y resultados intermedios, tales como los cambios en la t^o y el nivel del mar.

Entre las recomendaciones de la National Academies of Sciences (2017) también destaca FaIR (Leach et al., 2021; Nicholls et al., 2020), pero a diferencia de los tres mencionados este no es un IAM en particular, sino que un modelo simplificado del clima (*Simplified-earth system model*), por lo que no permite directamente el cálculo final del CSC sino que entrega una herramienta adicional a los IAM para mejorar su módulo climático. En particular, FaIR se destaca entre los modelos debido a su simplicidad y robustez en el cálculo, además de poder ser corrido con bajos requerimientos computacionales; por ejemplo, usando Excel, y sin necesidad de supercomputadores.

Las principales críticas a estos modelos se basan en la subestimación del daño, al no incluir todos los daños posibles —tanto en el mercado como fuera de él—, al presentar debilidades en la cuantificación de eventos extremos y sus impactos, así como al evaluar los beneficios y bienestar de las generaciones futuras en relación a los sacrificios de las actuales. Otros elementos sujetos a crítica se refieren a que no han sido capaces de integrar los nuevos hallazgos científicos en relación a los daños, costos y probabilidades de impacto que se han desarrollado en los últimos años. Sumado a esto, muchas de las trayectorias ignoran la retroalimentación entre distintos módulos (e.g. riesgo de sequía con la producción agrícola), y las estimaciones se basan en una serie de suposiciones que entregan un alto grado de incertidumbre (Pindyck, 2013), presentando más bien un obstáculo para la toma de decisiones y socavando la utilidad de esta aproximación (Stern et al., 2022).

B. Costo de mitigación para alcanzar objetivo de política pública

La principal alternativa a los modelos IAM para el cálculo del precio social del carbono ha sido el cálculo del costo de mitigación asociado a un objetivo de política pública. Esto es, en base a las curvas de costos marginales de abatimiento (MACC, por sus siglas en inglés) y un presupuesto de carbono asociado a dicho objetivo, cuya aproximación también es conocida como *target-consistent approach* (aproximación en base a un objetivo de política pública, según su traducción al español). Este simplifica los requerimientos de información, dado que requiere modelos de emisión y costos de mitigación que pueden ser nacionales, los que son más sencillos y dependen de menos suposiciones sobre el accionar de otros países. Además,

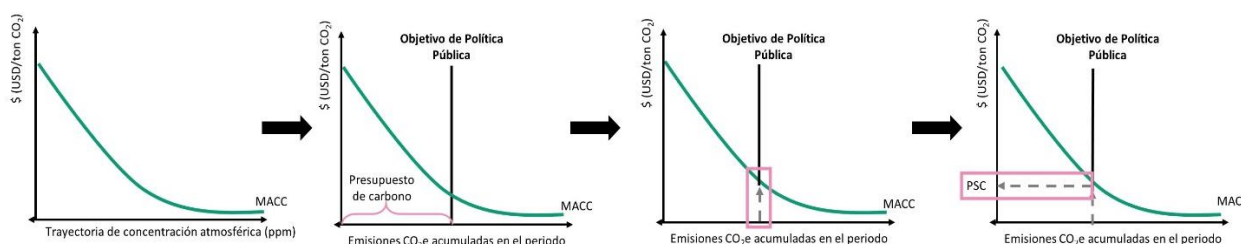
² Disponible en: <https://www.mimiframework.org>.

³ Institución de investigación sin fines de lucro.

tienen la virtud de que generan una señal de precio consistente con los objetivos nacionales de mitigación (eg: NDC), promoviendo la acción climática en todas las políticas e iniciativas públicas evaluadas con este precio social del carbono.

La complejidad de la estimación del Costo Social del Carbono a través de IAMs se ha traducido en la búsqueda de aproximaciones alternativas, como el uso del costo de mitigación para alcanzar un objetivo de política pública, por la mayor simplicidad relativa de calcular una curva de costos de mitigación global, y que se puede obtener el presupuesto de carbono de referencia a partir de los objetivos del Acuerdo de París (e.g. evitar un calentamiento mayor a 1,5°C). Es importante resaltar que ambos métodos son equivalentes en determinar el precio social del carbono óptimo exclusivamente cuando se intersectan las curvas del gráfico 1. En este punto, también se puede inducir el Presupuesto de Carbono Global óptimo (emisiones acumuladas hasta alcanzar el punto de intersección de ambas curvas). Dado que la estimación del Presupuesto de Carbono Global óptimo resulta igual de compleja que el cálculo del CSC, es común la selección de una meta de mitigación (e.g. evitar que el planeta se caliente más de 1,5°C) y sobre esta calcular el Presupuesto de Carbono asociado al cumplimiento de esta meta. Esta aproximación no refleja necesariamente el PSC óptimo socialmente, pero refleja el PSC necesario para cumplir una cierta meta de mitigación; y si esta señal de precio afecta a todos los sectores de la economía, incentivaría la implementación de medidas costo eficientes, cumpliendo con la meta de mitigación al menor costo posible para la economía. El gráfico 3 muestra el cálculo del PSC a partir de un objetivo de política pública, y su respectivo presupuesto de carbono.

Gráfico 3
Determinación del PSC a partir de un objetivo de mitigación
(En dólares)



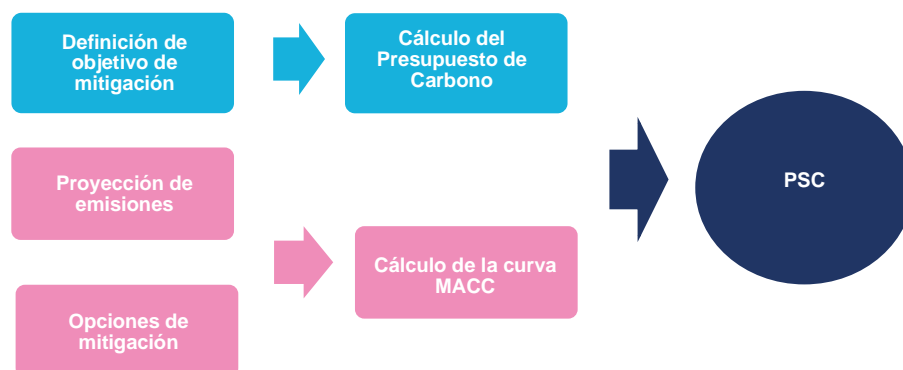
Fuente: Elaboración propia.

El diagrama 2 representa el proceso necesario para calcular el PSC asociado al cumplimiento de un objetivo de política pública. El primer desafío es identificar el objetivo nacional de mitigación. Un referente natural podría ser cumplir con los compromisos internacionales de mitigación, por ejemplo, la NDC en el marco del Acuerdo de París, que establecen un límite máximo de emisiones en un horizonte temporal definido. A partir de este objetivo de mitigación, es posible calcular el Presupuesto de Carbono disponible.

En segundo lugar, a partir de estudios de mitigación, el país puede obtener escenarios futuros de emisiones de GEI y la caracterización de los costos de mitigación, en particular la curva de costos marginales de abatimiento (Curva MAC). Esta organiza las acciones de mitigación desde la más económica a la más costosa (ver gráfico 4), dándonos una guía de cómo ir desde el escenario de Línea Base (o Business As Usual, *BAU*) al de máxima mitigación de la manera más económica posible. Del cruce del Presupuesto de Carbono con la curva MAC (ver gráfico 3 y 4) se obtiene el PSC necesario para cumplir con el objetivo de política pública. No obstante, es relevante mencionar los riesgos de esta aproximación en cuanto a los potenciales valores de PSC negativos, tal como se observa en el gráfico 4, es posible que esto suceda cuando el objetivo de mitigación no es suficientemente ambicioso (Objetivo de Política Pública 1). Estos casos no son inusuales, ya que los países frecuentemente presentan más de un objetivo de mitigación, ya sea a distintos horizontes temporales (2030 y 2050), así como condicionado a factores

externos como el financiamiento climático (meta condicional e incondicional). Es común que las curvas MAC tengan varias medidas con costos marginales negativos, es decir, que generan beneficios económicos netos independientemente de la externalidad evitada⁴.

Diagrama 2
Proceso para determinar el PSC a partir del Precio Sombra del Costo de mitigación para alcanzar un objetivo de política pública



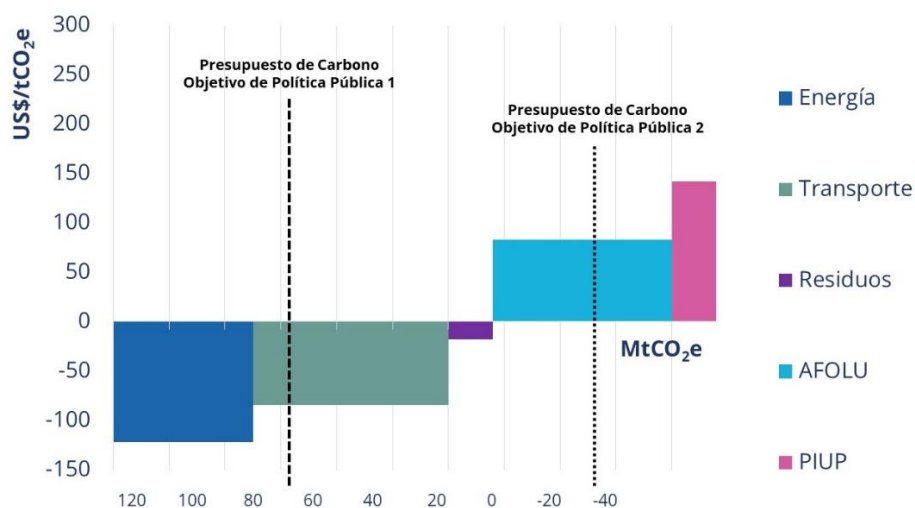
Fuente: Elaboración propia.

Los mayores desafíos asociados a esta alternativa metodológica se encuentran en la realización de los estudios de mitigación, donde es necesario hacer un conjunto de supuestos que van desde la proyección de emisiones tendenciales (Escenario *BAU*, que representa la trayectoria de sucesos cuando se asume una ausencia de políticas de mitigación), la selección de medidas de mitigación a analizar (y su nivel de penetración), supuestos de costos y período de análisis, hasta la tasa de descuento utilizada, entre otros. En base a esta modelación, es posible calcular la reducción de emisiones de CO₂e que aporta para el cumplimiento del Presupuesto de Carbono una medida *i*, así como el costo marginal de abatimiento de cada medida *i*, lo que se obtiene de la aplicación de la siguiente ecuación:

$$\text{Costo Marginal de Abatimiento}_i = \frac{\text{Valor Presente de los Costos Incrementales}_i}{\text{Reducción de Emisiones de GEI}_i}$$

⁴ Existen múltiples razones por las cuales existen medidas con costos de mitigación negativo: tasa de descuento utilizada distinta a la de los tomadores de decisiones en la economía (tasa de descuento privada suele ser mayor a la social), información imperfecta por parte de los tomadores de decisiones (estimar los ahorros energéticos futuros de un equipo no es trivial), diferencia entre quien toma la decisión de inversión y quien percibe los beneficios de esta (por ejemplo, una vivienda mejor aislada representa ahorros para quien vivirá en la casa, no para la constructora), así como limitaciones en la consideración de todos los costos en el análisis (por ejemplo, ausencia de estimación de los costos de transacción).

Gráfico 4
Ejemplo de curva de costos marginales de abatimiento para el 2050
(En dólares)



Fuente: Elaboración propia.

Un elemento relevante para utilizar esta opción es la disponibilidad de curvas de costos marginales de abatimiento, ya sea globales o nacionales. A nivel nacional, las curvas de abatimiento usualmente se analizan al proponer los compromisos nacionales de reducción de emisiones en sus NDCs. No obstante, también existen otras fuentes que permiten realizar el análisis considerando los costos globales de abatimiento:

- En 2007, la consultora McKinsey presentó un estudio (Enkvist et al., 2007) donde se detallan los posibles métodos de reducción de emisiones disponibles a nivel global, por región geográfica y por sector económico. Para el cálculo se utilizaron las proyecciones desarrolladas por la Agencia de Protección del Medioambiente (EPA, por sus siglas en inglés) de Estados Unidos para establecer el escenario "Business As Usual" (BAU). A partir de este, se estudiaron los costos marginales de mitigación al año 2030 de cada alternativa de abatimiento respecto al escenario BAU, considerando un escenario de mitigación en el que se limitan las concentraciones de GEI en la atmósfera a 450 ppm.

En 2010, se actualizaron estas curvas con el fin de introducir una nueva línea base que refleje la economía global y las emisiones asociadas en un contexto post crisis económica. Los resultados de esta actualización dieron cuenta de que la crisis no tuvo un impacto relevante en las emisiones, y que las curvas se mantienen esencialmente iguales (Enkvist et al., 2010). La última actualización se realizó en 2013, la que incluyó una reevaluación de disponibilidad y desarrollo de las nuevas tecnologías bajas en carbono y las nuevas tendencias macroeconómicas, entre otros elementos.

Estas curvas fueron utilizadas por el Reino Unido en su primera estimación de PSC (DECC, 2009), y fueron más tarde actualizadas para ser consistentes con las nuevas trayectorias de emisiones y costos de abatimiento propuestas por el IPCC. Adicionalmente, la consultora elaboró curvas de abatimiento para una serie de países durante el período 2007-2010, tales como Grecia, Polonia, India, Bélgica, Brasil, China, Suiza y Suecia, entre otros.

- Alternativamente, el IPCC ha realizado revisiones exhaustivas de los precios al carbono a distintos horizontes temporales (e.g. 2030, 2050, 2100), bajo distintos modelos y escenarios socioeconómicos y de mitigación. La información recopilada respecto a los escenarios se encuentra públicamente

disponible⁵. La plataforma contiene tanto los escenarios del Quinto Informe del Grupo, como los más recientes de 1,5°C publicados en el Informe Especial (SR1.5) del año 2018.

El IPCC también ha publicado reportes con análisis detallado de las tecnologías de mitigación disponibles y sus costos (Fischedick et al., 2011). Debido a que el trabajo del Grupo se lleva a cabo en profundidad, esta información está desactualizada en comparación al desarrollo académico actual. No obstante, se puede seguir considerando una fuente confiable de información y como punto de referencia.

- Otras opciones:
 - GloCaF presenta un mercado global idealizado, donde el libre comercio alcanza un nivel óptimo del 100%. Iguala todas las regiones geográficas y estima que cada una de ellas mitiga al mismo costo marginal para lograr el objetivo global de reducción. El modelo entrega las curvas de costos marginales de abatimiento a nivel global para distintos sectores. Fue desarrollado por el Department of Energy and Climate Change (*DECC* - ahora Department of Business, Energy and Industrial Strategy, [*BEIS*]) de Reino Unido, y utilizado para el cálculo nacional del PSC. Debido a que aún está en fase de prueba, solo algunas bases de datos se encuentran públicamente disponibles⁶.
 - El International Energy Agency (*IEA*), en conjunto con el Fondo Monetario Internacional (*IMF*, por sus siglas en inglés), detallan los costos de abatimiento globales de distintas tecnologías, con valores actualizados, para el sector energético (International Energy Agency, 2020).

Esta aproximación no tiene en cuenta directamente la externalidad asociada al cambio climático, reflejando solo los costos de mitigación asociados a evitarla, por lo que es posible que frente a un objetivo de política pública de baja ambición se obtenga un precio social del carbono con valores muy bajos —o eventualmente negativos. Esto último es un sinsentido, dado que los GEI emitidos no dejan de producir un daño social solo porque mitigar las emisiones sea “rentable”. Adicionalmente, esta aproximación no genera un óptimo social necesariamente, dado que la señal de precio no es necesariamente igual a la externalidad asociada a la emisión de una tonelada de CO₂e. Otra dificultad potencial es que, en ausencia de un objetivo de mitigación que defina claramente un Presupuesto de Carbono, no es posible implementarla, a menos que se defina un objetivo por un método alternativo.

No obstante, debido a que también tiene altos requerimientos de información de antecedentes de mitigación (e.g. costos de capital y de operación de cada medida de mitigación), no se presenta como un método sencillo de aplicar.

C. Definición política basada en evidencia

Existiendo décadas de experiencias y estudios asociados a la determinación de Precios al Carbono, es posible recurrir a muchos antecedentes para que un país determine su precio social del carbono en base a la evidencia. Esto se puede hacer por medio de la selección del mismo PSC de otros países, un valor en base a literatura científica, recomendaciones de organismos internacionales y/o precios de mercados de carbono. Esto permite acelerar la aplicación de un instrumento sin necesidad de desarrollar modelos complejos para determinar el precio social del carbono, avanzando con una señal clara que se basa en la experiencia y aprendizajes de otros actores.

En primer lugar, es posible revisar estudios que hayan calculado el CSC o definiciones de PSC por parte de otros países, dado que estos resultados son de alcance global, cualquier país puede utilizarlos como

⁵ Para mayor detalle ver el sitio: <https://iiasa.ac.at/scenario-ensembles-and-database-resources>.

⁶ Ver sitio web de Reino Unido: <https://data.gov.uk/dataset/a91a4b2a-6948-4cod-a5b8-cogef2e604b2/global-marginal-abatement-cost-curves-by-country-sector-and-mitigation-option-2015-2050>.

referencia. Canadá, por ejemplo, para la definición de su PSC utilizó el valor calculado por el Interagency Working Group en 2016 para EEUU. En segundo lugar, es posible adoptar un PSC, en base a recomendaciones de Organismos Multilaterales sobre la adopción de Precios al Carbono (ya sea para precio social del carbono o para impuestos al carbono), aquí destaca el trabajo realizado por CEPAL, que por medio de un metaanálisis obtienen un valor potencial de 25,83 USD/ton CO₂e (Alatorre et al., 2019). También hay otros referentes como el FMI (Parry et al., 2021), que recomienda tres niveles de impuesto al carbono de 25, 50 y 75 USD/ton CO₂e, en función del nivel de ingresos de un país. Una tercera alternativa, que algunos países han utilizado, es definir su PSC a partir de precios de mercados de carbono, este fue el camino de países como Dinamarca o Chile en su primera definición de precio social del carbono.

1. Experiencias de otros países

Las principales fuentes del CSC son a partir del resultado de la aplicación de los modelos antes mencionados (e.g. PAGE, DICE), u optando por los valores estimados, por ejemplo, en Estados Unidos. Como ya se describió anteriormente, este país realizó una modelación en el año 2016 que involucró un comité especializado de académicos de diferentes disciplinas y combinando tres modelos distintos de cálculo, lo que entregó valores de CSC globales a ser utilizados a nivel nacional (ver cuadro 2). Debido al esfuerzo detrás de estas modelaciones, así como a la confiabilidad de los datos, países como Canadá optaron por adoptar directamente estos valores ajustando solo a moneda nacional y por inflación. Una de las desventajas de utilizar este valor de forma directa se debe a que no considera la ponderación por equidad (*Equity weighting*), es decir, que estima un valor único de CSC más allá del país donde se aplique. Esto es problemático, porque no todos los países han contribuido de la misma manera para llevarnos a la crisis climática actual, ni cuentan con los mismos recursos para enfrentar los costos de mitigación, pudiendo esto afectar sus posibilidades de desarrollo. Por lo tanto, la aplicación del *Equity weighting* permite equilibrar estas diferencias.

Cuadro 2
Costo social del CO₂ en Estados Unidos, 2020-2050
(En dólares 2020/tCO₂)

Año de emisión	Tasa de descuento y estadística			
	5% Promedio	3% Promedio	2,5% Promedio	3% Percentil 95º
2020	14	51	76	152
2025	17	56	83	169
2030	19	62	89	187
2035	22	67	96	206
2040	25	73	103	225
2045	28	79	110	242
2050	32	85	116	260

Fuente: Interagency Working Group, 2021.

Al igual que en el caso de CSC, algunos países han desarrollado aproximaciones de cálculo *target-based* en base al contexto global para ser utilizados como valores nacionales. Reino Unido es uno de estos casos (ver cuadro 3), el que además fue uno de los primeros en implementar la metodología del Costo de mitigación para alcanzar objetivo de política pública y ha servido como ejemplo para su implementación en otros países, tales como Chile. A diferencia del CSC, los valores de PSC obtenidos con este método dan cuenta del "nivel" esfuerzo de mitigación que un país ha decidido adoptar para cumplir con su objetivo de política pública, por lo que no necesariamente otro país va a tener exactamente la misma ambición. Sin embargo, es un referente de utilidad si se toma en consideración a naciones de condiciones similares.

Cuadro 3
Valores de precio social del carbono en Reino Unido, 2020-2030^a
(En libras esterlinas 2020/tCO₂)

Año	Serie bajas	Serie centrales	Serie altas
2020	120	241	361
2021	122	245	367
2022	124	248	373
2023	126	252	378
2024	128	256	384
2025	130	260	390
2026	132	264	396
2027	134	268	402
2028	136	272	408
2029	138	276	414
2030	140	280	420

Fuente: BEIS, 2021.

^a El cuadro muestra solo los valores al 2030; sin embargo, la estimación se hizo a 2050. Ver: BEIS (2021).

2. Según estudios y literatura

Existe un amplio rango de valores disponibles en literatura para este cálculo, entre los que se encuentran los siguientes:

- IPCC: El Capítulo 2 del SR1.5 contiene rangos de valores de precio al carbono para distintos escenarios (Rogelj et al., 2018). Estos pueden ser utilizados como puntos de referencia o directamente como un promedio, según el escenario a considerar a nivel nacional.
- OECD/IEA & IRENA (2017) realizaron una estimación de la señal de precio al carbono necesaria para promover una transición energética acelerada y de grandes alcances, para lograr un escenario de calentamiento que no supere los 2°C a finales de siglo (presupuesto de carbono global para el sector energético de 790 GtCO₂ para el período 2015-2100). Respecto a este escenario, estimó valores diferentes para países parte de la OECD, economías emergentes (e.g. Brasil, China, Rusia y Sudáfrica) y otras regiones. Los valores se muestran en el cuadro 4.

Cuadro 4
Resumen de valores de precios al CO₂ en un escenario que limita a 2°C
(En dólares/ton CO₂)

	2020	2030	2040	2050
Países OECD	20	120	170	190
Principales economías emergentes ^a	10	90	150	170
Otras regiones	5	30	60	80

Fuente: Chapter 2 of Perspectives for the energy transition – investment needs for a low-carbon energy system. OCDE/IEA & IRENA, 2017.

^a Incluye la República Popular China (en adelante "China"), la Federación Rusa (en adelante "Rusia"), Brasil y Sudáfrica.

- CDP & CPLC (2018) presentan valores de mercado aplicables al sector privado que son consistentes con un escenario de calentamiento bajo los 2°C de calentamiento. El estudio se basó en las tendencias globales de las empresas de implementar precios al carbono internos, así como en los precios de mercado proyectados de las tecnologías bajas en carbono que se han desarrollado en distintas trayectorias (en línea con los 2°C). El rango de precio varía entre USD 24-50 al año 2020, hasta USD 30-100 al año 2030 (CDP & CPLC, 2018).
- High-Level Commission on Carbon Prices (2017) estimó que una señal de precio consistente con el objetivo establecido en el Acuerdo de París (bajo los 2°C de aumento de tº) debiese ser de entre USD 40-80 a 2020, y USD 50-100 a 2030 (High-Level Commission on Carbon Prices, 2017).

- Tol (2019) presenta una estimación del CSC para cada país basado en los niveles de actividad económica de cada país bajo los escenarios de SRES y SSP en cuanto a población, ingresos y emisiones. Estos escenarios se trabajan de forma proporcional a nivel nacional, de acuerdo con los últimos datos de estos parámetros obtenidos a nivel nacional. El horizonte temporal es de 2015-2100 para la estimación de costos por daños, lo que resulta en un CSC global en 2015 de USD 24 por tonelada de carbono. Para Latinoamérica, el valor es de USD 6,8 (Tol, 2019).

3. Según organismos multilaterales

Diversos organismos han recomendado precios al carbono, los que tienen un fuerte componente regional, como es el caso de CEPAL. Entre estos se encuentran:

- El IMF estimó en 2021 que lograr la meta de 1,5 y 2°C de calentamiento global requeriría más que la carbono-neutralidad a 2050, y entre las medidas adicionales se especifican impuestos al carbono. Se recomendó que al año 2030 este impuesto al carbono debiese alcanzar un valor de USD 75 por tonelada de CO₂ a nivel global. Además, la recomendación distingue entre distintos niveles de desarrollo para la definición de un precio al carbono debido, por ejemplo, a la intensidad de la producción industrial, pero también considera una distribución más equitativa de la carga. Para economías emergentes se estima un precio de USD 25 al año 2030, para economías de altos ingresos aumenta a USD 50, mientras que para las economías avanzadas el valor llega a USD 75 (Parry et al., 2021).
- La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) llevó a cabo en 2019 un metaanálisis de la literatura disponible respecto a CSC, con el fin de obtener un valor medio. El valor obtenido es de USD₂₀₁₄ 25,83; sin embargo, se considera un valor conservador debido que subestima las retroalimentaciones del sistema climático e ignora otros procesos socioeconómicos, tales como migraciones. En el caso de América Latina, las retroalimentaciones son particularmente relevantes debido a los potenciales efectos de eventos catastróficos extremos (Alatorre et al., 2019).
- El Banco Mundial elaboró en 2017 una guía de orientación a los proyectos privados que busquen financiamiento en el Banco, para llevar a cabo análisis económicos usando el Precio Sombra del Carbono. Recomienda utilizar los valores entregados por el High-Level Commission on Carbon Prices para el período 2020-2030, y extrapolar desde 2030-2050 usando una tasa de crecimiento de 2,25% anual (Banco Mundial, 2017).

4. Según mercados de carbono

En cuanto a los mercados de carbono se encuentran opciones como los sistemas de comercio de emisiones (ETS, por sus siglas en inglés) y la compensación de emisiones (*offsets*). El ETS opera bajo el concepto de cap-and-trade, es decir, limitan las emisiones totales de una instalación, región, país o grupo de países, entregando permisos de emisión (*carbon allowances*). Si las emisiones de las fuentes emisoras emiten por sobre o por debajo de este límite máximo, la diferencia puede ser intercambiada en el mercado, ya sea vendiendo los excesos de allowances o comprando excedentes de terceros para compensar. Usualmente este mercado es regulado, es decir, existe un marco normativo que establece dichos límites y procura el cumplimiento por parte de los entes regulados.

Los sistemas *offsets*, por su lado, pueden ser mecanismos regulados o voluntarios. Los instrumentos regulatorios que los impulsan son del tipo impuesto al carbono y/o como esquema complementario al ETS. Las fuentes emisoras no tienen necesariamente un límite establecido, por lo que el mercado se basa en la comercialización de reducciones con el fin de compensar las emisiones GEI. Estas reducciones se pueden certificar y cumplen con metodologías que entregan lineamientos mínimos de contabilidad.

Dos de los principales instrumentos que permiten la transacción de reducciones son el mecanismo de Implementación Conjunta (JI, por sus siglas en inglés), y el mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Estos se crean a partir del Protocolo de Kioto y permiten que los países Anexo I cumplan con sus compromisos de

reducción. Ambos mecanismos se consideran como sistemas offsets y difieren del ETS, en particular, por el origen de las reducciones. El JI y MDL permiten el uso de reducciones solo cuando estas ya ocurrieron y han sido verificadas y certificadas. En contraste, en el caso de ETS la transacción ocurre debido al incumplimiento normativo, y las reducciones pueden provenir tanto de los permisos de emisión excedentarios de otros agentes regulados, como de los certificados de reducción de emisiones (CERs, por sus siglas en inglés) otorgados por mecanismos como MDL y JI.

La comercialización de estas reducciones entrega una señal de precio que indica la disposición a pagar por las emisiones. Esta información funciona como *proxy* para el establecimiento de un Precio Social del Carbono.

Esta metodología de cálculo ha sido ampliamente criticada, ya que la señal de precios está distorsionada por otros factores (Ahrens & Ruf, 2016; European Commission, 2012, 2015) según lo evidenciado durante la tercera fase de implementación del mecanismo ETS en la Unión Europea el año 2012. Los límites máximos de emisión no fueron suficientemente estrictos, por lo que los permisos de emisión, en muchos casos, eran mayores a las emisiones reales de las fuentes emisoras. Esto resultó en un exceso de permisos que se comercializaron colapsando el mercado, en el cual el precio decreció a valores cercanos a los €3.00 por tonelada de CO₂ equivalente reducida el año 2013.

Por último, una dificultad transversal de este método es la enorme cantidad de alternativas de precio social del carbono a seleccionar, lo que puede hacer difícil tomar la “mejor” decisión.

D. Benchmark para un Precio Social del Carbono

Se construyó un valor de referencia para lo que debiera ser un PSC a nivel nacional. Este trabajo se basó en un análisis econométrico de las preferencias reveladas de los países que han implementado un PSC a nivel nacional.

Los valores que se obtienen de este análisis dan cuenta de un esfuerzo compatible o coherente con el que ha tomado la comunidad internacional. No refleja un CSC o el costo de mitigación para alcanzar un objetivo de política pública, pero da cuenta del rango en el que debiera estar el PSC de un país en función de su PIB (PPA)⁷ per cápita.

En este análisis se probaron múltiples modelos de regresión (Regresión Lineal Simple, Efectos Aleatorios, etc.) y posibles variables explicativas (PIB per cápita, región, pertenencia a la OECD, país y año de cálculo del PSC). Finalmente, la opción seleccionada debido a su mayor versatilidad, ajuste y significancia estadística fue un modelo de Efectos Aleatorios que utilizó como variables el país, año de cálculo del PSC y PIB (PPA) per cápita para explicar el PSC. El cuadro 5 presenta un resumen de los resultados de la regresión seleccionada. Como se puede apreciar, el modelo tiene un ajuste superior al 50% y es significativo estadísticamente.

Cuadro 5
Resumen del Modelo de Efectos Aleatorios para estimar Precio Social del Carbono

Parámetro	Valor
Observaciones	24,00
Entidades	14,00
R ²	0,52
Estadístico F	25,40
Valor P	0,00

Fuente: Elaboración propia.

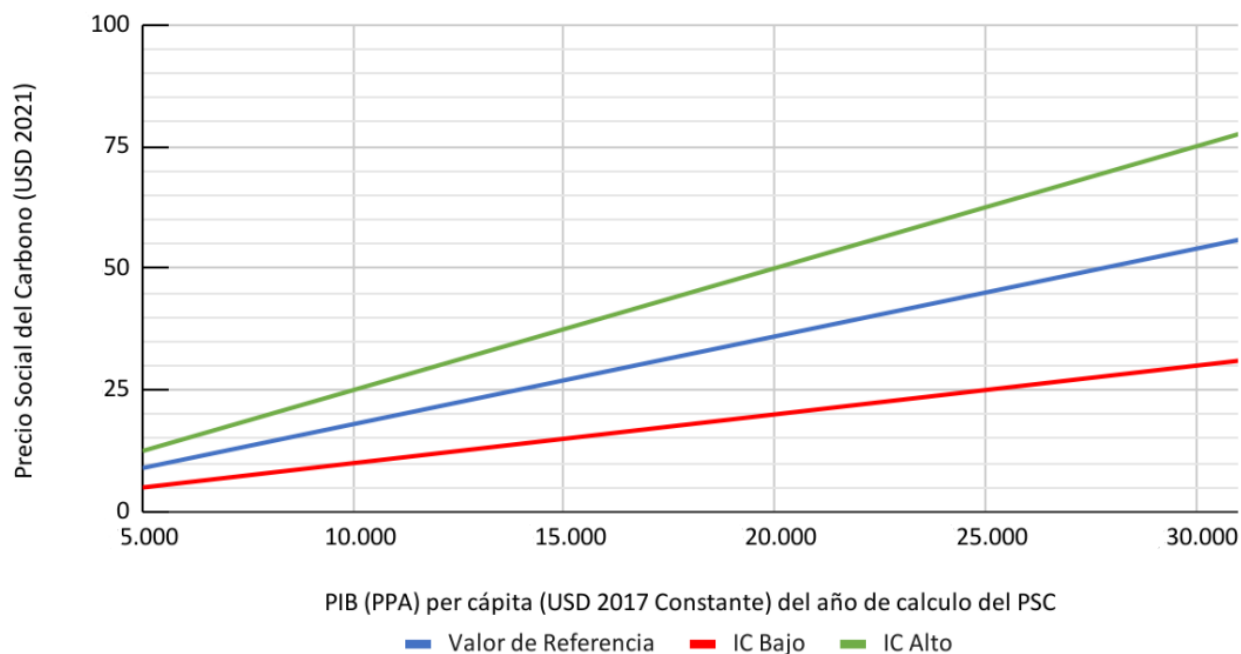
Esto permite contar con un modelo para calcular un valor de referencia para el PSC para cualquier país en función de su PIB (PPA) per cápita con el que, complementado al Intervalo de Confianza (IC) de un 95%, podemos obtener un rango de valores de PSC coherentes con las preferencias reveladas internacionalmente

⁷ Se refiere al Producto Interno Bruto de un país ajustado por poder adquisitivo en USD constantes del 2017, en base al Banco Mundial (<https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.PP.KD>).

por otros países. El resultado del modelo indica que, por cada 1.000 USD 2017 de PIB (PPA) per cápita, el PSC debe subir 1,8 USD 2021/tCO₂e como valor central, y un rango de entre 1 y 2,5 USD 2021/tCO₂e. El gráfico 5 representa de manera gráfica el rango de PSC para un país en función de su PIB (PPA) per cápita en USD 2017.

Para el caso de República Dominicana tendríamos que dado que su PIB (PPA) per cápita al 2020 era de 17.003 USD 2017, un PSC del carbono mínimo debiera ser de 17 USD 2021/tCO₂e, un valor esperable debiera ser de 31 USD 2021/tCO₂e, y para ser considerado un país con alta ambición climática debiera tener un PSC superior a los 44 USD 2021/tCO₂e.

Gráfico 5
Rango de PSC esperado para un país en función de su PIB per cápita
(En dólares)



Fuente: Elaboración propia.

E. Síntesis de ventajas y desventajas de cada método

Existen diferentes opciones metodológicas para la definición de un PSC. Todas las alternativas tienen ventajas y desventajas asociadas, y el cuadro 6 presenta una síntesis de estas.

Cuadro 6
Comparación de métodos de estimación del PSC

Método	Ventajas	Desventajas
Costo Social del Carbono	<ul style="list-style-type: none"> • Es costo eficiente si se implementa para todos los sectores de la economía. • Distintos centros de investigación ya han desarrollado el cálculo y disponibilizado modelos. • Es la alternativa técnicamente más correcta, debido a su enfoque pigouviano, lo que permite alcanzar el óptimo social. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta complejidad de los modelos. • Es demoroso y costoso si se opta por desarrollar un modelo propio.

Método	Ventajas	Desventajas
Costo de mitigación para alcanzar un objetivo de Política Pública	<ul style="list-style-type: none"> • Es costo eficiente si se implementa para todos los sectores de la economía. • Permite contar con un PSC propio alineado a los objetivos nacionales de mitigación. • Se puede desarrollar con un esfuerzo acotado a partir de datos nacionales. 	<ul style="list-style-type: none"> • En caso de no haber un objetivo claro de política pública, se necesita definir si puede realizar el cálculo del Fair share para el país. • Requiere estimar los costos de mitigación nacionales (si no se ha realizado antes). • Si el objetivo de política pública es poco ambicioso, puede haber un PSC negativo.
Definición política basada en evidencia	<ul style="list-style-type: none"> • Es costo eficiente si se implementa para todos los sectores de la economía. • Bajo costo y sencillo de definir. • Podría ser el óptimo social si se elige una experiencia de CSC. 	<ul style="list-style-type: none"> • Múltiples opciones obstaculizan la elección del PSC "más apropiado". • Enfoque de mercados de carbono es muy susceptible a la volatilidad, por lo que no da una señal de largo plazo.

Fuente: Elaboración propia.

^a Busca que los agentes económicos internalicen la externalidad negativa a través de la implementación de un impuesto.

No obstante, el método, implementar un PSC para la evaluación de inversiones públicas será siempre positivo, dado que:

- Permite levantar información y generar capacidades nacionales acerca de los impactos de las decisiones de inversión pública;
- Hace más eficiente económicamente las inversiones públicas, incentivando el análisis de las opciones menos contaminantes y que, eventualmente, podrían ser las opciones más rentables socialmente independiente del PSC;
- Siempre es costo-eficiente si se aplica de forma transversal a todos los sectores, ya que cumple con el principio de equimarginalidad.

Adicionalmente, la implementación de un Precio Social del Carbono permitirá identificar las iniciativas públicas susceptibles de recibir financiamiento climático, ya sean donaciones o financiamiento a tasas preferenciales (ej: Bonos verdes, Fondo Verde del Clima, etc.).

F. Requerimientos de información por alternativas

La implementación de cada alternativa está sujeta a la información mínima necesaria para desarrollarla.

1. Costo Social del Carbono

No existen modelos desarrollados para cada país de este método, por lo que se utilizan modelos desarrollados por centros de investigación internacionales, que realizan el cálculo a nivel global, dentro de los cuales los más comunes y disponibles en plataformas abiertas son el DICE, FUND y PAGE. Estos modelos también permiten obtener un CSC desagregado por territorio impactado, por ejemplo, para Latinoamérica.

Gracias a las plataformas abiertas disponibles en línea, aplicar y correr estos modelos es factible a bajos costos y requerimientos de información. Por lo tanto, el cálculo sólo requiere:

- Seleccionar uno de los tres modelos (DICE, FUND o PAGE);
- Seleccionar el escenario de emisiones a considerar (si aplica); y
- Definir una tasa social de descuento.

2. Costo de Mitigación para alcanzar un Objetivo de Política Pública

Este método es el que más requiere información en comparación a las otras dos alternativas (CSC y basado en evidencia), además de requerir fuentes de información de alta calidad. Existen dos tipos de antecedentes principales que permiten su aplicación, que son los siguientes:

a) **Objetivo de Política Pública (e.g. NDC)**

El país debe contar con un objetivo de mitigación claro, a partir del cual se pueda desprender un presupuesto de carbono para un horizonte temporal definido (e.g. una meta de emisiones para un año o periodo). La claridad del objetivo depende de:

- Existe un objetivo de política pública principal dado, que es multisectorial y está claramente definido. Si bien es común la existencia de varios objetivos, este debe ser identificable como el principal en comparación a objetivos/medidas sectoriales, los que también pueden aparecer en documentos oficiales (e.g. NDC, Estrategia de Descarbonización, etc.).
- Del objetivo de política pública es posible desprender un presupuesto de carbono con un valor exacto de emisiones, por ejemplo, la NDC establece que al 2030 no se puede emitir más de 100 millones de toneladas de CO₂e. Por el contrario, objetivos como un % de energías renovables, o de disminución de la intensidad de carbono de la economía no son útiles, dado que requiere hacer supuestos discutibles para calcular el presupuesto de carbono.
- Alcance sectorial del objetivo de mitigación es claro, ya sea porque abarca todos los sectores emisores o se enfoque solo en uno, por ejemplo, en energía.
- Los GEI considerados para el objetivo de mitigación son claros, especificando los contaminantes incluidos (e.g. emisiones de CO₂, CH₄, N₂O).

b) **Antecedentes de Mitigación (e.g. estudios nacionales de mitigación)**

Para esto se debe contar con:

- Proyección de emisiones para todos los sectores emisores incluidos en la meta de mitigación, para los siguientes escenarios:
 - Escenario de referencia sin medidas de mitigación (o *BAU*).
 - Escenario de máxima mitigación: en este caso debe ser posible tener un escenario donde se pueda reducir las emisiones más allá del Objetivo de Política Pública.
- Caracterización de las opciones de mitigación para el escenario de máxima mitigación, contando al menos con:
 - El potencial de mitigación de cada medida para el periodo del Presupuesto de Carbono.
 - Costo Marginal de abatimiento incremental para cada medida de mitigación en comparación con el escenario BAU.
- Antecedentes que aseguren que el cálculo del PSC entregue un valor positivo.

Para asegurar la pertinencia de los antecedentes de mitigación respecto al objetivo de este trabajo, se recomienda lo siguiente:

- Que el estudio sea realizado por una agencia de gobierno o encargada por este.
- Que el estudio sea realizado en un contexto consistente con el Objetivo de Política Pública.
- Que el estudio haya sido sometido a un proceso de validación o consulta pública.
- Que el estudio presente una modelación coherente para todos los sectores de emisión (mismos parámetros de modelación y periodos de análisis para todos los sectores).
- Que el estudio presente proyecciones de emisiones nacionales actualizadas, incluyendo los efectos de la pandemia.

- Que las proyecciones de emisiones nacionales sean consistentes e idealmente fueron calibradas con los inventarios de GEI nacionales.
- Que sea posible acceder a los modelos o al menos a las planillas de cálculo detalladas con los resultados de modelación.

3. Definición política basada en evidencia

En este caso, no se requiere de antecedentes nacionales complejos, sino más bien seleccionar el tipo de evidencia a considerar (e.g. organismos multilaterales, experiencia internacional) para luego evaluar cuál de las alternativas disponibles, se ajusta mejor al contexto nacional.

En caso de utilizar el benchmark propuesto, se debe tener disponibilidad de:

- PIB (PPA) per cápita nacional para el año de cálculo del PSC (e.g. 2022).
- Trayectoria de crecimiento de PIB (PPA) per cápita en caso de querer dejar calculado el PSC para un año objetivo (opcional).

III. Disponibilidad de información nacional para cálculo del PSC

Se hizo una revisión bibliográfica de la información públicamente disponible de República Dominicana, especialmente basada en levantar toda información relativa a los compromisos nacionales de reducción de GEI, la información histórica, las proyecciones de emisiones nacionales, así como de los modelos utilizados tanto para la proyección de las variables como para el análisis de carteras de medidas de mitigación, y lastasas de descuento social utilizadas nacionalmente. Con esta revisión se busca compilar los antecedentes del país, para luego someterlos a evaluación respecto a los requerimientos de información según metodología de estimación del PSC.

A. Meta de mitigación

El año 2020, República Dominicana presentó la actualización de la NDC publicada en 2015 en el marco del Acuerdo de París. Esta actualización logró cuantificar de forma más precisa el compromiso nacional de mitigación, al pasar de una meta en función de una reducción de la intensidad de emisiones por población (3.6 tCO₂e per cápita del año base 2010) a una meta nacional de emisiones respecto a un escenario proyectado *Business as Usual*. La nueva meta de mitigación implica una disminución del 27% del total de emisiones proyectadas, que corresponde a una reducción de alrededor de 13 MtCO₂e. La actualización constituye una mejora respecto a la del 2015; no obstante, es relevante mencionar que tiene dos componentes nuevos a diferencia de la meta anterior. Por un lado, la meta nacional del 2015 planteó una reducción total de 25% de las emisiones nacionales correspondientes a un esfuerzo doméstico. En contraste, la nueva meta plantea una reducción incondicional solo del 7%, que responde a los esfuerzos domésticos, mientras que el 20% adicional representa reducciones condicionadas a financiamiento externo. Adicionalmente, el 7% incondicional diferencia entre los esfuerzos públicos y privados, asignando un 2 y 5%, respectivamente.

La meta planteada en la NDC es suficientemente clara y precisa como para cuantificar el presupuesto de emisiones del año 2030 (37 MtCO₂e). Ésta plantea un objetivo específico en un horizonte temporal definido. En este objetivo se incluyen todos los sectores del inventario Energía, PIUP, AFOLU y Desechos. Además, si bien el país identifica 7 gases de efecto invernadero (CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆s y NF₃) provenientes de dichos

sectores, sólo informa tres: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O). A partir de esto, no queda del todo claro qué gases están incluidos dentro del compromiso nacional.

Además del compromiso a mediano plazo planteado en la NDC, República Dominicana está trabajando por una meta a largo plazo de carbono neutralidad al 2050, según lo publicado por el Gobierno el año 2019, con el apoyo del Banco Mundial (Proyecto BM) y el NDC Partnership (Mordán, 2020a; Ovalles, 2020). Si bien esta meta se presenta como una meta secundaria en la NDC 2020, sigue siendo relevante como meta de mitigación nacional en el largo plazo. En el marco de este apoyo se elaboraron una serie de trabajos que contribuyen a la implementación tanto del compromiso a largo como a mediano plazo.

Estos trabajos han estado relacionados con la actualización de la NDC presentada en 2020, así mismo, entregan análisis relevantes para lograr la carbono neutralidad. Dichos estudios priorizan tres sectores de la economía dominicana, que son Energía (Generación Eléctrica [GE] y Eficiencia Energética [EE]); Transporte; y AFOLU. Los tres objetivos principales son, primero, desarrollar una Estrategia de Largo Plazo (ELP) para lograr la descarbonización al 2050 (carbono neutralidad). La meta de la ELP incluye los gases CO₂, CH₄ y N₂O. Esta Estrategia aún no ha sido publicada, y se desconoce la fecha al momento de la redacción de este documento. El segundo es la evaluación y actualización de la NDC 2015. El tercero es promover y “desbloquear” las inversiones del sector público y privado para la implementación de la NDC.

B. Información histórica

El último inventario de emisiones de República Dominicana es del 2020 publicado como parte del Primer Informe Bial de Actualización (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales et al., 2020), donde registra las emisiones de GEI nacionales hasta el año 2015 (ver cuadro 7). Tanto este registro como el publicado en la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018) (ver cuadro 8) fueron utilizados para la actualización de la NDC.

Cuadro 7
Tendencia de las emisiones y absorciones de GEI por sector, serie 1990-2015 de República Dominicana

Sector	1990 ^a	1994 ^a	1998 ^a	2000 ^a	2010 ^b	2015
Energía	8 469,30	14 788,78	15 868,81	18 090,66	18 861,86	22 266,69
IPPU	541,10	643,80	1 045,70	811,06	1 167,51	2 892,61
AFOLU (Agricultura y suelos)	2 280,12	2 489,10	5 221,49	5 701,10	4 653,32	4 753,10
AFOLU (Tierras)	-5 555,99	-6 504,22	NE	-18 794,10	-12 633,03	-10 851,79
Desechos	1 305,78	2 519,37	1 615,59	1 673,36	5 175,15	5 573,64
Balance (Emisiones netas en Gg CO ₂ eq)	7 040,31	13 936,83	NE	7 482,08	17 224,81	24 634,24
Total (Emisiones totales en Gg CO ₂ eq)	12 596,30	20 441,05	23 741,59	26 276,18	29 857,84	35 486,03

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales et al., 2020.

^a Datos no recalculados.

^b Datos recalculados en INGEI 2015.

Adicionalmente, se han desarrollado trabajos sectoriales para la actualización de los inventarios para distintos sectores. El sector Energía presenta una actualización para el periodo 2015-2018, mientras que el sector Cemento presenta una actualización para el periodo 2010-2017.

Respecto a los datos históricos de PIB y población, estos pueden encontrarse en el Banco Central de República Dominicana⁸ y en la Oficina Nacional de Estadísticas⁹, respectivamente. De acuerdo con los trabajos realizados para la actualización de la NDC 2020, los datos del PIB fueron obtenidos a partir del Informe Anual de Crecimiento 2019 de CEPAL. La información socioeconómica también puede ser obtenida

⁸ Los datos se pueden encontrar en: <https://www.bancentral.gov.do/a/d/2533>.

⁹ Los datos se encuentran disponibles en: <https://www.one.gob.do/datos-y-estadisticas/temas/estadisticas-demograficas/estimaciones-y-proyecciones-demograficas/>.

a partir de fuentes externas, tales como el registro histórico del Banco Mundial¹⁰ en cuanto a población y PIB, así como las bases de datos de CEPAL¹¹ y del World Resources Institute.

Cuadro 8
Serie temporal de las emisiones de República Dominicana (ktCO₂e) 1990-2010,
según la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático

Serie temporal por sector ^a	1990	1994	1998	2000	2010
Energía	8 469,30	14 788,78	15 868,81	18 090,66	21 138,54
Procesos industriales	541,10	643,80	1 045,70	811,06	1 803,45
Agricultura	2 280,12	2 489,10	5 211,49	5 701,10	6 812,21
Uso de suelo y silvicultura	-5 555,99	-6 504,22	No se incluyó	-18 794,10	-3 100,64
Residuos	1 305,78	2 519,37	1 615,59	1 673,36	4 390,53

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018.

^a Las series no han sido reconstruidas.

C. Información respecto a la proyección de emisiones

República Dominicana, como se mencionó anteriormente, presenta dos objetivos importantes de mitigación, uno corresponde a su NDC 2020 y el otro a la carbono neutralidad al 2050. Adicionalmente, la NDC se sustenta, en parte, en el trabajo realizado en 2011 en el Plan de Desarrollo Económico Compatible con el Cambio Climático (DECCC) con un horizonte temporal al 2030. Sin embargo, las actividades desarrolladas en el marco de la NDC 2020 y la Carbono Neutralidad al 2050 tienen un enfoque centrado, principalmente, en la identificación y análisis de medidas de mitigación; por lo tanto, estas se analizan con mayor detalle en la siguiente subsección “Medidas de mitigación”.

En primera instancia, respecto a la meta de mediano plazo propuesta en la NDC, esta se basa en un escenario de referencia proyectado al 2030 a partir del año 2010, que abarca todos los sectores. Los datos del año base (2010) utilizados no coinciden con los presentados en el Inventario de emisiones (ver cuadro 8) publicados en la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático (2018). Si bien el documento oficial no entrega información detallada sobre las proyecciones de los escenarios *BAU* y de mitigación, sí especifica que el primero es el mismo que se presentó en el DECCC el 2011 (ver gráfico 6). No se encontró información públicamente disponible de las bases de datos utilizadas para la proyección, solo de los supuestos utilizados. Esta fuente de información es consistente con el escenario *BAU* nacional, pero no es consistente con las nuevas proyecciones de emisiones desarrolladas por el Proyecto BM. La proyección, aparentemente, incluye todos los sectores del inventario de emisiones GEI. Mientras que, en cuanto a los gases, no es claro si incluye todos los gases del inventario y su concordancia con la nueva meta de mitigación del 2020.

El mismo documento plantea un análisis de potencial de abatimiento de las emisiones de GEI, donde se presenta un escenario de máxima mitigación, que resultaría en una reducción del 65% de las emisiones respecto al *BAU* o de un 50% respecto a la línea base del 2010 (ver gráfico 7). Este corresponde solo a un escenario tendencial, asumiendo que todas las medidas de mitigación propuestas se logren en su totalidad, mas no se traduce en una meta de mitigación nacional. Tomando este trabajo, la actual NDC (2020) plantea una reducción máxima de 27% respecto a este mismo escenario *BAU*.

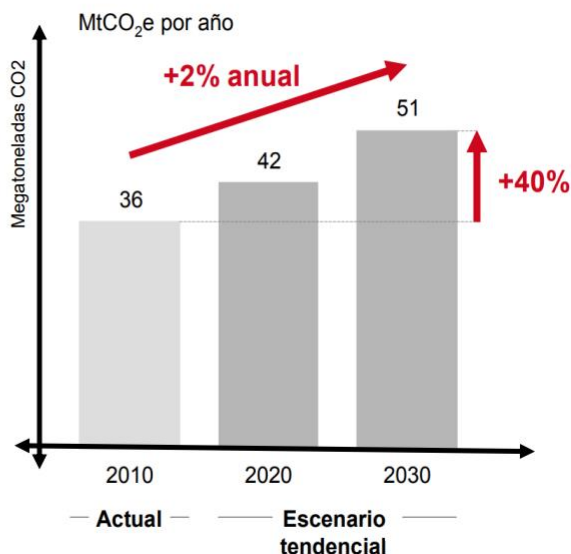
¹⁰ Ver más en la plataforma abierta: <https://datos.bancomundial.org/>.

¹¹ Más detalles en: <https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/index.html>.

Gráfico 6
Proyección tendencial del escenario BAU de República Dominicana y los supuestos asociados - Plan DECCC 2011

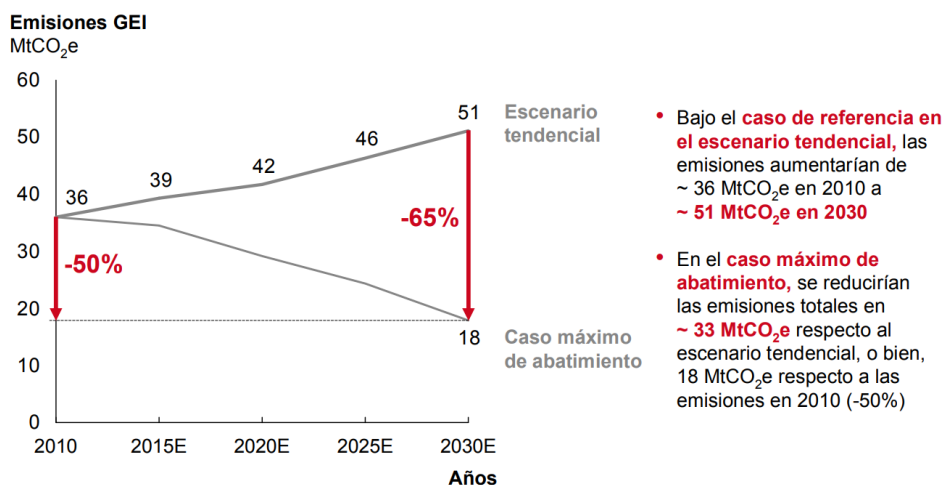
Premisas del escenario tendencial

- Crecimiento anual PIB 5% anual
- Tasa anual de crecimiento poblacional a la baja (de 1.4% en 2010 a 0.9% en 2030)
- Premisas sectoriales alineadas con desarrollo económico en el escenario tendencial
- Contempla cambios en aspectos clave del sector solo si
 - Es seguro que ocurran (plantas eléctricas en construcción)
 - Son autónomos económicamente (no incluye proyectos futuros subsidiados de energías renovables)



Fuente: Presidencia de la República Dominicana, 2011.

Gráfico 7
Escenario de máxima mitigación planteado como parte del Plan de Desarrollo Económico de República Dominicana, 2011



Fuente: Presidencia de la República Dominicana, 2011.

Una de las principales desventajas del Plan DECCC, para los propósitos de este trabajo, es su desfase temporal (desarrollado hace más de una década) y su inconsistencia con los inventarios nacionales de GEI para los años 2010 y 2015 (ver cuadro 7 y 8), lo que haría posible encontrar diferencias en lo que respecta a las proyecciones de emisiones hacia el 2030.

Los datos, además, fueron utilizados en el Proyecto BM para fines de comprender en mayor detalle los sectores Energía, Transporte y AFOLU; sin embargo, no se encontraron nuevas proyecciones a nivel nacional. Otra desventaja es que no se encontraron las bases de datos en las que se sustentan los gráficos presentados en los gráficos 6 y 7, ni las proyecciones sectoriales. Este Plan fue también un insumo para la definición de medidas de mitigación en el Proyecto BM.

Respecto al año base (2010), este se ha utilizado tanto en la NDC del 2015 como en su actualización del 2020, así como también concuerda con la Ley de Estrategia Nacional de Desarrollo 2030 (Artículo 28) (Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo, 2012), donde se estipulan metas quinquenales de reducción de emisiones de dióxido de carbono para el periodo 2010-2030. Las metas planteadas en este último documento ya no son válidas, ya que se actualizaron en la NDC.

La principal ventaja de las fuentes descritas es su concordancia entre ellas y con las políticas públicas desarrolladas posteriormente a nivel nacional. Mientras que una desventaja es su desactualización respecto a las condiciones nacionales actuales. Esto no es un factor excluyente para la utilización del método “Costo de mitigación para alcanzar un objetivo de Política Pública”, pero si lo hace menos recomendable.

En cuanto a los supuestos utilizados en las proyecciones, estos se basan en información histórica del país respecto al crecimiento el PIB y población. Adicionalmente, la Oficina Nacional de Estadísticas el 2015 presentó una proyección de la población al 2030. Las proyecciones socioeconómicas también pueden ser obtenidas a partir de fuentes externas como del World Population Prospects elaborado por el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas, cuya última actualización se publicó el 2019 que data hasta el 2100 (United Nations, 2019). Todas estas fuentes de información son de libre acceso.

En segundo lugar, se encuentra el Proyecto BM que permite identificar las vías de descarbonización al 2050. Los trabajos se centran en los sectores Energía (solo GE y EE), Transporte y AFOLU. Para lograr esto, se utilizaron los resultados del Plan DECCC 2011 y se actualizó la proyección del escenario *BAU* para los tres sectores, partiendo el 2018 como año base, hasta 2030 y 2050. Es relevante mencionar que el año base utilizado en el proyecto no concuerda con el año base (2010) del Plan DECCC 2011. Respecto a esta discrepancia no fue posible aclarar cómo se relacionan las proyecciones del Plan DECCC 2011 con las del Proyecto BM. En ninguno de los dos casos es posible acceder a los escenarios de trayectorias de emisiones nacionales, donde se integren todos los sectores emisores, ni tampoco a nivel sectorial.

Asimismo, si bien las proyecciones de emisiones fueron actualizadas y se basaron en el Plan DECCC, no quedan claros los cambios en la contribución sectorial a las emisiones nacionales. En otras palabras, las actualizaciones de las proyecciones de emisiones solo se realizaron para los subsectores mencionados, mientras que las proyecciones nacionales aún se basan en el Plan DECCC 2011. Esto implica que, eventualmente, al sumar las nuevas proyecciones sectoriales, no haya concordancia con el escenario *BAU* del 2011, sino que se traduzca en un nuevo escenario *BAU* -no contemplado en la NDC 2020.

Para el caso del escenario de mitigación, ocurre una situación similar a la del *BAU*, ya que al sumar las reducciones de los tres sectores analizados en el Proyecto BM (de acuerdo con las bases de datos disponibles), estas sobrepasan con creces la reducción nacional estimada para la NDC 2020, incluso superan por mucho el total de emisiones del escenario *BAU* al 2030 que es de 51 MtCO₂e (ver cuadro 9). En este caso, es evidente que las reducciones proyectadas sobrepasan la meta nacional de reducción. Esto indica tres conclusiones relevantes. Primero, da cuenta de un potencial problema de cálculo del escenario de mitigación sectorial, que está sobreestimando las reducciones de las medidas, probablemente asociado a una modelación no integrada de las medidas o a un error de cálculo de otro tipo. Segundo, de los resultados del estudio se desprendería que hay una baja ambición climática de la meta nacional, respecto a las medidas y escenarios propuestos para cumplirla, dado que el escenario no rescata ni siquiera las medidas rentables. Y tercero, de la necesidad de corregir el escenario *BAU*, por uno que sea consistente con los inventarios nacionales de emisiones.

Cuadro 9
Reducciones estimadas para República Dominicana de acuerdo a su compromiso NDC
y a los sectores analizados en el Proyecto BM

Fuente	Total reducciones estimadas al 2030 (MtCO₂e)
Compromiso Nacional en la NDC	13,0
Energía	31,6
Transporte	13,5
AFOLU	23,2
Potencial mitigación agregados estudios BM	68,3

Fuente: Elaboración propia a partir de (Mordán, 2020a, 2020b; Ovalles, 2020).

D. Medidas de mitigación

Como parte del compromiso de la NDC 2020, se proponen 46 medidas de mitigación, que abarcan todos los sectores del inventario de emisiones GEI (ver cuadro 10).

Cuadro 10
Medidas de mitigación propuestas en la NDC y su distribución
según los sectores del Inventario de emisiones GEI

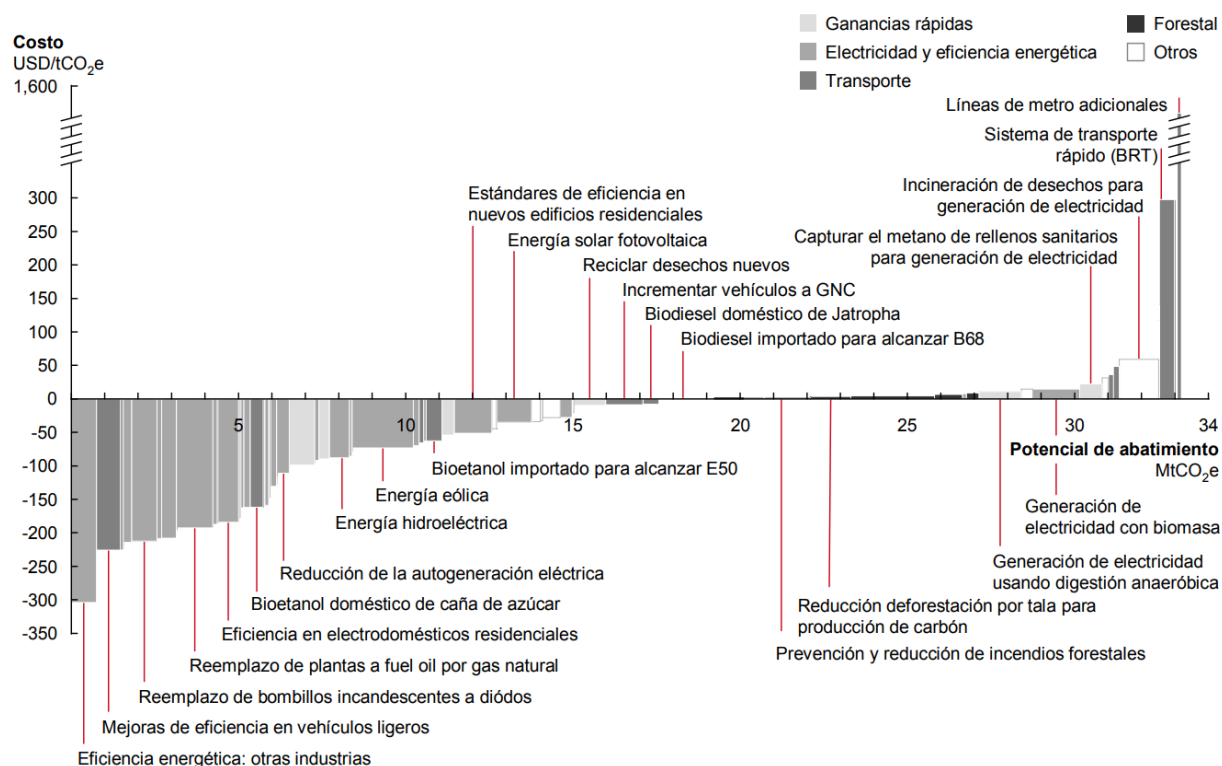
Sector	Nº medidas
Energía	27
PIUP	4
AFOLU	10
Desechos	5

Fuente: Elaboración propia a partir de Presidencia de la República Dominicana, 2020.

Las medidas propuestas se sustentan en los análisis desarrollados el 2020 por el Proyecto BM para los sectores Energía (Mordán, 2020a), Transporte (Mordán, 2020b) y AFOLU (Ovalles, 2020).

Por su parte las medidas propuestas en el DECCC 2011, en su conjunto, permitirían reducir aproximadamente 33 MtCO₂e en el 2030 respecto al escenario *BAU*, lo que se aprecia en el gráfico 8. Esta curva MAC muestra el total de reducción en el año 2030. Un problema que se podría presentar al utilizar esta curva, en combinación con el presupuesto de carbono asociado al objetivo de política pública de la NDC al 2030, es que el PSC que se obtendría al usar el método de Costo de Mitigación para Alcanzar un Objetivo de Política Pública es evidentemente un valor negativo, lo que no tiene sentido. La curva MAC (gráfico 8) muestra el conjunto de medidas que permitirían reducir aproximadamente 33 MtCO₂e y dado que el objetivo de mitigación nacional solo requiere reducir aproximadamente 13 MtCO₂e, se encuentra que para alcanzar el objetivo de mitigación nacional, se debiera considerar el costo marginal de abatimiento asociado a la medida de "Energía Solar Fotovoltaica", es decir un Precio Social del Carbono de alrededor de -50 USD/tCO₂e, lo que claramente no tiene sentido, dado que el cambio climático es una externalidad negativa.

Gráfico 8
Curva de costos marginales de abatimiento de República Dominicana
para el 2030 - Plan DECCC 2011

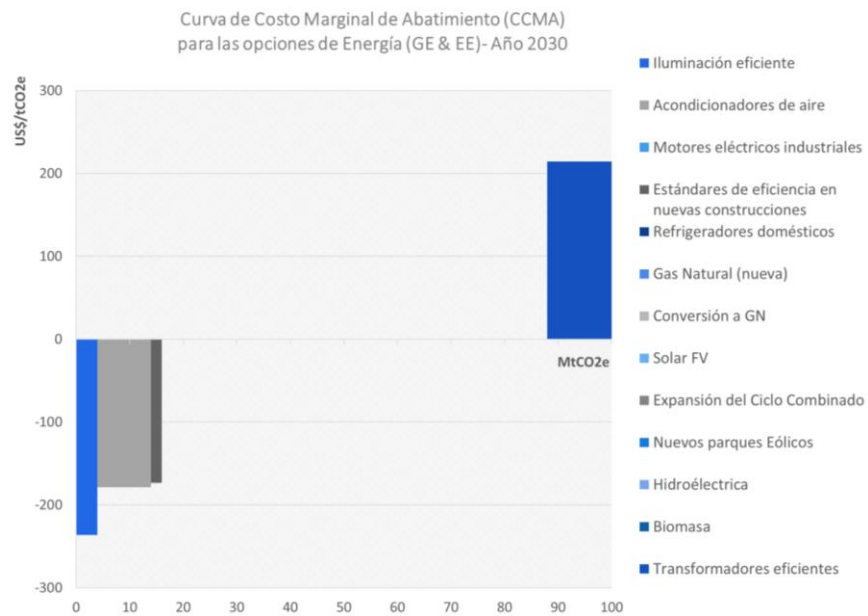


Fuente: Presidencia de la República Dominicana, 2011.

Además de los detalles presentados en la NDC 2020 (e.g. responsable, meta cuantitativa, periodo de planificación, entre otros), también es posible encontrar un análisis detallado de los costos marginales de abatimiento al 2030 de las medidas de dichos sectores en el Proyecto BM (solo para sectores Energía, Transporte y AFOLU). Una ventaja de esta fuente de información es que se ha podido tener acceso a las bases de datos de resultados.

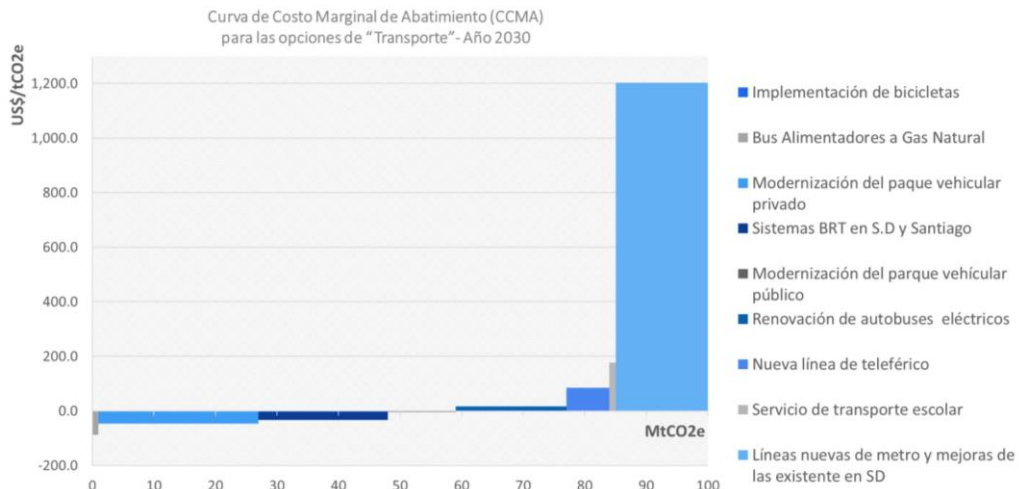
Las curvas MAC al año 2030 del proyecto del BM se detallan en los gráficos 9, 10 y 11, y también es posible acceder a las mismas curvas para el año 2050. Estas curvas solo consideran las medidas de los sectores mencionados, faltando el sector Procesos Industriales y Uso de Productos (PIUP), Residuos y, eventualmente, subsectores de Energía. Esta brecha de información es una desventaja para utilizar los datos del Proyecto BM como base para el cálculo del precio social del carbono, ya que no es consistente con la meta de mitigación nacional, excluyendo algunos sectores emisores. También representa una desventaja los probables errores de cálculo en las reducciones de emisiones (como se muestra en el cuadro 9). En este contexto, la NDC reconoce la falta de información del sector Residuos (también llamado Desechos), y especifica que se realizó un análisis del sector PIUP. Aunque no se encontraron datos del sector ni es posible confirmar la naturaleza de los análisis llevados a cabo.

Gráfico 9
Curva de costos marginales de abatimiento del sector Energía (GE + EE)
de República Dominicana para el 2030-Proyecto BM



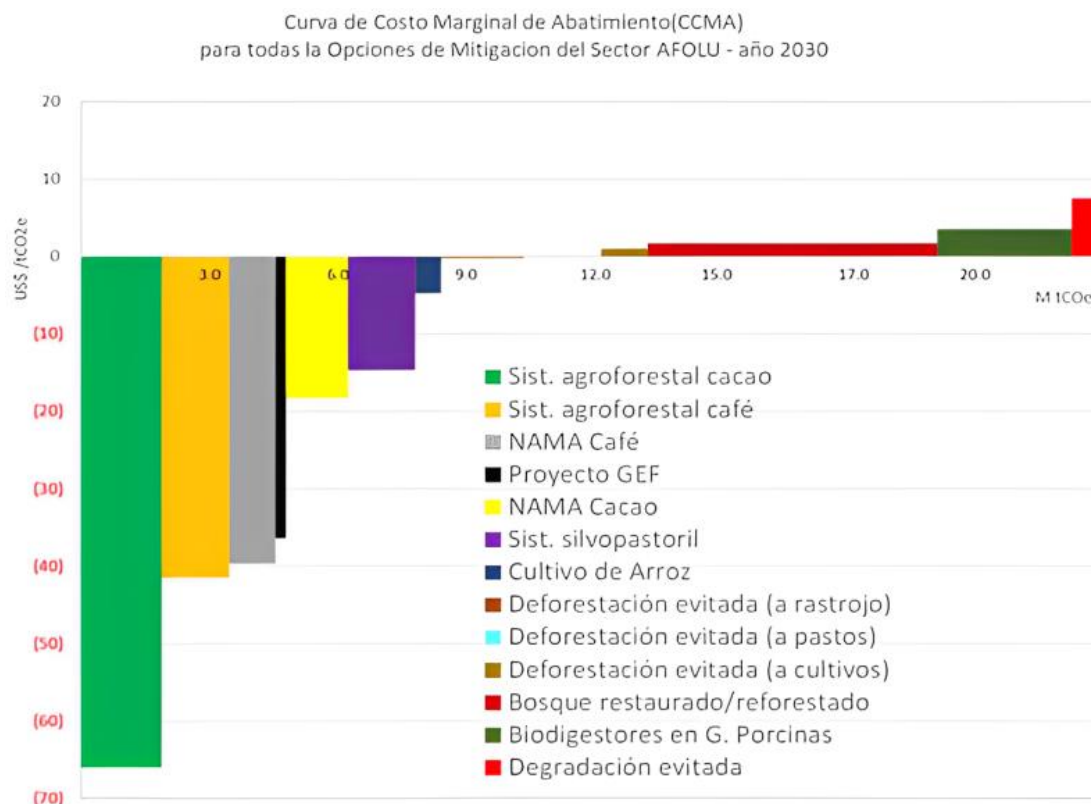
Fuente: Mordán, 2020a.

Gráfico 10
Curva de costos marginales de abatimiento del sector Transporte
de República Dominicana para el 2030-Proyecto BM



Fuente: Mordán, 2020b.

Gráfico 11
Curva de costos marginales de abatimiento del sector AFOLU de República Dominicana para el 2030 - NDC 2020



Fuente: Ovalles, 2020.

De los gráficos 9 y 10 es evidente que existe un problema de cálculo, ya que existe una serie de medidas que entregan valores perfectamente cero. Con respecto a los trabajos de Mordán (2020a) y Mordán (2020b), es notorio que hay una sobreestimación de las reducciones de emisiones, además de un error en el cálculo de los costos, debido a alteraciones de conceptos. Por ejemplo, se asume que la inversión inicial asociada a la implementación de las medidas no corresponde a inversión pública; sin embargo, si se consideran los ahorros operacionales, esto no es consistente, por lo que es incorrecto ya sea como evaluación social o como evaluación privada. Respecto a la sobreestimación de las reducciones de emisiones, esto se debe, en parte, a que se tratan los sectores de forma individual, no integrada, lo que es particularmente importante para la modelación del sector energía, donde la implementación de múltiples medidas en conjunto reduce menos que la suma de las medidas individuales. Por ejemplo, si se considera lo siguiente:

- Una serie de medidas de eficiencia energética (e.g. cambio de luminaria) reducen el consumo de electricidad y por tanto las emisiones en 10 MtCO₂e respecto a un escenario *BAU*.
- Una transformación de la matriz eléctrica permite pasar de una matriz a carbón a una 100% renovable, resulta en una reducción de 20 MtCO₂e respecto a un escenario *BAU*.
- Las medidas implementadas en conjunto no reducen 30 MtCO₂e, si no que solo 20 MtCO₂e, dado que, si la electricidad es 100% renovable, la eficiencia energética, no aportaría reducciones adicionales.

Esto hace considerar que, pese a que el trabajo de Ovalles (2020) no parece tener este problema, el conjunto de estudios del BM no se podría utilizar para el cálculo del PSC en el contexto de la metodología de Costo de mitigación para alcanzar un Objetivo de Política Pública.

Los antecedentes encontrados muestran que el estudio DECCC 2011 permitirían el cálculo de un PSC; sin embargo, se obtendría un PSC negativo, por lo que no es recomendable su uso. Además de ser un antecedente desactualizado e inconsistente con los inventarios nacionales de GEI. Por su parte, el Proyecto BM no presenta proyecciones propias de emisiones para el *BAU* y las curvas MAC construidas en dos de los tres estudios presentan problemas en su cálculo. En este contexto, ninguna de las fuentes de información mencionadas resulta suficientes para el cálculo del PSC con el método de "Objetivo de Política Pública".

E. Tasa social de descuento

No se encontró una tasa social de descuento utilizada de forma transversal en el país. Por un lado, los análisis desarrollados en el Proyecto BM utilizan una tasa de descuento del 10%. Mientras que, por otro lado, la Guía Metodológica General para la evaluación de Proyectos de Inversión Pública (2017) del país no entrega un valor específico, sino que menciona "tasas de descuento pertinentes" dependiendo del proyecto. A partir de esto, no es claro si la tasa la define el evaluador de los proyectos y si existe alguna diferencia entre distintos organismos del estado.

IV. Evaluación de alternativas para el cálculo del PSC nacional

Como se discutió anteriormente, los requerimientos de información para cada alternativa metodológica son bastante distintos. En el caso de la alternativa del “Costo Social del Carbono”, no existen modelos nacionales, pero sí hay modelos abiertos internacionales ya validados, por lo que, para implementar esta opción metodológica, solo es necesario seleccionar alguno (o una combinación) de los modelos abiertos para este fin (DICE, PAGE y FUND), seleccionar el escenario —o una combinación— (si aplica) a utilizar y la tasa social de descuento nacional a utilizar. Por consiguiente, el único desafío es acordar la tasa de descuento pertinente a utilizar para este propósito.

Para el caso de la utilización de la “Definición política basada en evidencia”, el trabajo Metodología General para el Cálculo del Precio Social del Carbono (SSG, 2022) presenta una amplia revisión de posibles alternativas, lo que se complementa con los resultados del modelo de efectos aleatorios. Este último otorga un valor de referencia o *benchmark* de 31 USD 2021/tCO₂e en función del PIB (PPA) per cápita nacional. Debido a que los valores del PIB (PPA) per cápita son conocidos para años anteriores y que, además, existen antecedentes y fuentes para proyectarlo a futuro, es que se podrían utilizar valores que se encuentren en el rango del *benchmark*, o incluso, usarlo directamente. De lo contrario, el *benchmark* puede ser empleado como punto de referencia para la selección de un PSC en base a otras fuentes de literatura.

Claramente el mayor requerimiento de antecedentes se relaciona con el método del “Costo de Mitigación para alcanzar un Objetivo de Política Pública”, lo que se discute en detalle a continuación, analizando los distintos antecedentes nacionales.

A. Evaluación de antecedentes para el método de “Costo de Mitigación para alcanzar un Objetivo de Política Pública”

A partir de la revisión, se identificaron dos metas de mitigación nacionales, ambas mencionadas en la actualización de la NDC 2020. La primera de ellas, que conforma el punto prioritario de la NDC 2020 es el compromiso de reducción del 27% de las emisiones respecto al escenario *BAU* al 2030, resultando en una reducción aproximada de 13,85 MtCO₂e. Las reducciones planteadas resultan en un presupuesto de

carbono para 2030 de 37,13 MtCO₂e. La segunda se refiere a la carbono neutralidad al 2050, que implicaría emisiones netas o MtCO₂e al año 2050.

Las fuentes de información asociadas a estos objetivos son dos principalmente, el trabajo desarrollado para el Plan DECCC 2011 y el realizado con el apoyo del Banco Mundial en 2020. En función de la descripción de dichas fuentes de información en la sección anterior, a continuación el cuadro 11 resume los principales elementos para luego ser evaluados respecto a los requisitos mínimos de información y recomendados de información para emplear este método (ver cuadro 12). Los criterios de evaluación son los ya descritos en la sección "Requerimientos de información por alternativa", cuyos requisitos de información se categorizan como:

- Requerimientos mínimos: referidos a la disponibilidad de la información; y
- Recomendados: referido a la idoneidad de la información disponible en relación con este trabajo.

Éstos son evaluados bajo tres tipos de valoración asociados a los colores verde, amarillo y rojo. Una valoración en verde indica que dicho criterio se cumple a cabalidad, es decir, toda la información está disponible y es de libre acceso para los interesados. El amarillo indica que existen barreras en el acceso a la información, que esta se encuentra incompleta y/o altamente desagregada, lo que resulta en mayores costos en tiempo y trabajo. Finalmente, el color rojo indica claramente que dicha información no está disponible de libre acceso o no existe.

Cuadro 11
Evaluación de Objetivos de Mitigación para definir un presupuesto de carbono para República Dominicana

Posible Objetivo de Mitigación	Periodo para el Presupuesto de Carbono	Fuente	¿Objetivo principal?	Alcance sectorial del objetivo de mitigación	GEI considerados	Presupuesto de carbono (En millones tCO ₂ e)
Objetivo a mediano plazo al 2030	2030	NDC 2020	Principal	Todos los sectores del inventario	Aparentemente CO ₂ , CH ₄ , y N ₂ O	37,13
Objetivo a largo plazo al 2050	2050	Estrategia de Cambio Climático de Largo Plazo (en formulación) y mención en NDC	Posible	Aparentemente todos los sectores del inventario	Aparentemente CO ₂ , CH ₄ , y N ₂ O	0,00

Fuente: Elaboración propia.

Del cuadro anterior se puede apreciar, que existe más de un posible objetivo de política pública, por un lado, la carbono neutralidad al 2050, y además, el compromiso del 27% de reducción de emisiones al 2030 son objetivos formalizados a nivel nacional. De ellos, se rescata el objetivo a mediano plazo como el principal, ya que forma parte de los compromisos nacionales formalizados por el país. Para este objetivo a mediano plazo existen dos fuentes de información importantes, ambas con brechas de información. El siguiente cuadro evalúa ambas.

Cuadro 12
Evaluación de antecedentes de mitigación para definir un presupuesto de carbono para República Dominicana

A. Antecedentes de mitigación mínimos

Antecedente de mitigación	Mínimos					
	Sectores y GEI considerados consistentes con el Objetivo de Política pública.	Proyección de emisiones en el escenario de referencia sin medidas de mitigación (o BAU) para todos los sectores emisores incluidos en la meta de mitigación.	Proyección de emisiones en el escenario de máxima mitigación para todos los sectores emisores incluidos en la meta de mitigación.	Potencial de mitigación de cada medida para el periodo del Presupuesto de Carbono.	Costo Marginal de abatimiento incremental para cada medida de mitigación en comparación con el escenario BAU.	SC estimado da un valor positivo.
Plan DECCC 2011	✂	✓	✓	✂	✂	✗
Proyecto BM 2020 - Objetivo a mediano plazo	✗	✗	✗	✂	✂	✗
Proyecto BM 2020 - Objetivo a largo plazo	✗	✗	✗	✂	✂	✗

B. Antecedentes de mitigación recomendados

Antecedente de mitigación	Recomendados						
	Realizado por una agencia de gobierno o encargada de este.	Realizado en un contexto consistente con el Objetivo de Política Pública.	Fue sometido a un proceso de validación o consulta pública.	Realizó una modelación coherente para todos los sectores de emisión (mismos parámetros de modelación y periodos de análisis para todos los sectores).	Presenta proyecciones de emisiones nacionales actualizadas, incluyendo los efectos de la pandemia.	Proyección de emisiones nacionales son consistentes e idealmente fueron calibradas con los inventarios de GEI nacionales.	Es posible acceder a los modelos o al menos a las planillas de cálculo detalladas con los resultados de modelación.
Plan DECCC 2011	✓	✗	✓	✓	✂	✗	✗
Proyecto BM 2020 - Objetivo a mediano plazo	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✓
Proyecto BM 2020- Objetivo a largo plazo	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✓

Fuente: Elaboración propia.

✓: información disponible exactamente como se requiere.

✂: información disponible con dificultad de acceso, disgregada, y/o requiere ser trabajada.

✗: información no disponible, no disponible actualmente, y/o incompleta.

De este cuadro se puede apreciar que ninguno de los tres antecedentes cumple con la totalidad de los requerimientos mínimos, por lo que no es posible utilizar el método del “Costo de Mitigación para alcanzar un Objetivo de Política Pública”.

De los tres métodos presentados, tanto el “Costo Social del Carbono” como la “Definición política basada en evidencia” son métodos que pueden ser utilizados por República Dominicana para definir su PSC. Ninguno de éstos tiene requerimientos de información que demanden estudios previos u objetivos nacionales, más bien pueden aplicarse de forma directa para el país. Entre sus mayores ventajas es la sencillez de su aplicación y que pueden representar el óptimo social si se basan en la metodología del CSC. Para el caso del método “Costo de Mitigación para alcanzar un Objetivo de Política Pública”, no es posible aplicarlo bajo las condiciones actuales del país, ya que requiere de antecedentes de mitigación que sean consistentes con el objetivo de política pública. Bajo este escenario, ninguno de los antecedentes cumple con los requisitos mínimos para entregar un valor de PSC positivo.

En este contexto, República Dominicana utilizará la aproximación técnicamente correcta para el cálculo del PSC, valorando la externalidad producida por el cambio climático a través del método “Costo Social del Carbono”.

V. Cálculo del Precio Social del Carbono

Para el cálculo del Costo Social del Carbono, se corrieron dos modelos públicamente disponibles y comúnmente utilizados (DICE y PAGE), usando una tasa social de descuento (TSD) decreciente, así como los valores por defecto de los modelos. A continuación se describe la herramienta de cálculo, el detalle de los modelos utilizados, y sus versiones, el cálculo de la TSD, para luego presentar los resultados obtenidos.

A. Herramienta de cálculo

El cálculo del Costo Social del Carbono se lleva a cabo en la plataforma *Mimi Framework*¹², desarrollada por el equipo de trabajo *Resources for the Future* (RFF) a través de la iniciativa *The Social Cost of Carbon Initiative*. El equipo, en principio desarrolló la plataforma de uso abierto con tal que permitiera emplear los modelos utilizados por el IWG de los Estados Unidos. El avance de la plataforma permitió utilizar exactamente los modelos usados el año 2016 e integrar poco a poco las recomendaciones del (National Academies of Sciences, 2017). No obstante, actualmente tiene una amplia variedad de versiones de los modelos, utilizando los parámetros y escenarios por defecto, además de los desarrollados por el IWG.

Para fines de este trabajo, el Costo Social del Carbono para República Dominicana se calcula con los modelos comúnmente utilizados, en sus versiones más actualizadas y abiertamente disponibles en la plataforma Mimi Framework. Los modelos son el DICE versión 2016 R2 (Nordhaus, 2018) y PAGE 2020 (Kikstra et al., 2021). Si bien el modelo FUND también ha sido utilizado en el pasado por distintos centros de investigación, a la fecha este se encuentra significativamente desactualizado en comparación a sus contrapartes (Waldhoff et al., 2014), sus escenarios de emisión datan de más de 30 años de antigüedad, utilizando escenarios similares a los propuestos por el IPCC en 1992 y con escenarios socioeconómicos de 1995, por lo que se desestimó su uso; mientras que los modelos DICE y PAGE han realizado las respectivas tareas de actualización de sus escenarios. Adicionalmente, el modelo FUND presenta algunas debilidades al momento de calcular los impactos del cambio climático, al sobreestimar el beneficio en el corto plazo debido, por ejemplo, a beneficios en el sector agrícola de ciertas regiones del planeta gracias a un clima más cálido.

Debido a las características del modelo FUND, el cálculo del CSC para República Dominicana considera los modelos DICE y PAGE. A continuación se detallan los principales elementos de cada modelo.

¹² Ver <https://www.mimiframework.org/>.

1. Detalles de cálculo de los modelos

Cada modelo presenta estimaciones propias de Costo Social del Carbono con valores por defecto y mecánicas de cálculo. Las mayores diferencias entre cada uno de ellos es la forma de incluir las interacciones climáticas y socioeconómicas, por ejemplo, el efecto de los cambios en las precipitaciones sobre la producción agrícola. Otros elementos diferenciadores son las funciones de daño, la sensibilidad climática, inclusión de la adaptación, y los parámetros de entrada. A continuación, se detallan las principales características de cada escenario de emisiones y las tasas de descuento propias de cada modelo.

a) Dynamic Integrated model of Climate and the Economy (DICE)

La última versión de este modelo fue presentada el año 2018 (Nordhaus, 2018), integrando los avances detallados en el Quinto Reporte del IPCC del 2013. A diferencia del modelo anterior, actualiza los valores de forzamiento radiativo de los gases según dicho reporte y los estimados de crecimiento poblacional. Adicionalmente, incluye un elemento adicional llamado “descarbonización”, que busca integrar la razón a la que se reducen las emisiones de CO₂ en el tiempo.

En cuanto a la definición de los principales parámetros de entrada, éstos se determinan como:

- Tasa social de descuento:

$$\text{TSD}(t) = (1 + \text{prtp})^{-t}$$

donde TSD(t) es el factor de descuento, mientras que prtp es la tasa de preferencia temporal, que entrega una ponderación de bienestar respecto a las utilidades de diferentes generaciones (Nordhaus, 2018; Nordhaus & Sztorc, 2013). El valor de prtp utilizado para los cálculos es de 1,5% (prtp=0,015), resultando en una tasa de descuento anual a largo plazo de 4,25% (a 2100).

- Escenario de emisiones:

Proyecta las emisiones al 2305, calculando cada 5 años el valor del CSC. Asume un escenario base de constante crecimiento de las emisiones de GEI, alcanzando un valor de 70,9 GtCO₂e/año al 2100, y un acumulado de aprox. 1800 GtCO₂e. De acuerdo con el modelo, esto implica un aumento de la temperatura del planeta de aprox. 4,2°C a finales del siglo, respecto a los valores preindustriales y una concentración de CO₂ en la atmósfera de 827 ppm. Este escenario es cercano al escenario RCP8.5 desarrollado en el Quinto Reporte del IPCC; sin embargo, proyecta menores valores de forzamiento radiativo que resultan en un menor calentamiento.

- Todos los valores de CSC se presentan en dólares estadounidenses del 2010 (USD₂₀₁₀/tCO₂).

b) Policy Analysis Greenhouse Effect (PAGE)

La última versión de este modelo es el PAGE 2020 construido en función de las versiones anteriores PAGE 2009 y PAGE ICE. Las mayores diferencias son la actualización de los escenarios de emisión, mejoras en la representación del sistema climático al incorporar las retroalimentaciones de la criósfera y el permafrost del Ártico (e.g. cambios en el albedo). Otro cambio relevante en el modelo es la persistencia de los daños, asumiendo que la economía no mantiene un crecimiento fijo en el tiempo, sino que se ve afectada por los cambios en el clima a futuro.

En cuanto a la definición de los principales parámetros de entrada, éstos se determinan como:

- Tasa social de descuento:

Utiliza la fórmula de Ramsey (ver más detalles en (SSG, 2022)), es decir, la suma entre la tasa de preferencia temporal (PTP), la elasticidad de la utilidad (EMU) (Hope, 2011) y la tasa de retorno del capital (g(r,t)). Según el modelo, esta última se interpreta como el crecimiento instantáneo per cápita del PIB (g(r,t)), por región (r) en el tiempo (t).

$$\text{TSD} = \text{PTP} + \text{EMU} * g(r,t)$$

Los valores por defecto están dados por el crecimiento esperado de la Unión Europea (1,9%). Los valores utilizados son $\rho_{rtp} = 1.0333$ y $EMU = 1.1666$, por lo tanto, la tasa de descuento utilizada en el modelo al 2030 es de 3,25%.

- Escenario de emisiones:

Se realizan proyecciones hasta 2200 calculando valores a partir del 2015, saltando luego al 2020 y, posteriormente, cada 10 años (e.g. 2030, 2040, 2050). Este modelo ocupa los escenarios *Shared Socioeconomic Pathways (SSP)*, planteando un escenario base "middle of the road" (mitad de camino, en español), que usa el *SSP2* en conjunto con el escenario de emisiones representativo *RCP4.5* (Kikstra et al., 2021; Yumashev, 2020). El escenario plantea un peak de emisiones al 2040 y una posterior reducción hasta el 2100, no obstante, el modelo extiende esta reducción al 2300. Se estima un cambio en la temperatura del planeta de 3,5°C respecto a los niveles preindustriales, que se traducen en una concentración de CO_2 en la atmósfera de alrededor de 580 ppm.

- Todos los valores de CSC se presentan en dólares estadounidenses del 2015 (USD_{2015}/tCO_2).

B. Tasa de descuento

Como se mencionó en secciones anteriores, las tasas de descuento buscan representar la disponibilidad de las personas a invertir en el presente para limitar los impactos en el futuro. Las principales razones son dos, por un lado, al asumir que las sociedades tendrán mejor situación económica en el futuro, entonces el valor de un dólar en el futuro es menor que el valor de un dólar en el presente. Además, se asume que existe una preferencia temporal en la que las personas prefieren tener ese mismo dólar en el presente que en el futuro. Esto último implica ponderar las generaciones presentes con mayor relevancia que las futuras. Por otro lado, es relevante valorar los impactos del cambio climático en el futuro debido a emisiones en el presente, ya que los gases de efecto invernadero se mantienen por décadas en la atmósfera.

En términos generales, una tasa de descuento alta implica una menor valoración del futuro y, por tanto, se asume que se necesita menor inversión en el presente para proteger a las personas de los impactos futuros. Por el contrario, una tasa de descuento baja otorga una mayor relevancia a las generaciones futuras y busca que las acciones se lleven a cabo en el presente.

Las tasas de descuento decrecientes en el tiempo se han hecho cada vez más aceptadas y han sido ya utilizadas por algunas jurisdicciones, tales como Reino Unido, Francia, Noruega, Dinamarca, Perú, entre otros. Cada uno las ha utilizado de forma distinta, por ejemplo, el Perú la utiliza para los análisis costo-beneficio de proyectos de inversión pública dependiendo del horizonte temporal del proyecto. Reino Unido utilizó este tipo de tasas en su análisis económico del proyecto de redes de trenes High Speed 2. Determinar el grado de decrecimiento de la tasa de descuento puede ser un proceso complejo. Por ejemplo, puede ser una tasa de reducción exponencial como lo hace el Perú, así logra una tasa de 1% desde un 8% en un periodo de alrededor de 200 años (Gobierno del Perú, 2018)²³ (ver cuadro 13). Otra forma de cálculo puede ser aplicar un decrecimiento lineal, como lo ha hecho Reino Unido (Newell & Pizer, 2003) (ver gráfico 12). En la mayoría de los casos, la disminución de las tasas de descuento responde a preferencias políticas y se enmarcan en los contextos nacionales. Por ende, no existe un método estandarizado de cálculo, ni correcto o incorrecto, más bien depende de cada caso.

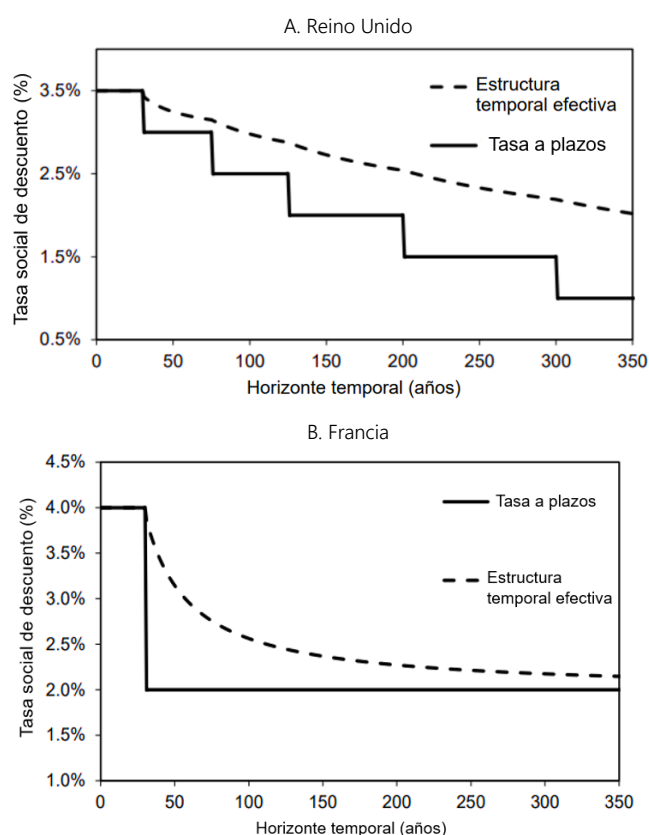
²³ Para más información sobre el método de determinación de la tasa de descuento, revisar: Kamiche, J & Diderot, J. (2018). Actualización de la tasa social de descuento a largo plazo. Ministerio de Economía y Finanzas. Perú.

Cuadro 13
Tasas de descuento decreciente del Perú a largo plazo

Años	Tasas (En porcentajes)
21 a 49	5,5
50 a 74	4,0
75 a 99	3,0
100 a 149	2,0
150 a 199	2,0
200 a más	1,0

Fuente: Gobierno del Perú, 2018.

Gráfico 12
Estructura de decrecimiento de la tasa social de descuento del Reino Unido y Francia



Fuente: Adaptado de Cropper et al., 2014.

Existen diferentes razones por las que se justifica aplicar una tasa de descuento decreciente. En la literatura especializada en este tema es posible encontrar partidarios de esta aproximación por temas éticos, mientras que otros justifican la preferencia debido a la incertidumbre del crecimiento económico futuro. Es decir, a corto plazo es posible hacer proyecciones que se ajusten al nivel de tecnología disponible y determinar el retorno del capital. Por el contrario, en el largo plazo no es prudente utilizar altas tasas de descuento, debido a que no se tiene certeza de los escenarios futuros y sus efectos sobre las inversiones (Freeman & Groom, 2016; Groom et al., 2006), por lo que tampoco se tiene certeza del *verdadero* valor presente de dichas inversiones. Sumado a esto, cuando se trata desde la perspectiva del Costo Social del Carbono, se debe tener en cuenta que a largo plazo los impactos del cambio climático no disminuyen, sino que aumentan, casi de forma exponencial. En este contexto, descontar a tasas altas y constantes implica considerar irrelevantes los costos futuros, es decir, subvalorar los daños por los cambios en el clima en el futuro.

Debido a los alcances de este trabajo, se propone una tasa de descuento decreciente acorde al contexto de cálculo del Costo Social del Carbono, y bajo el criterio estipulado en la Guía de Evaluación de proyectos de República Dominicana, donde se especifica utilizar *tasas de descuentos pertinentes* según el tipo de proyecto.

En primera instancia, se determinan los horizontes temporales relevantes para el cálculo. De acuerdo con la revisión bibliográfica, un periodo inicial de corto a mediano plazo abarca periodos entre 10 a 50 años. Mientras que a largo plazo se refiere a periodos mayores a 50 años, usualmente hasta 200, como es el caso del Perú.

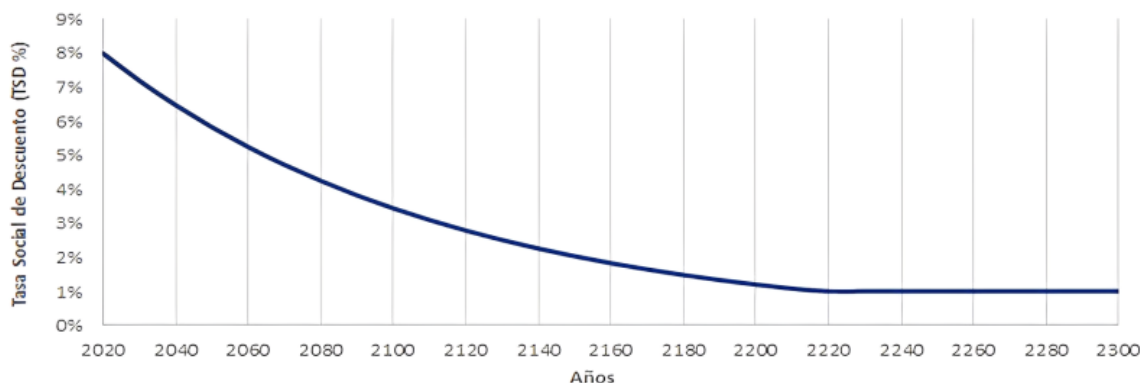
En segunda instancia, es necesario definir las tasas de descuentos para cada periodo. Los valores de las tasas cambian a mayor velocidad en periodos más cercanos al presente (i.e. corto plazo), mientras que a periodos lejanos (i.e. largo plazo) se mantienen relativamente constantes por periodos más largos.

Por lo anterior, se propone un decrecimiento exponencial de la tasa social de descuento, comenzando con una tasa del 8% para el corto plazo, alcanzando el 1% a largo plazo. Esto busca representar tanto una bajada a nivel nacional a partir del contexto regional, como las tendencias de largo plazo que muestran una convergencia hacia tasas bajas.

1. Cálculo y aplicación de la TSD

La Tasa Social de Descuento decreciente utilizada parte en un 8% para la década del 2020 y cae a una tasa de un 10% por década, llegando a un valor de un 1% luego de 200 años de manera equivalente a la utilizada en el Perú (Gobierno del Perú, 2018), tras lo cual se mantuvo constante hasta la década del 2300. El gráfico 13 presenta la evolución de la tasa marginal de descuento utilizada para cada década.

Gráfico 13
Decrecimiento de la TSD para el cálculo del Costo Social del Carbono al 2300



Fuente: Elaboración propia.

El valor presente del daño (VAN) se obtiene a partir de los daños marginales para cada periodo de tiempo en cada modelo, y al aplicar la tasa de descuento que decrece por periodo.

$$VAN = \sum_t \frac{DM_t}{\prod_{2021}^t (1 + TSD_t)}$$

Donde:

VAN = Valor neto actual de los daños (USD/tCO₂e);

DM_t = Daño marginal en el periodo t (USD/tCO₂e);

TSD_t = Tasa social de descuento marginal para el periodo t (%);

t= Año de modelación desde el 2020 al 2300.

C. Resultados

El cuadro 14 muestra el resultado al correr los modelos DICE y PAGE con sus valores por defecto, y al aplicar una tasa de descuento decreciente.

Cuadro 14
Valores de Costo Social del Carbono para República Dominicana para el año 2020
 (En dólares 2021/tCO₂)

Modelo	CSC (USD 2021/tCO ₂) usando TSD por defecto	CSC (USD 2021/tCO ₂) usando TSD decreciente
DICE 2016R2	44	28
PAGE 2020	279	24
Promedio	162	26

Fuente: Elaboración propia.

Existe una evidente diferencia en los valores por defecto debido a las diferencias en las mecánicas de cálculo de cada modelo. Por un lado, cada modelo utiliza sus propias tasas de descuento por defecto, que varían entre 3-5%, lo que implica una valoración del daño distinta. Sumado a esto, las evaluaciones de los impactos para cada modelo son diferentes, resultando en una estimación de los daños anuales incrementales que difieren. Por ejemplo, el modelo DICE utiliza funciones cuadráticas para estimar los daños por el aumento en el nivel del mar, mientras que el modelo PAGE utiliza funciones exponenciales para la misma estimación. Otro elemento diferenciador es la inclusión de "adaptación al cambio climático", ya que implica un ajuste a los cambios en el clima, por ejemplo, resultando en una reducción de la vulnerabilidad de la población a medida que existe crecimiento económico. En este caso, solo PAGE hace alusión a este elemento, basándose en estudios econométricos que indican las respuestas de la población al calentamiento, especialmente en el sector agricultura. Estos parámetros en el modelo se tratan como parámetros exógenos que tienen que ver con la implementación de políticas de adaptación.

Con el fin de presentar un punto de referencia de valores, se comparan los CSC obtenidos con el análisis econométrico o *benchmark* descrito en secciones anteriores. Recapitulando, el rango de valores para República Dominicana es entre 17-43 USD 2021/tCO₂ según su PIB (PPA) per cápita, con un estimado esperable de 31 USD 2021/tCO₂. Según este marco de trabajo, ambos modelos presentan valores dentro del rango esperado.

1. Proyección de PSC futuros

Es una buena práctica en los ejercicios de actualización de los PSC tener una proyección de los valores futuros, dado que permite tener un lineamiento de los futuros PSC, sin necesidad de realizar un ejercicio de actualización. Esta buena práctica se puede ver en las experiencias de Estados Unidos (cuadro 2) y Reino Unido (cuadro 3).

Para el caso de República Dominicana se puede realizar una estimación preliminar de los valores proyectados para el año 2025 y 2030, en base a los modelos DICE y PAGE, usando la tasa de descuento social decreciente. Los resultados se presentan a continuación en el cuadro 15.

Cabe destacar, que es probable que para los años 2025 y 2030, existan modelos nuevos o versiones actualizadas de los modelos DICE y PAGE, ya sea en términos de la estructura del modelo como en los escenarios de emisiones, por lo que siempre es preferible realizar un nuevo ejercicio de remodelación; sin embargo, estos valores proyectados pueden ser de utilidad en caso de que no se haya podido realizar este ejercicio.

Cuadro 15
Estimación preliminar de PSC futuros para República Dominicana
(En dólares 2021/tCO₂)

Modelo	PSC para el 2025-conTSD decreciente <i>(En dólares 2021/tCO₂)</i>	PSC para el 2030-con TSD decreciente <i>(En dólares 2021/tCO₂)</i>
DICE 2016R2	32	37
PAGE 2020	34	38
Promedio	32	38

Fuente: Elaboración propia.

D. Recomendación para aplicar el PSC a nivel nacional

El uso del precio social del carbono es útil en la evaluación de toda inversión y política pública; sin embargo, debe priorizarse para las tipologías de proyectos vinculadas a las medidas de mitigación ya identificadas a nivel nacional en estudios como Mordán (2020a), Mordán (2020b) y Ovalles (2020).

Para los proyectos de inversión pública es relevante al realizar la evaluación social del proyecto, contemplar la evaluación de la alternativa de bajas emisiones, por ejemplo, al evaluar un proyecto de transporte público comparar la alternativa de buses eléctricos y no solo la alternativa tradicional.

En la evaluación de políticas públicas de alto impacto en emisiones de GEI, tales como políticas energéticas, transporte, infraestructura, agrícolas, forestales y de conservación de ecosistemas, el uso del precio social del carbono puede ser un elemento clave para identificar oportunidades de acción climática, además de poder clasificar con claridad las que podrían requerir de incentivos para su implementación.

Para políticas públicas vinculadas al sector energético, ya sean programas, estrategias o regulaciones, utilizar el precio social del carbono en los modelos de planificación eléctrica, permite identificar la solución de menor costo social en el largo plazo, lo que contribuye a identificar también los nuevos proyectos energéticos a priorizar, las centrales que es recomendable desconectar, entre otros aspectos.

En general, una vez definido el precio social del carbono a nivel nacional, el mayor desafío en su adopción se encuentra en poder realizar la proyección de emisiones asociadas a las distintas alternativas de proyectos y/o políticas públicas por parte de los sectorialistas. Para abordar esta barrera es recomendable realizar estudios que identifiquen las tipologías de proyectos de inversión más relevantes a nivel nacional, para luego desarrollar metodologías y herramientas que faciliten la evaluación social por parte de los sectorialistas. CEPAL ha realizado una serie de trabajos en la materia para países de la región para proyectos de transporte urbano, infraestructura de transporte interurbano, energía, entre otros, los cuales pueden servir de punto de partida para los desafíos venideros en la implementación del precio social del carbono en República Dominicana.

VI. Conclusiones

Independientemente de la metodología seleccionada, siempre es positivo tener un precio social del carbono a nivel nacional por tres razones. En primer lugar, permite levantar información y generar capacidades nacionales acerca de las consecuencias de las decisiones de inversión pública que se están realizando en el país, entendiendo mejor sus impactos en el ciclo de vida del proyecto. En segundo lugar, permite hacer más eficientes las inversiones públicas, desde un punto de vista económico, al incentivar el análisis de alternativas menos contaminantes, de las que eventualmente se puede descubrir que eran más rentables socialmente, incluso en ausencia de un precio social del carbono. En tercer lugar, siempre es costo eficiente si se aplica el mismo precio social del carbono para todos los sectores (independiente del valor seleccionado), dado que se cumple con el principio de equimarginalidad, lo que permite mitigar al menor costo posible. Adicionalmente, la implementación de un precio social del carbono permitirá identificar las iniciativas públicas susceptibles de recibir financiamiento climático, ya sean donaciones o financiamiento, por ejemplo, los provenientes de los bonos verdes, el fondo verde del clima, entre otros. Esto último requiere de la concatenación con otras políticas públicas, pero puede habilitar el acceso a recursos que permitan la implementación temprana de las medidas de mitigación.

Es importante reconocer que todos los países tienen responsabilidad asociada a la crisis climática; sin embargo, la carga económica de esta debe ser diferenciada, teniendo en cuenta los ingresos del país, su contribución histórica a las emisiones globales de GEI, entre otros elementos. Al observar la realidad de los países de América Latina y el Caribe, es recomendable partir con una señal de precio social del carbono, aunque sea baja, pero con una planificación para aumentar paulatinamente este valor en el futuro.

El modelo econométrico desarrollado, provee un benchmark en función del PIB (PPA) per cápita que puede orientar la toma de decisiones, reconociendo las diferencias de ingresos entre países. Para República Dominicana, un precio social del carbono comparable con la de otras naciones que han avanzado en el uso de este instrumento, ajustado por PIB (PPA) per cápita, debiera estar entre 17-43 USD 2021/tCO₂, con un estimado esperable de 31 USD 2021/tCO₂.

En este documento se presentó un análisis de las alternativas metodológicas actualmente disponibles para la estimación del precio social del carbono, de sus necesidades de información y cómo esta puede cumplirse a partir de los antecedentes nacionales para finalmente realizar el cálculo correspondiente del precio social del carbono para República Dominicana.

El método “Costo de Mitigación en base a un Objetivo de Política Pública”, no fue posible aplicarlo usando los antecedentes nacionales actualmente disponibles. Si se desea utilizar este método en el futuro, es recomendable actualizar la NDC, actualizar las proyecciones de emisiones y desarrollar un nuevo análisis de alternativas de mitigación.

Si bien el método “Definición política basada en evidencia” no tiene restricciones de información que impidan implementarlo de forma directa en el país, para el proceso de cálculo del precio social del carbono para República Dominicana, se optó por la aproximación técnica que valora la externalidad producida por el cambio climático, es decir, se empleó el método “Costo Social del Carbono”. La estimación implicó aplicar los modelos más comúnmente utilizados, en sus versiones actualizadas abiertamente disponibles en la plataforma Mimi Framework. Los modelos son el DICE versión 2016 R2 (Nordhaus, 2018) y PAGE 2020 (Kikstra et al., 2021). Si bien el modelo FUND también ha sido utilizado en el pasado, a la fecha este se encuentra significativamente desactualizado (Waldhoff et al., 2014)¹⁴ en comparación a sus contrapartes, utilizando escenarios obsoletos de más de 30 años de antigüedad, por lo que se desestimó su uso.

Los valores de costo social del carbono obtenidos con los modelos DICE y PAGE según sus parámetros por defecto para el año 2020 son 44 y 279 USD 2021/tCO₂, respectivamente. Sin embargo, para el cálculo del precio social del carbono de República Dominicana se utilizó una tasa social de descuento compatible con la realidad nacional y de estructura decreciente¹⁵, por lo que el costo social del carbono obtenido es de 28 y 24 USD 2021/tCO₂, respectivamente. Se recomienda utilizar un precio social del carbono de 26 USD₂₀₂₁/tCO₂ para República Dominicana, el cual se obtiene del promedio de ambos modelos, pudiendo hacerse sensibilidades en el análisis con los valores de 24 y 28 USD 2021/tCO₂.

La actualización de los precios sociales es un elemento clave dentro del proceso de los Sistemas Nacionales de Inversiones, lo que también aplica para el precio social del carbono. En este respecto, se recomienda actualizar el cálculo del precio social del carbono al menos cada cinco años, por las siguientes razones:

- Los instrumentos relacionados a políticas climáticas debieran estar siempre coordinados con los avances en la ambición climática nacional. En este contexto, una de las principales políticas climáticas de todo país es la Contribución Nacionalmente Determinada, la que debiese ser actualizada cada cinco años, de acuerdo con lo estipulado en el Acuerdo de París, siendo la próxima actualización de República Dominicana el 2025.
- Un ciclo de cinco años permite tener un balance entre los avances científicos que se van desarrollando y certidumbre sobre los nuevos descubrimientos. Esto también permite alinearse con los periodos de evaluación que realiza el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) y las respectivas actualizaciones de los escenarios de emisión. Esto debido a que, es probable que los modelos de evaluación integrada (IAMs) se reajusten a los nuevos escenarios, impactos, valoración del daño y actualizaciones de las modelaciones del sistema climático de acuerdo con los nuevos reportes del IPCC.
- Debido a las características de las externalidades asociadas al cambio climático, tanto el costo social del carbono como los costos de mitigación para alcanzar los objetivos del Acuerdo de París, tienen un comportamiento creciente en el tiempo, por lo que es esperable que el precio social del carbono se deba ajustar al alza en las próximas estimaciones (valores recomendados preliminarmente para el 2025 y el 2030 se muestran en el cuadro 15).

¹⁴ Los escenarios de emisiones utilizados datan de la década del 90.

¹⁵ Una tasa social de descuento decreciente representa la esperable disminución de la tasa en el futuro, lo que es esperable en la medida que República Dominicana aumente sus ingresos per cápita, además incorpora de mejor manera elementos de justicia intergeneracional muy pertinentes en relación con los impactos del cambio climático.

- Finalmente, si bien los modelos de cálculo del costo social del carbono son desarrollados por centros de investigación que buscan evaluar los impactos globales, cada país aterriza estas herramientas de acuerdo con el contexto nacional. En este caso, para República Dominicana, dicho ajuste se asoció a usar una tasa de descuento acorde a la utilizada en el país. No obstante, en el futuro, la tasa puede ser actualizada para representar mejor el contexto nacional o se podría optar por usar otro método para el cálculo del precio social del carbono.

Sumado a esto, recomendamos que las futuras actualizaciones se realicen con los modelos más actualizados disponibles, ya que entregan una mejor representación del estado del arte en materia de cambio climático, lo que permitirá realizar una mejor estimación del precio social del carbono.

Bibliografía

- Ahrens, J., & Ruf, P. (2016). *What the global cap-and-trade community can learn from the EU ETS* (IETA Greenhouse Gas Market, pp. 28–31). IETA.
- Alatorre, J. E., Caballero, K., Ferrer, J., & Galindo, L. M. (2019). *El costo social del carbono: Una visión agregada desde América Latina*. CEPAL. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/44423-costo-social-carbono- vision-agregada-america-latina>.
- Anthoff, D., & Tol, R. S. J. (2013a). The uncertainty about the social cost of carbon: A decomposition analysis using fund. *Climatic Change*, 117(3), 515–530. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0706-7>.
- Anthoff, D., & Tol, R. S. J. (2013b). Erratum to: The uncertainty about the social cost of carbon: A decomposition analysis using fund. *Climatic Change*, 121(2), 413–413. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0959-1>.
- Banco Mundial. (2017). *Shadow price of carbon in economic analysis—Guidance note*.
- BEIS. (2021). *Valuation of greenhouse gas emissions: For policy appraisal and evaluation*. GOV.UK. <https://www.gov.uk/government/publications/valuing-greenhouse-gas-emissions-in-policy-appraisal/valuation-of-greenhouse-gas-emissions-for-policy-appraisal-and-evaluation>.
- Cartes Mena, F. (2021). *Metodología para la estimación del precio social del carbono en Chile y los países de América Latina y el Caribe*. CEPAL. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/46957-metodologia-la-estimacion-precio-social-carbono-chile-paises-america-latina>.
- CDP, & CPLC. (2018). *Carbon Pricing Corridors: The Market View 2018*. CPLC.
- Cropper, M. L., Freeman, M. C., Groom, B., & Pizer, W. A. (2014). Declining Discount Rates. *American Economic Review*, 104(5), 538–543. <https://doi.org/10.1257/aer.104.5.538>.
- DECC. (2009). *Carbon Valuation in UK Policy Appraisal*. Gobierno de Reino Unido. <https://www.gov.uk/government/publications/carbon-valuation-in-uk-policy-appraisal-a-revised-approach>.
- Enkvist, P.-A., Dinkel, J., & Lin, C. (2010). *Impact of the financial crisis on carbon economics: Version 2.1 of the global greenhouse gas abatement cost curve*. McKinsey.
- Enkvist, P.-A., Nauclér, T., & Rosander, J. (2007). *A Cost curve for greenhouse gas reduction* (Nº 1; The McKinsey Quarterly). McKinsey.
- European Commission. (2015). Annex: Climate Action progress report, including the report on the functioning of the European carbon market and the report on the review of Directive 2009/31/EC on the geological storage of carbon dioxide. *En Report on the functioning of the European carbon market*.

- European Commission. (2012). *The state of the European carbon market in 2012* (Report from the Commission to the European Parliament and the Council COM (2012) 652 Final). European Commission.
- Fischelick, M., Schaeffer, R., Adedoyin, A., Akai, M., Bruckner, T., Clarke, L., Krey, V., Savolainen, I., Teske, S., Ürge-Vorsatz, D., Wright, R., Luderer, G., Baker, E., & Riahi, K. (2011). Mitigation Potential and Costs. En O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlomer, & C. von Stechow (Eds.), *Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation* (pp. 791–864). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139151153.014>.
- Foley, D., K. (2009). The Economic Fundamentals of Global Warming. En J. M. Harris & N. R. Goodwin (Eds.), *Twenty-First Century Macroeconomics: Responding to the Climate Challenge*. Edward Elgar Publishing.
- Freeman, M., & Groom, B. (2016). How certain are we about the certainty-equivalent long term social discount rate? *Journal of Environmental Economics and Management*, 79, 152–168.
- Gobierno del Perú. (2018). *Anexo N°11: Parámetros de evaluación social*. Gobierno del Perú. https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/anexos/anexo11_directiva001_2019EF6301.pdf.
- Groom, B., Hepburn, C., & Koundouri, P. (2006). Implications of Declining Discount Rates for UK Climate Change Policy. En D. Pearce, *Environmental Valuation in Developed Countries* (p. 1837). Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781847201768.00012>.
- Hardin, G. (1968). The Tragedy of the Commons. *Science*, 162(3859), 1243–1248.
- High-Level Commission on Carbon Prices. (2017). *Report of the High-Level Commission on Carbon Prices*. Carbon Pricing Leadership Coalition. https://static1.squarespace.com/static/54ff9c5ce4bo53deccfb4c/t/59b7f2409f8dce5316811916/150522732748/CarbonPricing_FullReport.pdf.
- Hope, C. (2013). Critical issues for the calculation of the social cost of CO₂: Why the estimates from PAGE09 are higher than those from PAGE2002. *Climatic Change*, 117(3), 531–543.
- Ibarrarán, M. E. (2010). *Externalidades, Bienes Públicos y Medio Ambiente*. Departamento de Economía, Universidad de las Américas.
- Interagency Working Group. (2021). *Technical Support Document: Social Cost of Carbon, Methane, and Nitrous Oxide. Interim Estimates under Executive Order 13990*.
- International Energy Agency. (2020). *Sustainable Recovery: World Energy Outlook Special Report*. OECD. <https://doi.org/10.1787/3f36f587-en>.
- Kikstra, J. S., Waidelich, P., Rising, J., Yumashev, D., Hope, C., & Brierley, C. M. (2021). The social cost of carbon dioxide under climate-economy feedbacks and temperature variability. *Environmental Research Letters*, 16(9), 094037. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac1dob>.
- Leach, N. J., Jenkins, S., Nicholls, Z., Smith, C. J., Lynch, J., Cain, M., Walsh, T., Wu, B., Tsutsui, J., & Allen, M. R. (2021). FalRv2.0.0: A generalized impulse response model for climate uncertainty and future scenario exploration. *Geoscientific Model Development*, 14(5), 3007–3036. <https://doi.org/10.5194/gmd-14-3007-2021>.
- Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo. (2012). *Ley 1-12: Estrategia Nacional de Desarrollo 2030*. República Dominicana.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2018). *Tercera Comunicación Nacional de República Dominicana para la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Presidencia de la República Dominicana.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Consejo Nacional para el Cambio Climático y Mecanismo de Desarrollo Limpio, & Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2020). *Primer Informe Bienal de Actualización de la República Dominicana ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Gobierno de República Dominicana. <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Dominican%20Republic-%20BUR1.pdf>.
- Mordán, I. (2020a). *Identificación de opciones de mitigación con enfoque sectorial de las actividades relacionadas con la Eficiencia Energética a partir del Plan de Acción de la CND de República Dominicana* (Vías de descarbonización para la República Dominicana: evaluación e implementación del sector eléctrico y de transporte actual para la Contribución Nacional Determinada (NDC)) [Informe Final]. Banco Mundial.

- Mordán, I. (2020b). *Identificación de opciones de mitigación con enfoque sectorial de las actividades relacionadas con la Generación Eléctrica a partir del Plan de Acción de la CND de República Dominicana* (Informe Final; Vías de descarbonización para la República Dominicana: evaluación e implementación del sector eléctrico y de transporte actual para la Contribución Nacional Determinada (NDC)). Banco Mundial.
- National Academies of Sciences, E. (2017). *Valuing Climate Damages: Updating Estimation of the Social Cost of Carbon Dioxide*. <https://doi.org/10.17226/24651>.
- Newell, R., & Pizer, W. (2003). Discounting the distant future: How much do uncertain rates increase valuations? *Journal of Environmental Economics and Management*, 46, 52–71.
- Nicholls, Z. R. J., Meinshausen, M., Lewis, J., Gieseke, R., Dommenges, D., Dorheim, K., Fan, C.-S., Fuglestedt, J. S., Gasser, T., Golüke, U., Goodwin, P., Hartin, C., Hope, A. P., Kriegler, E., Leach, N. J., Marchegiani, D., McBride, L. A., Quilcaille, Y., Rogelj, J., ... Xie, Z. (2020). Reduced Complexity Model Intercomparison Project Phase 1: Introduction and evaluation of global-mean temperature response. *Geoscientific Model Development*, 13(11), 5175–5190. <https://doi.org/10.5194/gmd-13-5175-2020>.
- Nordhaus, W. (2018). Projections and Uncertainties about Climate Change in an Era of Minimal Climate Policies. *American Economic Journal: Economic Policy*, 10(3), 333–360. <https://doi.org/10.1257/pol.20170046>.
- Nordhaus, W. (2010). *Economic aspects of global warming in a post-Copenhagen environment*. 107(26), 11721–11726.
- Nordhaus, W. (2017). *Evolution of Assessments of the Economics of Global Warming: Changes in the DICE model, 1992 – 2017* (Nº w23319; p. w23319). National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w23319>.
- Nordhaus, W. & Sztorc, P. (2013). DICE 2013R: Introduction and User's Manual. http://www.econ.yale.edu/~nordhaus/homepage/homepage/documents/DICE_Manual_100413r1.pdf.
- OCDE/IEA, & IRENA. (2017). Chapter 2: Energy Sector Investment to Meet Climate Goals. En *Perspectives for the Energy Transition: Investment Needs for a Low-Carbon Energy System*.
- Ovalles, P. (2020). *Desarrollo de la Estrategia a Largo Plazo del sector AFOLU para la descarbonización economía Total* (Informe Final; Vías para la descarbonización de la República Dominicana: Evaluación e implementación del Plan de Alianza NDC Actual). Banco Mundial.
- Paavola, J. (2012). Climate Change: The Ultimate Tragedy of the Commons? En D. H. Cole & E. Ostrom (Eds.), *Property in Land and Other Resources* (pp. 417–433). Lincoln Institute of Land Policy. https://www.lincolnst.edu/sites/default/files/pubfiles/climate-change_o.pdf.
- Parry, I., Black, S., & Roaf, J. (2021). *Proposal for an International Carbon Price Floor Among Large Emitters* (IMF Staff Climate Notes Nº 2021/001). International Monetary Fund. <https://www.imf.org/en/Publications/staff-climate-notes/Issues/2021/06/15/Proposal-for-an-International-Carbon-Price-Floor-Among-Large-Emitters-460468>.
- Pindyck, R. S. (2013). *Climate Change Policy: What Do the Models Tell Us?* 51(3), 860–872.
- Presidencia de la República Dominicana. (2020). *Contribución Nacionalmente Determinada 2020 NDC-RD 2020*. Gobierno de República Dominicana.
- Presidencia de la República Dominicana. (2011). *Hacia un crecimiento sostenible—El Plan de República Dominicana para el Desarrollo Económico Compatible con el Cambio Climático*. Gobierno Dominicano.
- Price, R., Thornton, S., & Nelson, S. (2007). *THE SOCIAL COST OF CARBON*. 24.
- Rogelj, J., Shindell, D., Jiang, K., Fifita, S., Forster, P., Ginzburg, V., Handa, C., Kobayashi, S., Kriegler, E., Mundaca, L., Séférian, R., Vilariño, M. V., Calvin, K., Emmerling, J., Fuss, S., Gillett, N., He, C., Hertwich, E., Höglund-Isaksson, L., ... Schaeffer, R. (2018). Mitigation Pathways Compatible with 1.5°C in the Context of Sustainable Development. En *IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development and efforts to eradicate poverty* (p. 82). In Press.
- Stern, N., Stiglitz, J. E., & Taylor, C. (2022). *The Economics of immense risk, urgent action and radical change: Towards new approaches to the economics of climate change* (Nº w28472). National Bureau of Economic Research.

- Tol, R. S. J. (2019). A social cost of carbon for (almost) every country. *Energy Economics*, 83, 555–566. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.07.006>.
- Tol, R. S. J. (2011). The Social Cost of Carbon. *Annual Review of Resource Economics*, 3(1), 419–443. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-083110-120028>.
- Waldhoff, S., Anthoff, D., Rose, S., & Tol, R. S. J. (2014). The Marginal Damage Costs of Different Greenhouse Gasses: An Application of FUND. *Economics*, 8(1), 2014,0031. <https://doi.org/10.5018/economics-ejournal.ja.2014-31>.
- Yumashev, D. (2020). PAGE-ICE Integrated Assessment Model. *Oeconomia Editions*. [https://www.research.lancs.ac.uk/portal/en/publications/pageice-integrated-assessment-model\(2997e88d-f379-4891-8db7-deoddbec239\).html](https://www.research.lancs.ac.uk/portal/en/publications/pageice-integrated-assessment-model(2997e88d-f379-4891-8db7-deoddbec239).html).
- Yumashev, D., Hope, C., Schaefer, K., Riemann-Campe, K., Iglesias-Suarez, F., Jafarov, E., Burke, E. J., Young, P. J., Elshorbany, Y., & Whiteman, G. (2019). Climate policy implications of nonlinear decline of Arctic land permafrost and other cryosphere elements. *Nature Communications*, 10(1), 1900. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09863-x>.

Este documento, que forma parte de un conjunto de estudios nacionales realizados por la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) en apoyo a los sistemas nacionales de inversión pública de América Latina y el Caribe, presenta la estimación del precio social del carbono para la República Dominicana. En el documento se incluyen un breve análisis sobre la conveniencia de usar el precio social del carbono como parte de la evaluación de los proyectos de inversión y opciones metodológicas para definir ese precio. Se dan a conocer distintas experiencias internacionales sobre su uso y algunos valores sugeridos de precios sociales del carbono estimados por organismos internacionales. Tomando en cuenta las características de cada metodología, sus ventajas y desventajas, sus necesidades de información y la disponibilidad en el país, se seleccionó como mejor alternativa el costo social del carbono para la República Dominicana. Del estudio surgen recomendaciones para utilizar un precio social del carbono de 26 dólares de 2021 por tonelada de carbono. Además, se realiza una estimación preliminar de los valores proyectados para 2025 y 2030, sobre la base del modelo dinámico integrado de cambio climático y economía (Dynamic Integrated Climate-Economy -DICE) y el análisis de políticas del efecto invernadero (Policy Analysis of Greenhouse Effect -PAGE), usando la tasa de descuento social decreciente.

