



Andrés Pica
Francisca Cid
Jimmy Ferrer
Francisco Tula
Johanna Salas
Marianella Mora
Sandra Ávila

Estimación del precio social del carbono para la evaluación de la inversión pública en **Costa Rica**

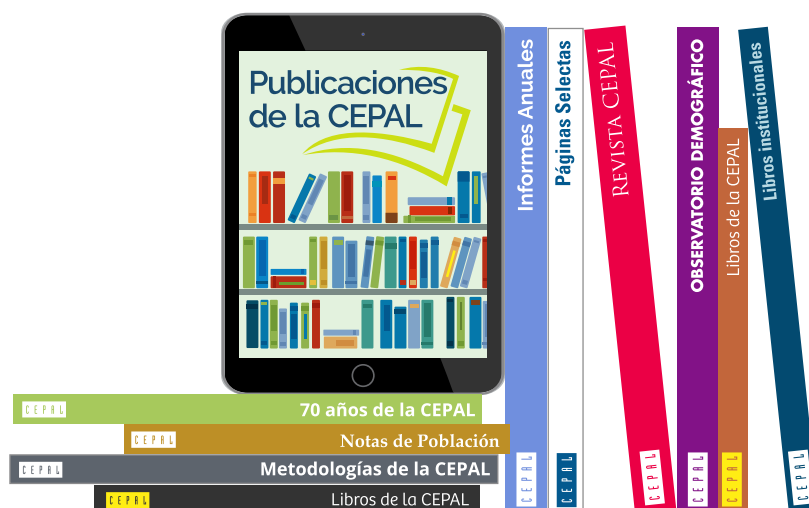


MINISTERIO DE
PLANIFICACIÓN NACIONAL
Y POLÍTICA ECONÓMICA

GOBIERNO
DE COSTA RICA



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



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 Costa Rica

Andrés Pica
Francisca Cid
Jimmy Ferrer
Francisco Tula
Johanna Salas
Marianella Mora
Sandra Ávila



MINISTERIO DE
PLANIFICACIÓN NACIONAL
Y POLÍTICA ECONÓMICA

GOBIERNO
DE COSTA RICA



Cofinanciado por:



Este documento fue preparado por Jimmy 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 misma División, Francisco Tula, Gerente del Área de Inversiones del Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica de Costa Rica, Johanna Salas, Jefa de la Unidad de Inversiones Públicas, y Marianella Mora y Sandra Ávila, Analistas de Inversiones, todas del mismo Ministerio, en el marco de las actividades del Programa EUROCLIMA, que implementa la CEPAL con financiamiento de la Unión Europea.

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

Las 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.2024/21
Distribución: L
Copyright © Naciones Unidas, 2024
Todos los derechos reservados
Impreso en Naciones Unidas, Santiago
S.2400005[S]

Esta publicación debe citarse como: A. Pica y otros, "Estimación del precio social del carbono para la evaluación de la inversión pública en Costa Rica", *Documentos de Proyectos* (LC/TS.2024/21), 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	18
C. Definición política basada en evidencia	22
1. Experiencias de otros países	22
2. Según estudios y literatura	23
3. Según organismos multilaterales.....	24
4. Según mercados de carbono	25
D. Benchmark para un precio social del carbono.....	25
E. Síntesis de ventajas y desventajas de cada método	27
F. Requerimientos de información por alternativas	27
1. Costo social del carbono	27
2. Costo de mitigación para alcanzar un objetivo de política pública.....	28
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
1. Estudio de apoyo a la actualización de la NDC	33
2. Estudio de costos y beneficios del PND.....	34
3. NDC 2015	35

D.	Medidas de mitigación	35
E.	Tasa social de descuento	36
IV.	Evaluación de alternativas para el cálculo del PSC nacional.....	37
A.	Evaluación de antecedentes para el método de “costo de mitigación para alcanzar un objetivo de política pública”	38
V.	Cálculo del precio social del carbono para Costa Rica	41
A.	Metodología de cálculo	41
1.	Explicación del proceso de análisis jerárquico	41
2.	Construcción del marco de toma de decisiones	42
3.	Definiciones de criterios y subcriterios.....	42
4.	Alternativas de fuentes de precios sociales del carbono a evaluar	45
5.	Descripción del instrumento aplicado	47
6.	Implementación del instrumento para la evaluación de alternativas del PSC para Costa Rica	48
B.	Resultados de la aplicación del método	48
1.	Resultado de los pesos relativos de los criterios	48
2.	Evaluación y resultado del ranking de fuentes de información de PSC	50
C.	Precio social del carbono para Costa Rica	53
D.	Recomendaciones y pasos a seguir.....	53
VI.	Conclusiones	55
	Bibliografía.....	57
	Anexo	61
	Cuadros	
Cuadro 1	Características principales de las alternativas metodológicas para la estimación del costo social del carbono	17
Cuadro 2	Costo social del CO ₂ en Estados Unidos, 2020-2050	23
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.....	24
Cuadro 5	Resumen de modelo de efectos aleatorios para estimar precio social del carbono	26
Cuadro 6	Comparación de métodos de estimación del PSC	27
Cuadro 7	Emisiones de GEI para Costa Rica según sector y años seleccionados	33
Cuadro 8	Reducción de emisiones de GEI para Costa Rica al 2050 con respecto al 2015 según sector.....	35
Cuadro 9	Reducción de emisiones de GEI para Costa Rica al 2050 con respecto al escenario BAU.....	36
Cuadro 10	Evaluación de objetivos de mitigación para definir un presupuesto de carbono para Costa Rica	38
Cuadro 11	Evaluación de antecedentes de mitigación para definir un presupuesto de carbono para Costa Rica	40
Cuadro 12	Puntaje asignado para el subcriterio “cálculo realizado recientemente”	43
Cuadro 13	Puntaje asignado para el subcriterio “trabajo cuenta con Peer Review”	43
Cuadro 14	Puntaje asignado para el subcriterio “experiencia previa en estimaciones de PSC”	43
Cuadro 15	Puntaje asignado para el subcriterio “pertinencia económica del cálculo”	44
Cuadro 16	Ejemplos de puntaje asignado para este subcriterio	44

Cuadro 17	Puntaje asignado para el subcriterio “pertinencia territorial del cálculo”	44
Cuadro 18	Fuentes de información del PSC evaluadas	45
Cuadro 19	Características de cada fuente de información	46
Cuadro 20	Asignación de valores según nivel de importancia relativa de los criterios y subcriterios	47
Cuadro 21	Ejemplo de matriz de preferencia de criterios y subcriterios	48
Cuadro 22	Promedios de pesos relativos del instrumento aplicado	49
Cuadro A1	Antecedentes relevantes de cada fuente de información utilizada en el análisis multicriterio	63

Gráficos

Gráfico 1	Determinación del precio social del carbono	12
Gráfico 2	Ejemplo esquemático de determinación del costo social del carbono	15
Gráfico 3	Determinación del precio social del carbono a partir de un objetivo de mitigación	19
Gráfico 4	Ejemplo de curva de costos marginales de abatimiento al 2050	20
Gráfico 5	Rango de PSC esperado para un país en función de su PIB per cápita	26
Gráfico 6	Proyección de emisiones de CO ₂ eq para Costa Rica bajo un escenario BAU y otro alineado con el cumplimiento del PND	34
Gráfico 7	Proyección de emisiones de CO ₂ eq para Costa Rica del 2018 al 2020 bajo escenarios BAU y PND	34
Gráfico 8	Proyección de emisiones de CO ₂ eq para Costa Rica para el período 2012-2050	35
Gráfico 9	Pesos relativos de cada subcriterio	49
Gráfico 10	Distribución de pesos relativos (%) asignado a cada subcriterio	50
Gráfico 11	Ranking de evaluaciones de desempeño (0-100 puntos) de las fuentes de información de PSC	51
Gráfico 12	Distribución de evaluaciones de expertos para cada fuente de información PSC	52

Recuadro

Recuadro 1	Preguntas de priorización relativa	47
------------	--	----

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
Diagrama 3	Diagrama del marco de toma de decisiones para la evaluación multicriterio del PSC para Costa Rica	42

Resumen

Este documento presenta la estimación del precio social del carbono para Costa Rica. Para llegar a obtener los resultados, se presenta en el documento un breve análisis sobre la justificación para usar el precio social del carbono como parte de los procesos de evaluación de los proyectos de inversión pública. Se revisan de manera detallada los distintos métodos disponibles para definir un precio social del carbono a nivel nacional. Se muestran las experiencias a nivel internacional sobre el uso de precios sociales del carbono, se presentan algunos resultados de valores de precios sociales del carbono estimados por organismos internacionales. En el documento se detallan los requerimientos de información para cada metodología, sus ventajas y desventajas, y se contrasta con la disponibilidad de información en Costa Rica. Con base en ellos se concluyó que la mejor alternativa en este momento es la definición política basada en evidencia. Esta metodología hace uso de los antecedentes disponibles en la literatura internacional, las experiencias nacionales de cálculo del precio social del carbono y las recomendaciones de organismos internacionales. Para la estimación se implementó un Análisis Multicriterio (AMC), que permite priorizar las alternativas disponibles (antecedentes bibliográficos) para determinar el que mejor se ajusta a la realidad nacional. El análisis consiste en calcular la importancia relativa entre criterios y subcriterios, que fueron definidos a partir de la búsqueda de elementos de comparación cualitativos y cuantitativos. El trabajo también presenta un *benchmark*, basado en un análisis econométrico de las preferencias reveladas de los países que han implementado un precio social del carbono a nivel nacional, que busca obtener un valor de referencia para lo que debiera ser un precio social del carbono a nivel nacional según PIB per cápita. Los resultados de este estudio recomiendan utilizar un precio social del carbono de 40 USD₂₀₂₁/tCO₂ para Costa Rica, mostrando consistencia con las estimaciones y valores sugeridos en la literatura internacional. 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 representa uno de los principales desafíos a nivel global. La comunidad internacional se comprometió, a través del Acuerdo de París, a trabajar por mantener el aumento de la temperatura global por debajo de los 2°C, y a hacer un esfuerzo mayor para que este aumento no supere los 1,5°C. El último reporte del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) llamó nuevamente la atención respecto a la urgencia de acelerar la acción para intentar alcanzar los objetivos del Acuerdo (IPCC, 2022). Por medio de las metas de reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) presentadas en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDCs, por sus siglas en inglés), los países firmantes han ratificado el compromiso de trabajar por evitar un aumento de temperatura que ponga en riesgo la supervivencia humana, así como de ecosistemas y especies.

Costa Rica firmó el acuerdo de París el 2015, presentando su primera Contribución Nacionalmente Determinada (NDC) ese mismo año, para luego ratificar el acuerdo en 2016. El año 2020 Costa Rica actualizó la NDC aumentando la ambición climática, presentando una trayectoria de emisiones alineada a la meta global de limitar el aumento de temperatura media mundial a 1,5°C. Las acciones presentadas en la NDC buscan no solo reducir emisiones sino también aumentar la capacidad de adaptación del país, aumentar la resiliencia al cambio climático y disminuir la vulnerabilidad. En 2019 Costa Rica presentó la Estrategia de Largo Plazo (ELP) del país, conocida como el Plan Nacional de Descarbonización (PND) 2018- 2050 a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

En su NDC actualizada del 2020 Costa Rica se compromete a emitir un máximo neto de 9,1 MtCO₂e en el año 2030, mientras que en su ELP se compromete a emisiones netas cero para el 2050. Además, fija un presupuesto de carbono para el periodo 2021-2030 de 106,5 MtCO₂e. Estas metas se fijan para todas las emisiones y todos los sectores cubiertos por el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero correspondiente (Energía, Procesos Industriales y Uso de Productos, Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra y Residuos), y no se encuentran condicionadas a financiamiento internacional. Los gases cubiertos son: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos volátiles diferentes del metano (NMVOC) y dióxido de azufre (SO₂). Adicionalmente se incluyó carbono negro.

Existe un conjunto de instrumentos que un país 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. Mientras el impuesto al carbono puede tener fines recaudatorios y/o ambientales, el precio social del carbono 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.

La CEPAL, en el marco del Programa EUROCLIMA, ha estado implementando 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 Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN) de Costa Rica para la estimación del precio social del carbono (PSC) con el fin de implementarlo en la evaluación de los proyectos de inversión pública. Como parte de ello, se han realizado estudios regionales y espacios de diálogos técnicos. Este documento tiene como objetivo presentar los resultados de la estimación del precio social del carbono para Costa Rica, trabajo técnico realizando en coordinación con el Área de Inversiones Públicas 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 de la teoría económica y las motivaciones que llevan al uso del precio social del carbono. La segunda sección presenta una descripción de los distintos métodos 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 Costa Rica. 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 la metodología utilizada, así como los resultados obtenidos para Costa Rica y algunas recomendaciones y pasos a seguir 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 Costa Rica.

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

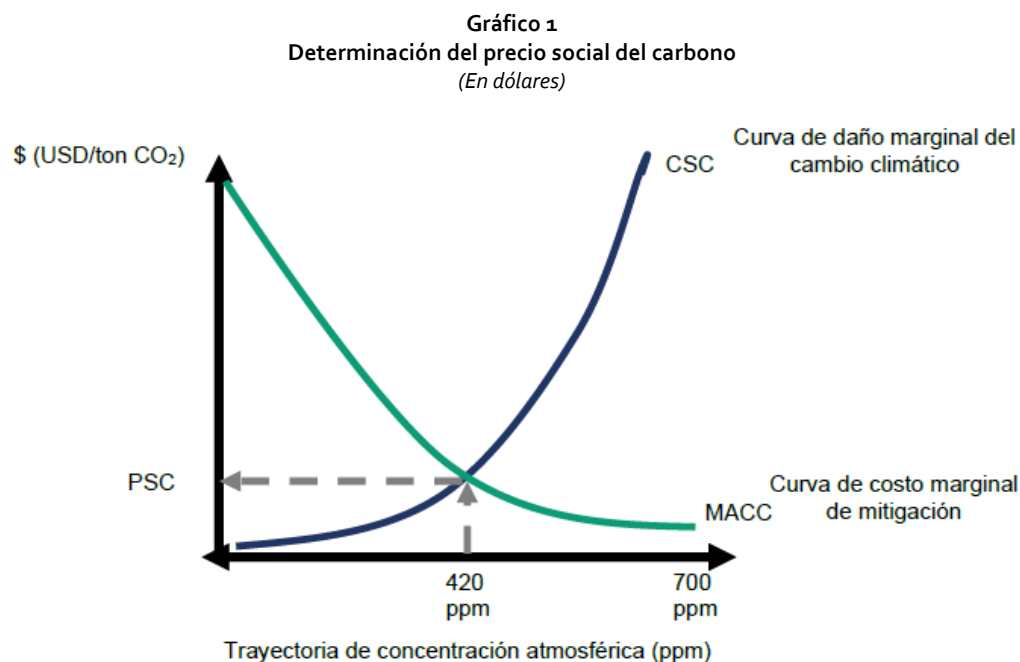
Las emisiones de gases de efecto invernadero producto de las actividades productivas antropogénicas son una externalidad negativa, que afecta al sistema climático global. Las emisiones, al mismo tiempo están estrechamente relacionadas al actual estilo de desarrollo. Estas externalidades implican ineficiencias económicas, puesto que los verdaderos costos de las acciones no son internalizados por quienes generan las emisiones.

La razón por la que las emisiones de GEI no se reducen a la escala necesaria, aun considerando la abundante evidencia científica, puede entenderse desde la simple explicación de la estrategia 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 decide no invertir en acciones de mitigación ni disminuir su producción. Todos los emisores tienden a elegir el mismo camino, por lo que las reducciones de emisiones de GEI no ocurren. Es por esto que el cambio climático global a causa de las emisiones de 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 es 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 responsables de las emisiones. 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).

En el gráfico 1 se representan las curvas de costos marginales asociadas a distintos niveles de concentración de CO₂ (las que coinciden 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 las 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 una mirada desde el punto de vista metodológico sobre el precio social del carbono. Se incluye por lo tanto una descripción de las alternativas de métodos utilizados para el cálculo de este a nivel nacional, junto con las consideraciones a tener en cuenta asociadas a 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 con base en antecedentes desarrollados por terceros, ya sea de revisar bibliografía (como las recomendaciones del IPCC), experiencias internacionales (como el CSC adoptado por otro país) y/o el precio de un mercado de permisos de emisión (como el caso del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)).

De acuerdo con la literatura económica, el método técnicamente más preciso es el cálculo del costo social del carbono 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, nos permitirá 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 costo social del carbono 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 costo social del carbono. 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.

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 los 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 método 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.

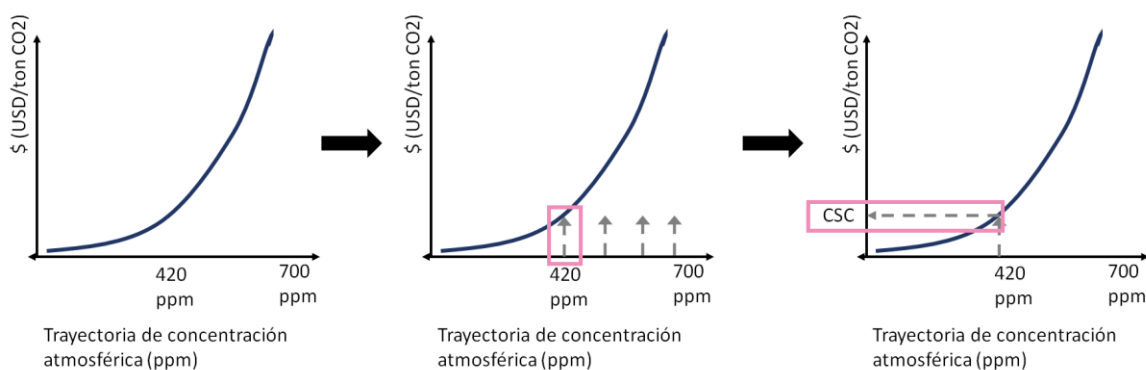
En sus inicios, el cálculo monetario se basó en distintos métodos (Tol, 2011). Por un lado, algunos estudios emplean enfoques *enumerativos*, donde los efectos físicos del cambio climático se obtienen de forma individual desde publicaciones científicas. Los efectos físicos, por lo general, se consiguen 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 (por ejemplo, en la 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 de un objetivo de mitigación en particular, sino que calcula, para cada año el costo social del carbono, considerando el nivel de emisiones acumulados globalmente hasta ese momento, con base en el valor presente de las externalidades futuras que generaría esa tonelada de GEI de ser emitida. Para obtener el costo social del carbono 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.

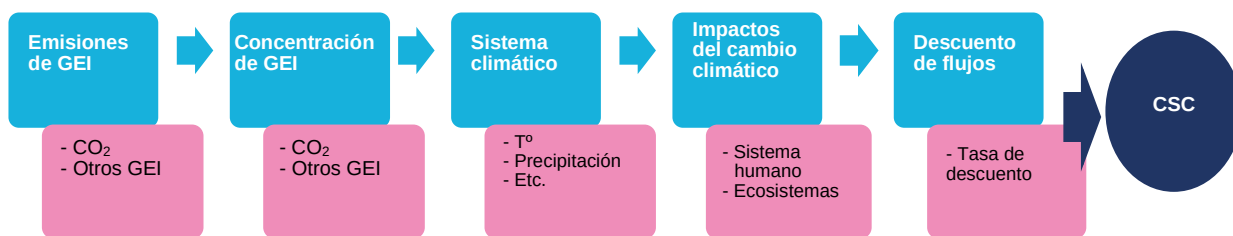
Gráfico 2
Ejemplo esquemático de determinación del costo social del carbono
(En dólares)



Fuente: Elaboración propia.

En términos generales, la modelación de la curva de daño marginal asociado al cambio climático y el cálculo del costo social del carbono 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 de 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 indicaba 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 costo social del carbono 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 es debido 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 costo social del carbono 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 costo social del carbono. El cuadro 1 describe las principales alternativas disponibles y sus características. Cabe destacar que estas alternativas permiten obtener valores de costo social del carbono 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 de 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 costo social del carbono, más allá de las posibles modificaciones a estos dependiendo de las necesidades de cada tomador de decisión.

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 costo social del carbono 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 tº 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 es un modelo simplificado del clima (*Simplified-earth system model*), por lo que no permite directamente el cálculo final del costo social del carbono 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.

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

³ Institución de investigación sin fines de lucro.

Cuadro 1
Características principales de las alternativas metodológicas para la estimación del costo social del carbono

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 et al., 2019)	8 regiones: Unión Europea, Rusia, China, EEUU., India, África, Latinoamérica, otros OECD.	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, gases lineales, sulfatos, otros GEI.	Mercado, no-mercado ^a , 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 disponible el modelo: https://doi.org/10.5281/zenodo.5256554 .
PAGE 2020							
DICE (Nordhaus, 2017, 2018)	Global.		Componente de daño único, que depende especialmente del aumento de la t° global.	2015-2100	Implícitamente representada en sus parámetros.	Representación del clima según el Quinto Informe del IPCC (RCP y SSP).	https://doi.org/10.3386/w23319 https://doi.org/10.1257/pol.20170046 .
DICE 2016 R2							
FUND (Waldhoff et al., 2014)	16 regiones: EE.UU., Canadá, Europa occidental, ex- Unión Soviética, Medio Oriente, América Central, Sudamérica, Asia del sur, Sudeste asiático, China, Norte de África, África Sub-Sahariana, y Pequeños Estados Insulares.	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, SF ₆ y aerosoles.	Agricultura, silvicultura, aumento en el nivel del mar, desórdenes cardiovasculares y respiratorios por estrés de t°, malaria, dengue, consumo energético, recursos hídricos, sistemas no manejados (e.g. ecosistemas), diarrea y tormentas tropicales y extratropicales.	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 correr el modelo es: https://github.com/fund-model/MimiFUND.jl .
FUND 3.9							

Fuente: Elaboración propia.

^aSe refiere a todos aquellos impactos que no se traducen inmediatamente a ganancias/pérdidas monetarias, como efectos sobre la salud humana y los ecosistemas.

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.

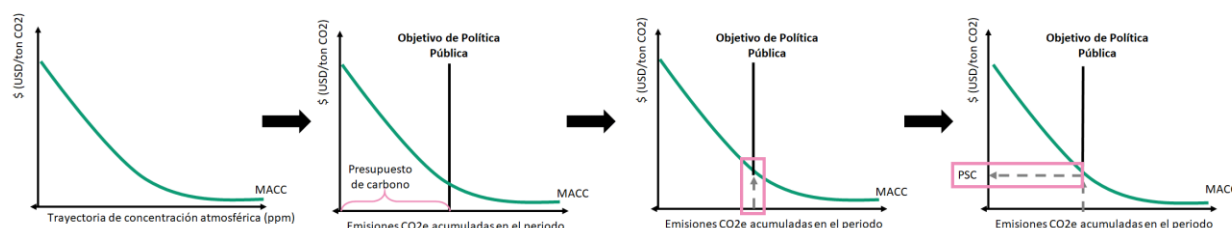
Otros elementos sujetos a crítica se refieren a que no han sido capaces de integrar los nuevos hallazgos científicos en relación con los daños, costos y probabilidades de impacto que se han desarrollado en los últimos años. Sumado a esto, muchas de las trayectorias ignoran la retroalimentación entre 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 con base al uso del cálculo del costo de mitigación asociado a un objetivo de política pública. Esto con base en las curvas de costos marginales de abatimiento (MACC, por sus siglas en inglés) y un presupuesto de carbono asociado al objetivo de política pública, cuya aproximación también es conocida como *target-consistent approach* (aproximación con base en un objetivo de política pública, según su traducción al español). Este simplifica los requerimientos de información en comparación al desarrollo de modelos IAM, 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, tienen la virtud de generar una señal de precio consistente con los objetivos nacionales de mitigación (por ejemplo, la 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 (por ejemplo, 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 (por ejemplo, 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 precio social del carbono óptimo socialmente, pero refleja el precio social del carbono 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 precio social del carbono a partir de un objetivo de política pública, y su respectivo presupuesto de carbono.

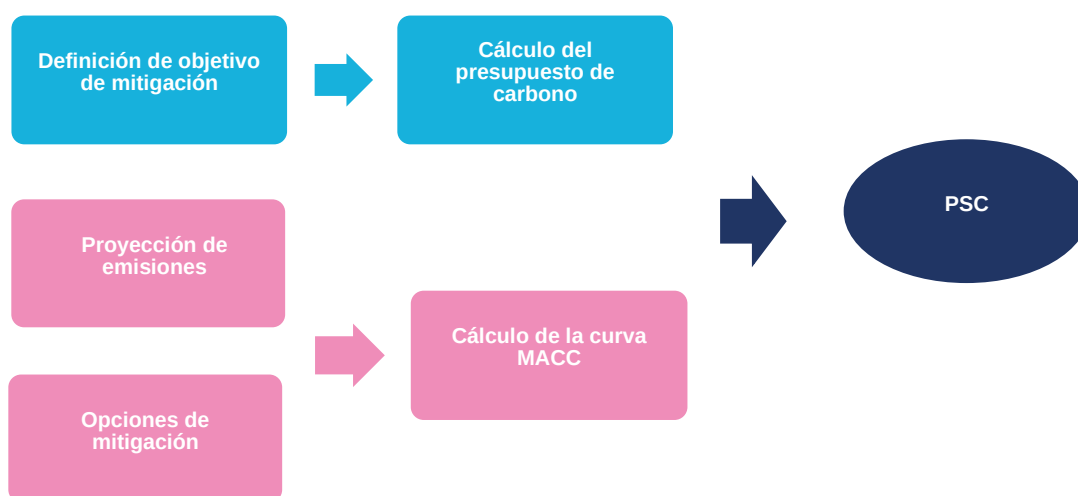
Gráfico 3
Determinación del precio social del carbono a partir de un objetivo de mitigación



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.

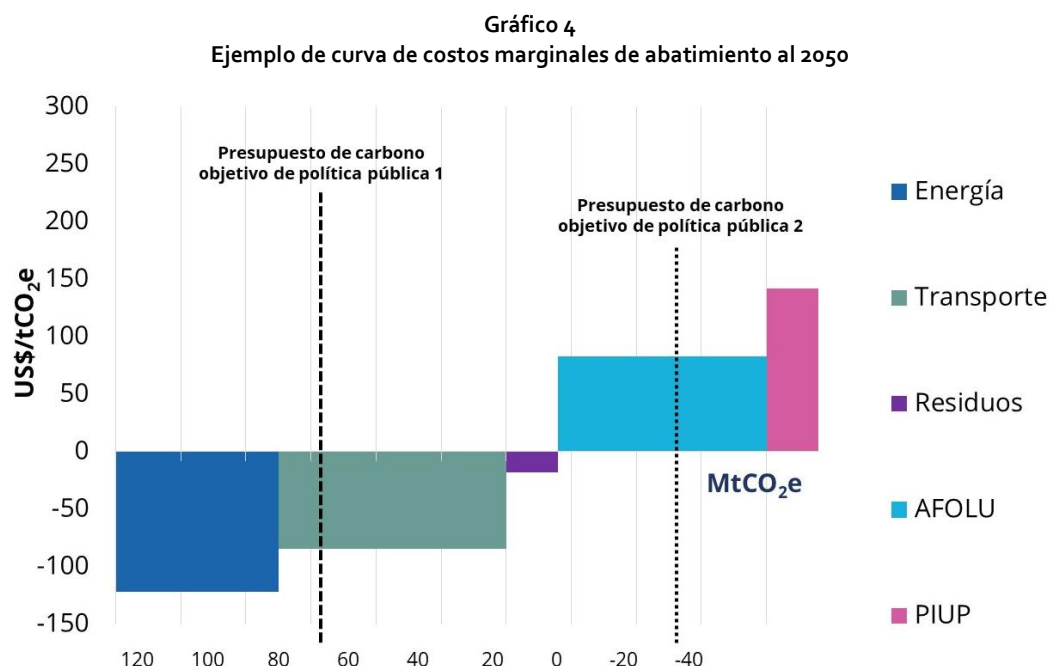
Diagrama 2
Proceso para determinar el PSC a partir del precio sombra del costo de mitigación para alcanzar un objetivo de política pública



Fuente: Elaboración propia.

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 por sus siglas en inglés). 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 gráficos 3 y 4) se obtiene el PSC necesario para cumplir con el objetivo de política pública. Es relevante mencionar los riesgos de esta aproximación en cuanto a obtener 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 dependiendo de 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.



Fuente: Elaboración propia.

Los mayores desafíos asociados a esta alternativa metodológica se encuentran en la realización de los estudios de mitigación, donde es necesario realizar una serie 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. Con 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:

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

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

⁴ Existen múltiples razones por la cual 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 (ej: 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 (ej: ausencia de estimación de los costos de transacción).

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 re-evaluación 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 precio social del carbono (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, McKinsey 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 (por ejemplo, a 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 IPCC, 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 (Fischelick et al., 2011). Debido a que el trabajo del IPCC 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

⁵ Ver: <https://iiasa.ac.at/scenario-ensembles-and-database-resources>.

⁶ Ver sitio web de Reino Unido: <https://data.gov.uk/dataset/ag1a4b2a-6948-4cod-a5b8-cogef2e604b2/global-marginal-abatement-cost-curves-by-country-sector-and-mitigation-option-2015-2050>.

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 (por ejemplo, costos de capital y de operación de cada medida de mitigación), no se presenta como un método tan sencillo de aplicar.

C. Definición política basada en evidencia

Existiendo ya 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 con base en la evidencia. Esto se puede hacer por medio de la selección del mismo PSC de otros países, un valor con base en 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 costo social del carbono o definiciones de precio social del carbono por parte de otros países, dado que estos resultados son de alcance global, cualquier país puede utilizarlos como referencia, por ejemplo, Canadá para la definición de su PSC utilizó el valor calculado por el (Interagency Working Group, 2016) para Estados Unidos. En segundo lugar, es posible adoptar un precio social del carbono, con base en recomendaciones de Organismos Multilaterales sobre la adopción de precios al carbono (ya sea para PSC o para impuestos al carbono), aquí destaca el trabajo realizado por CEPAL (Alatorre et al., 2019), que por medio de un metaanálisis obtiene un valor potencial de 25,83 USD/ton CO₂e, pero también hay otros referentes como el FMI (Parry et al., 2021), que recomienda tres niveles de impuesto al carbono 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 costo social del carbono son a partir del resultado de la aplicación de los modelos antes mencionados (por ejemplo, PAGE, DICE), u optando por los valores estimados, por ejemplo, en Estados Unidos. Como ya se describió anteriormente, este país realizó una modelación 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 costo social del carbono globales a ser utilizados a nivel nacional (ver cuadro 2). Debido al esfuerzo detrás, así como a la confiabilidad de los datos, países como Canadá optaron por adoptar directamente estos valores ajustándolo solo a la 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 costo social del carbono 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/tonelada métrica de CO₂)

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 del costo social del carbono, algunos países han desarrollado aproximaciones de cálculo *target-based* con 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 un objetivo de política pública y ha servido como ejemplo para su implementación en otros países, tales como Chile. A diferencia del costo social del carbono los valores de precio social del carbono 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	Series bajas	Series centrales	Series 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 la literatura internacional para este cálculo, entre los que se encuentran los siguientes:

- IPCC: por ejemplo, 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 Gt CO₂ para el período 2015-2100). Respecto a este escenario, estimó valores diferentes para países parte de la OECD, economías emergentes (por ejemplo, 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 emergentesa	10	90	150	170
Otras regiones	5	30	60	80

Fuente: (OCDE/IEA & IRENA, 2017).

- 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 costo social del carbono para cada país basado en los niveles de actividad económica de cada país bajo los escenarios de Informe Especial del IPCC sobre Escenarios de Emisiones (SRES) y las Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP) en cuanto a población, ingresos y emisiones. Estos escenarios se trabajan de forma proporcional a nivel nacional, de acuerdo a 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 una fuerte componente regional, como es el caso de la CEPAL. Entre éstos 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 el 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 al costo social del carbono, con el fin de obtener un valor medio. El valor obtenido es de 25,83 USD₂₀₁₄; sin embargo, se considera un valor conservador debido a 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 el 2017 una guía de orientación a proyectos privados que buscan financiamiento en el Banco, para llevar a cabo análisis económicos usando el precio sombra del carbono. Recomendó 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

Los mercados de carbono se dividen en dos grandes tipos: 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 son mayores o menores que 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

Un desafío general para la acción climática nacional es aplicar el principio de responsabilidades comunes, pero diferenciadas, por lo que resulta relevante en materia de definición del PSC tener una referencia de cómo se compara la ambición nacional con la de otros países. Para ello se construyó un valor de referencia para lo que debiera ser un precio social del carbono a nivel nacional según PIB per cápita. Este trabajo se basó en un análisis econométrico de las preferencias reveladas de los países que han implementado un PSC a nivel nacional, ver Informe Metodología General para el cálculo del Precio Social del Carbono (SSG, 2022).

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 costo social del carbono o el costo de mitigación para alcanzar un objetivo de política pública, pero da cuenta del rango en el que debiera estar el precio social del carbono 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 precio social del carbono). 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 de modelo de efectos aleatorios para estimar el 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 precio social del carbono 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 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/ton CO₂e como valor central, y un rango de entre 1 y 2,5 USD 2021/ton CO₂e. El gráfico 5 muestra el rango de PSC para un país en función de su PIB (PPA) per cápita en USD 2017.

Para el caso del Costa Rica se tendría que dado su PIB (PPA) per cápita al 2020 era de 19.903 USD 2017 (The World Bank Group, 2022), un PSC del carbono mínimo debiera ser de 20 USD 2021/ton CO₂e, un valor esperable debiera ser de 36 USD 2021/ton CO₂e, y para ser considerado un país con alta ambición climática debiera tener un PSC superior a los 50 USD 2021/ton CO₂e.

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



Fuente: Elaboración propia.

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>).

E. Síntesis de ventajas y desventajas de cada método

Como se puede apreciar, existen diferentes opciones metodológicas para la definición de un precio social del carbono. 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	• 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^a, lo que permite alcanzar el óptimo social.	• Alta complejidad de los modelos. • Es demoroso y costoso si se opta por desarrollar un modelo propio.
Costo de mitigación para alcanzar un objetivo de política pública	• 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.	• 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	• 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.	• 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 precio social del carbono 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 precio social del carbono;
- 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 PSC permitirá identificar las iniciativas públicas susceptibles de recibir financiamiento climático, ya sean donaciones o financiamiento a tasas preferenciales (por ejemplo, bonos verdes, Fondo Verde del Clima, etc.).

F. Requerimientos de información por alternativas

La implementación de cada alternativa está sujeta a la disponibilidad de la información mínima necesaria para desarrollarla. A continuación, se detallan los requerimientos de cada una de ellas.

1. Costo social del carbono

No existen modelos a nivel nacional 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 costo social del carbono 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, o una combinación de éstos (DICE, FUND o PAGE);
- Seleccionar el escenario de emisiones a considerar (si aplica⁸) y;
- Definir una tasa social de descuento.

Para este método en particular es recomendable evaluar el daño global para la obtención del costo social del carbono, ya que no es posible aislar a las jurisdicciones de los impactos del cambio climático a partir de las emisiones nacionales.

2. Costo de mitigación para alcanzar un objetivo de política pública

Este método es el que más requiere de información en comparación a las otras dos alternativas (CSC y basado en evidencia), además estos antecedentes tienen que estar en un formato específico. Existen dos tipos de antecedentes principales que permiten la aplicación de este método, 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 (por ejemplo, una meta de emisiones para un año o periodo). La claridad del objetivo depende de:

- Es identificable el objetivo principal: esto se refiere a que la NDC especifique un valor exacto de emisiones, por ejemplo, de 100 millones de toneladas de CO₂e al 2030. Además, este tipo de objetivo es prioritario en comparación al objetivo de “carbono-neutralidad”;
- Alcance sectorial del objetivo de mitigación: es decir, que el objetivo abarque todos los sectores emisores o se enfoque solo en uno, por ejemplo, en energía;
- GEI a considerar en la meta: en este caso, la claridad está relacionada con especificar los gases que considera y, además que abarque todos los GEI del inventario (por ejemplo, emisiones de CO₂, CH₄, N₂O);
- Presupuesto de carbono con un valor numérico determinado en toneladas de CO₂e: en este caso las metas que son en función, por ejemplo, de % 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.

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

Para esto se debe contar con:

- Sectores y GEI considerados consistentes con el Objetivo de Política pública;
- 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 puedan reducir las emisiones más allá del Objetivo de Política Pública.

⁸ Cada método trabaja un escenario base de emisiones GEI y ecuaciones matemáticas que determinan cómo estas se traducen a concentraciones atmosféricas y estiman la respuesta del sistema climático a dichos cambios en concentraciones. Las nuevas versiones de los modelos incluyen escenarios más actualizados de emisiones, de acuerdo a los escenarios socioeconómicos desarrollados por el IPCC.

- 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 precio social del carbono 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 la proyección de emisiones nacionales sea consistente e idealmente fueran 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 (por ejemplo, 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 más reciente a la fecha de cálculo del precio social del carbono (por ejemplo, 2020);
- 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 llevó a cabo una revisión bibliográfica de la información públicamente disponible en Costa Rica, especialmente enfocada 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 desarrollo de medidas de mitigación, y las tasas de descuento social utilizadas nacionalmente. Con esta revisión se busca compilar las experiencias del país, para luego someterla a una evaluación con respecto a los requerimientos de información según cada metodología de estimación del precio social del carbono.

A. Meta de mitigación

El año 2020 Costa Rica actualizó su Contribución Nacionalmente Determinada (Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica, 2020), ajustando la meta nacional de mitigación según su NDC presentada en 2015. La actual meta nacional se plantea para el periodo 2021-2030, limitando las emisiones al 2030 a 9,11 MtCO₂e sin estar condicionada a apoyo internacional. Esta meta es nacional y cubre todos los sectores del inventario. Adicionalmente, la NDC establece un presupuesto de carbono para el periodo establecido de 106.53 MtCO₂e.

La NDC se estructura en 13 áreas temáticas prioritarias:

- i) Movilidad y transporte
- ii) Desarrollo y ordenamiento territorial
- iii) Energía
- iv) Infraestructura y construcción
- v) Industria, comercio y servicios
- vi) Gestión integrada de residuos

- vii) Agropecuario
- viii) Bosques y biodiversidad terrestre
- ix) Océanos, recurso hídrico y biodiversidad azul
- x) Acción para el empoderamiento climático
- xi) Transparencia y mejora continua
- xii) Finanzas
- xiii) Políticas, estrategias y planes de cambio climático

Además de la meta al 2030, Costa Rica planteó el objetivo de carbono neutralidad al 2050, la que está contenida en el Plan Nacional de Descarbonización (PND) que fue presentada como la ELP a la CMNUCC, donde se presenta la meta de emisiones cero netas al año 2050, alineándose también en el largo plazo con el desafío de mantener el aumento de la temperatura promedio global bajo los 1,5°C con respecto a los niveles pre-industriales.

Parte de su desarrollo contempló una modelación de las emisiones tanto del sector transporte como el de energía utilizando la herramienta Open Source Energy Modelling System (OSeMOSYS), incluyendo un análisis costo beneficio de la implementación de esta estrategia baja en carbono, obteniendo el nivel de inversión requerida y los beneficios económicos asociados a estas inversiones tecnológicas (Godínez et al., 2020). En concreto, el análisis arrojó que para cumplir con el PND se necesita una inversión adicional de \$26,7 billones de dólares al 2050, obteniendo un ahorro en el mismo periodo de \$29,7 billones de dólares.

Posteriormente, este ejercicio se completó con un estudio financiado por el Grupo del Banco Mundial (WBG) y ejecutado por la Universidad de Costa Rica que modeló trayectorias de descarbonización para los sectores de Agricultura, Ganadería, y Bosques y Otros Usos del Suelo (Quirós-Tortós et al., 2020). Este estudio se encuentra alineado de manera sistemática con el modelo de los sectores energía y transporte, desarrollándose un marco de modelación para los sectores uso de suelo y aguas, además de integrar estos dos con el de energía y transporte, en un modelo conocido como CLEW (Clima-Uso de suelos-Energía-Aguas). Los sectores que aún no cuentan con un modelo de emisiones son el de procesos industriales y uso de productos (IPPU), y el de residuos sólidos.

Se estimó que las emisiones del escenario BAU o también llamado Status Quo serían de 18,44 MtCO₂eq al 2050, mientras que bajo el escenario del PND estas emisiones son reducidas a 3,43 MtCO₂eq. Se concluye que es necesario incluir medidas de los sectores no modelados para lograr la carbono neutralidad al 2050.

De manera paralela se trabajó por parte del BID en un estudio que evalúa los efectos del PND (Groves et al., 2020) modelando los costos y beneficios económicos del plan, asumiendo que se consigue la meta de cero emisiones netas para el 2050, logrando una reducción total en todos los sectores de 18,8 MtCO₂eq para el escenario de referencia.

B. Información histórica

El Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) más actualizado fue calculado para el 2017 y publicado en el 2019 (*Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) 2017 Costa Rica*, 2019), el cual sigue las directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, evaluando las cuatro categorías de emisiones: Energía; Procesos Industriales y Uso de Productos; Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra; y Residuos. Además, los gases incluidos son el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos volátiles diferentes del metano (NMVOC) y dióxido de azufre (SO₂). Adicionalmente se evaluó el carbono negro.

Las emisiones de Costa Rica para el 2017 alcanzan las 11,51 MtCO₂eq y su composición según sector se detalla en el cuadro 7. Adicionalmente, se cuenta con inventarios para todos los años entre 1990 y 2016, ambos incluidos.

Cuadro 7
Emisiones de GEI para Costa Rica según sector y años seleccionados

Sector	Emisiones (Mton CO ₂ eq)		
	2010	2015	2017
Energía	7,0	7,3	8,0
Procesos industriales y uso de productos	0,8	1,3	1,4
Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	6,9	3,4	0,0
Residuos	1,4	2,1	2,1
Total	16,7	14,1	11,5

Fuente: SINAMECC (Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) 2017 Costa Rica, 2019).

C. Información respecto a la proyección de emisiones

De la revisión de antecedentes, fue posible identificar tres principales antecedentes que proyectaron las emisiones nacionales de GEI:

- i) Estudio de apoyo a la actualización de la NDC: Desarrollo y Evaluación de Rutas de Descarbonización para Informar el Diálogo en Costa Rica sobre el Proceso de Actualización de las NDC (Quirós-Tortós et al., 2020).
- ii) Estudio de costos y beneficios del PND: Costos y Beneficios de la Descarbonización de la Economía de Costa Rica (Groves et al., 2020).
- iii) NDC del 2015 (Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica, 2015).

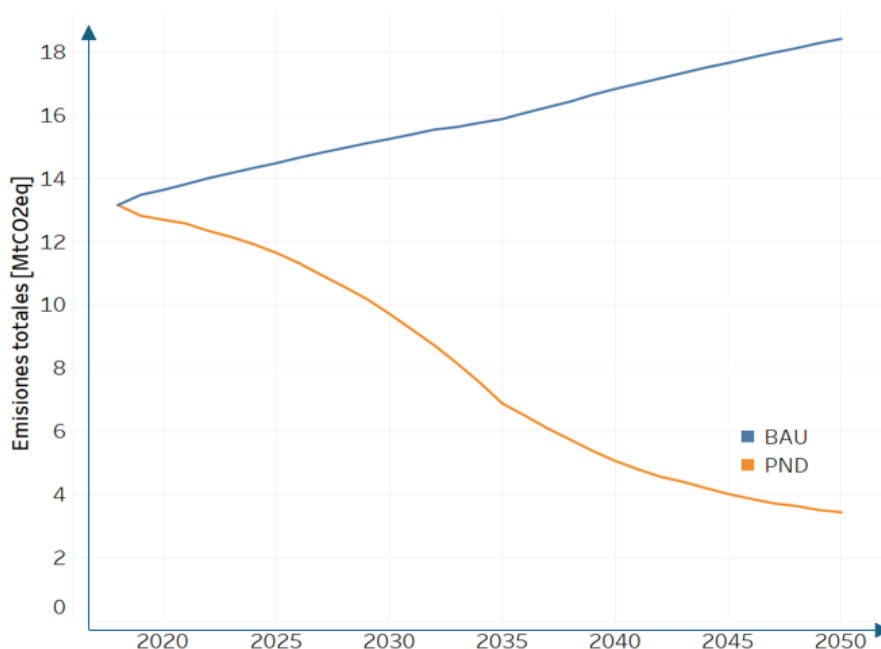
A continuación, se presenta una breve descripción de estos.

1. Estudio de apoyo a la actualización de la NDC

Para la línea base o el escenario BAU, en el estudio de apoyo a la actualización de la NDC (Quirós-Tortós et al., 2020) se desarrolla una modelación para la proyección de emisiones, además de la modelación de un escenario de implementación del PND (ver gráfico 6). Para esto se realizan supuestos tipo bottom-up para suelos y aguas, mientras que para energía se utilizó una proyección a partir del balance de energía preparado por la SEPSE, suponiendo que las proporciones de consumo para los distintos sectores se mantienen constantes. El sector Transporte proyectó de manera específica la distancia media anual recorrida por la flota de vehículos y las variables de pasajeros-km y toneladas-km (transporte de carga). El detalle de los supuestos y resultados se encuentra bien documentado en el estudio mencionado.

La trayectoria de las emisiones para el escenario del PND se basa en una modelación bottom-up, por lo que cada sector tiene una proyección de parámetros específicos, lo cual se detalla en el estudio, sin embargo, no se entrega el detalle de las emisiones para cada año de manera tabulada.

Gráfico 6

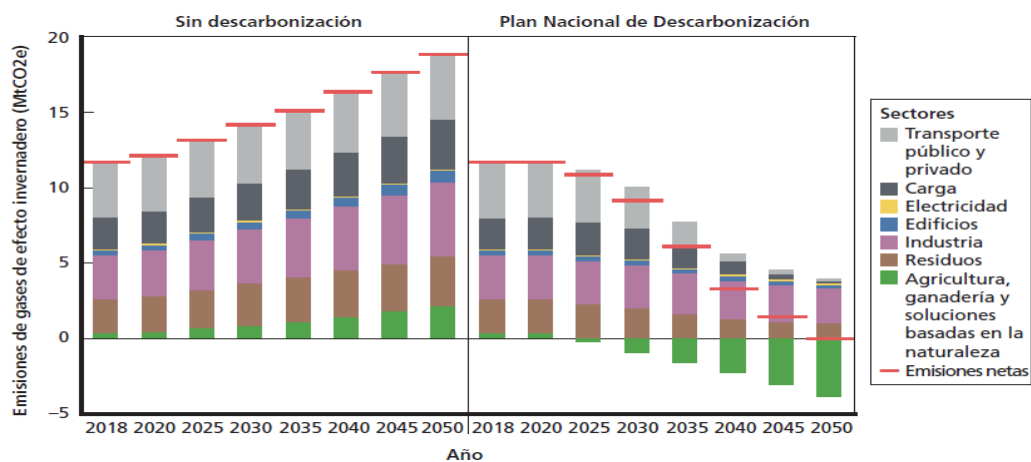
Proyección de emisiones de CO₂eq para Costa Rica bajo un escenario BAU y otro alineado con el cumplimiento del PND

Fuente: Estudio de apoyo a la actualización de la NDC (Quirós-Tortós et al., 2020).

2. Estudio de costos y beneficios del PND

En este estudio se presentan las proyecciones de las emisiones de manera similar a través de gráficos, pero solo para algunos años y sin tener el detalle numérico (ver gráfico 7). La ventaja de este estudio sobre el anterior es que efectivamente se proyectan emisiones netas cero para el 2050, en línea con el objetivo de largo plazo del país. Adicionalmente, se incorporan todos los sectores incluidos en el inventario nacional de emisiones.

Gráfico 7

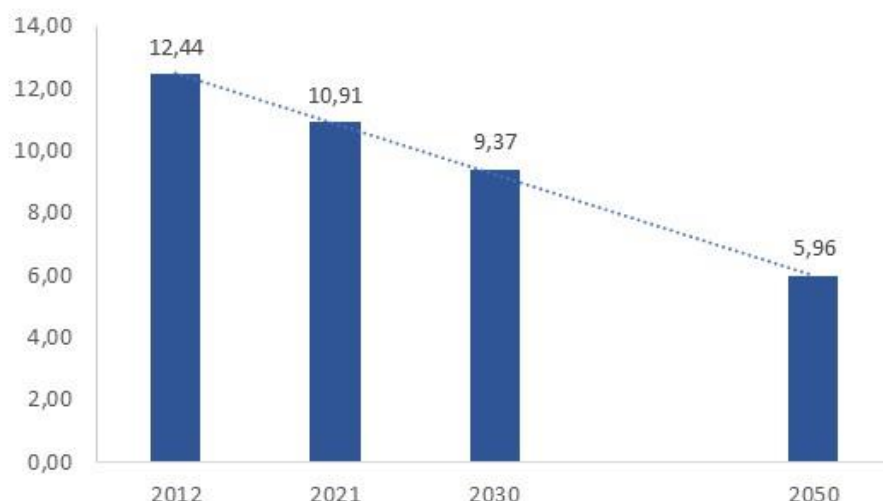
Proyección de emisiones de CO₂eq para Costa Rica del 2018 al 2050 bajo escenarios BAU y PND

Fuente: Estudio de costos y beneficios del PND (Groves et al., 2020).

3. NDC 2015

De manera menos detallada, la Contribución Nacionalmente Determinada de Costa Rica de 2015 entrega una trayectoria de emisiones para el periodo 2012-2050 que se consigue con una extrapolación lineal de las emisiones del 2012 del INGEI para ese año, hacia la meta de reducción de emisiones al 2050 de 5.96 MtCO₂e (ver gráfico 8).

Gráfico 8
Proyección de emisiones de CO₂eq para Costa Rica para el período 2012-2050
(Megatoneladas de CO₂e)



Fuente: NDC Costa Rica 2015 (Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica, 2015).

Ninguna de las fuentes de información mencionadas considera los efectos de la pandemia del COVID-19 en la proyección de las emisiones.

D. Medidas de mitigación

Las medidas de mitigación presentadas en la actualización de la NDC del 2020 se encuentran respaldadas por las modelaciones del estudio de Quirós-Tortós et al. (2020), por lo que se encuentra disponible la reducción de emisiones por cada una (cuadro 8).

Cuadro 8
Reducción de emisiones de GEI para Costa Rica al 2050 con respecto al 2015 según sector

Sector	Sub-sector	Reducción de emisiones entre 2015 y 2050 (Mt CO ₂ eq)
Suelos	Cultivos	0,3
	Pecuario	0,3
	Industria agroforestal	0,6
	Cambio de uso de suelo	2,7
Agua	Vertidos	0,3
Energía	Transporte y otros sectores energéticos	5,8
Total		10,0

Fuente: Adaptada del estudio de apoyo a la actualización de la NDC (Quirós-Tortós et al., 2020).

El estudio financiado por el BID también entrega la reducción de emisiones por sector (cuadro 9), pero para el año 2050 con respecto al escenario BAU, totalizando 18,8 MtCO₂eq.

Cuadro 9
Reducción de emisiones de GEI para Costa Rica al 2050 con respecto al escenario BAU

Sector	Reducción de emisiones al 2050 (Mt CO ₂ eq) para el escenario de referencia
Transporte	7,4
Electricidad	0,0
Edificios	0,5
Industria	2,6
Residuos	2,3
Agricultura, ganadería y soluciones basadas en la naturaleza	6,0
Total	18,8

Fuente: estudio de costos y beneficios del PND. (Groves et al., 2020).

Ambos entregan los costos y beneficios económicos de las medidas separadas por OPEX y CAPEX para el periodo de evaluación, en comparación con el escenario BAU. La tasa de descuento utilizada es de un 5% en ambos estudios, la cual es distinta a la recomendada por el MIDEPLAN de un 8,31% (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica, 2019). No se conocen los períodos en que se consideran estas inversiones y costos de operación.

Otra desventaja del estudio descrito es que no construye la curva MACC y no entrega los costos marginales de cada medida. Tampoco se detalla el momento en que se inician las medidas ni su nivel de penetración a lo largo del periodo de evaluación. De acuerdo a lo expuesto por el equipo del MIDEPLAN, las curvas MACC no se realizaron cuando se actualizó la NDC, pero existe la posibilidad de incluir este ejercicio en la próxima actualización programada para 5 años.

E. Tasa social de descuento

La tasa social de descuento (TSD) utilizada en el SNIP de Costa Rica es de un 8,31% (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica, 2019). Sin embargo, en los estudios que analizan el PND se utilizó una tasa de descuento anual del 5% (Groves et al., 2020; Quirós-Tortós et al., 2020), por lo que presentaría una inconsistencia con respecto al estándar nacional.

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”, sabemos que no existen modelos nacionales, 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) a utilizar y la tasa social de descuento nacional. Por consiguiente, no existe una limitación de la información disponible para utilizar esta alternativa.

Para el caso de la metodología “Definición política basada en evidencia”, el informe desarrollado en la primera etapa de este proyecto (SSG, 2022) presenta una amplia revisión de posibles alternativas, lo que se complementa con los resultados del modelo de efectos aleatorios a partir del *benchmark* realizado. Este último otorga un valor de referencia de 36 USD 2021/ton CO₂e con un intervalo de confianza de 20-52 USD 2021/ton CO₂e en función del PIB (PPA) per cápita de Costa Rica. 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 valor de referencia del *benchmark* puede ser empleado como punto de referencia para la selección de un precio social del carbono 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 diversas fuentes de información que dan cuenta de posibles objetivos de mitigación, siendo el principal la última actualización de la NDC, que presenta dos metas: i). Las emisiones de GEI al 2030 no pueden superar 9,11 MtCO₂e; ii) Las emisiones de GEI acumuladas en el periodo 2021-2030 no pueden superar 106,53 MtCO₂e.

Adicionalmente, el PND plantea el objetivo de alcanzar la carbono neutralidad para el 2050. Por lo que es posible identificar tres posibles objetivos de política pública, los que se resumen en el cuadro 10.

En lo que respecta a antecedentes, el principal es el estudio de apoyo para la construcción de la actualización de la NDC del año 2020 (Quirós-Tortós et al., 2020), el cual entrega resultados de la modelación del escenario BAU y el escenario de aplicación del PND, presentado como la ELP de Costa Rica a la CMNUCC. Sin embargo, pese a que el PND indica el objetivo de carbono neutralidad al 2050, el escenario PND proyectado al 2050 no logra esa meta en el estudio. Adicionalmente se dejaron fuera de la modelación el sector de residuos sólidos, y el de procesos industriales y uso de productos. Además, en el estudio mencionado no se considera explícitamente la meta de corto plazo de la NDC al 2030. Finalmente, si bien la NDC también establece un presupuesto de carbono para el 2030, no está claro si se basa en los resultados del estudio, ya que este último no evalúa explícitamente este objetivo. Estos dos estudios son evaluados para su uso en el cálculo del precio social del carbono en el cuadro 11, en función de los criterios de evaluación descritos en la sección “Requerimientos de información por alternativa”.

Cuadro 10
Evaluación de objetivos de mitigación para definir un presupuesto de carbono para Costa Rica

Posible objetivo de mitigación	Periodo para el presupuesto de carbono	Fuente	¿Objetivo principal?	Alcance sectorial del objetivo de mitigación	GEI considerados	Presupuesto de carbono (MM tCO ₂ eq)
Meta nacional de presupuesto de carbono al 2030	2021-2030	NDC 2020.	Posible	Todos los sectores del inventario.	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFC, PFC, SF ₆ , CO, NOx, NMVOC y SO ₂ , además de carbono negro.	106,53
Meta nacional de emisiones máximas al 2030	2030	NDC 2020.	Posible	Todos los sectores del inventario.	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFC, PFC, SF ₆ , CO, NOx, NMVOC y SO ₂ , además de carbono negro.	9,11
Meta nacional de carbono neutralidad - largo plazo	2050	Plan Nacional de Descarbonización (PND).	Posible	Energía, Transporte, Agricultura, Ganadería, Bosques y Otros Usos de Suelo, Aguas.	No específica CO ₂ eq	0,00

Fuente: Elaboración propia.

Del cuadro anterior se puede apreciar, que existe más de un posible Objetivo de Política Pública con diferentes horizontes temporales. No es posible determinar cuál de éstos es el principal, puesto que dos de ellos son compromisos formales presentados a la Convención Marco de Cambio Climático, mientras que el tercero es parte de una política nacional oficial.

En el cuadro 11 se evalúan los antecedentes disponibles, en función de su pertinencia para ser utilizados para el cálculo del precio social del carbono, considerando los requisitos mínimos y recomendados de información para emplear este método. 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 a este trabajo.

Estos son evaluados bajo tres tipos de valoración. Una valoración con una marca check en verde indica que dicho criterio se cumple a cabalidad, es decir, toda la información está disponible y es de libre acceso para el equipo consultor. La marca check tachada en amarillo indica que existen barreras en el acceso a la información, que se encuentra incompleta y/o que se encuentra altamente desagregada, lo que resulta en mayores costos en tiempo y trabajo. Finalmente, una equis en color rojo indica que dicha información no está disponible de libre acceso o no existe.

Costa Rica cuenta con valiosa información y un detallado análisis de sus emisiones, la proyección de estas desde el presente hasta el 2050, un análisis de los costos de implementar medidas de mitigación, y objetivos de mitigación que han sido comprometidos oficialmente a la comunidad internacional tanto para el 2030 como para el 2050. Sin embargo, a partir de este análisis no es posible determinar un objetivo de mitigación principal por sobre el resto que sea claro. Del análisis se determinó que ninguno de los estudios cumple con los requisitos mínimos para ser utilizados en el cálculo del Precio Social del Carbono con el método “Costo de Mitigación para Alcanzar un Objetivo de Política Pública” de manera directa. Ninguno presenta el detalle de las emisiones al 2030, asociados al objetivo de mitigación nacional, por lo que no es posible definir explícitamente su alineación con dicho objetivo. Debido a la falta de la información observada y que queda expresada en el cuadro 11, no es posible construir una curva MAC adecuada y por lo tanto no es posible usar esta metodología de manera directa, sin tener que remodelar los costos de mitigación y proyección de emisiones, lo que escapa del alcance de este estudio.

En consecuencia, con lo mencionado para este trabajo de estimación del precio social del carbono para Costa Rica, y de manera análoga a la experiencia de otros países como Canadá y Chile (en sus primeros ejercicios), se decidió utilizar el método de “Definición política basada en evidencia”. Para ello se han considerado las preferencias expresadas por el equipo nacional en relación a incorporar visiones nacionales en la determinación del precio social del carbono. Además, este método permite iniciar el trabajo en esta materia apoyándose en la experiencia internacional.

Para la definición del precio social del carbono con el método seleccionado, se implementará un Análisis Multicriterio (AMC) para facilitar el proceso de toma de decisiones y generar una apropiación del precio social del carbono por parte de los servicios públicos nacionales. Avanzar con este método, tiene total validez y en ningún caso limita las posibilidades de que el país opte por otra alternativa metodológica en el futuro.

Cuadro 11
Evaluación de antecedentes de mitigación para definir un presupuesto de carbono para Costa Rica

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 período 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.	
Desarrollo y Evaluación de Rutas de Descarbonización para Informar el Diálogo en Costa Rica sobre el Proceso de Actualización de las NDC (Quirós-Tortós et al., 2020).	X ^a	✂	X	✂	X	✂	
Costos y Beneficios de la Descarbonización de la Economía de Costa Rica (Groves et al., 2020).	✓	✂	✂	✂	X	✂	
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 períodos 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.
Desarrollo y Evaluación de Rutas de descarbonización para Informar el Diálogo en Costa Rica sobre el Proceso de Actualización de las NDC (Quirós-Tortós et al., 2020).	✓	✓	✓	✓	X	✓	✂ ^b
Costos y beneficios de la descarbonización de la economía de Costa Rica (Groves et al., 2020).	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓

Fuente: Elaboración propia.

^a No se proyectan emisiones netas cero al 2050, ni se consideran todos los sectores de la NDC.

^b Se explicita solo para algunos sectores.

Legenda de colores:

✓: información disponible exactamente como se requiere.

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

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

V. Cálculo del precio social del carbono para Costa Rica

De acuerdo a las evaluaciones de los distintos métodos de la sección anterior, se procede a utilizar el cálculo escogido para el cálculo del precio social del carbono, este es el método de “Definición política basada en evidencia”. Para ello, se utilizó un Análisis Multicriterio.

A continuación, se describe, la metodología utilizada. Posteriormente, se presentan los resultados de la aplicación de la metodología.

A. Metodología de cálculo

Como se indicó anteriormente, para la evaluación de las distintas fuentes de información de precio social del carbono se utiliza el Análisis Multicriterio (AMC). Esta aproximación permite generar una evaluación del desempeño de cada alternativa para su uso como precio social del carbono para Costa Rica con una métrica común. Esto se logra al construir una simulación de la importancia relativa para distintos actores claves en lo que respecta a diversos atributos de cálculos del precio social del carbono, permitiendo evaluar el desempeño de cada fuente de información para los distintos actores. El método usado para este AMC es la metodología denominada Proceso de Análisis Jerárquico (AHP, de sus siglas en inglés).

1. Explicación del proceso de análisis jerárquico

El AHP, creado por Thomas L. Saaty (Saaty, 1980), es una metodología que permite tomar decisiones entre múltiples alternativas. El AHP permite además generar un ranking entre las alternativas, comparando la relevancia de elementos cualitativos y/o cuantitativos. En este estudio se aplicó una adaptación metodológica que se compone de los siguientes cinco pasos:

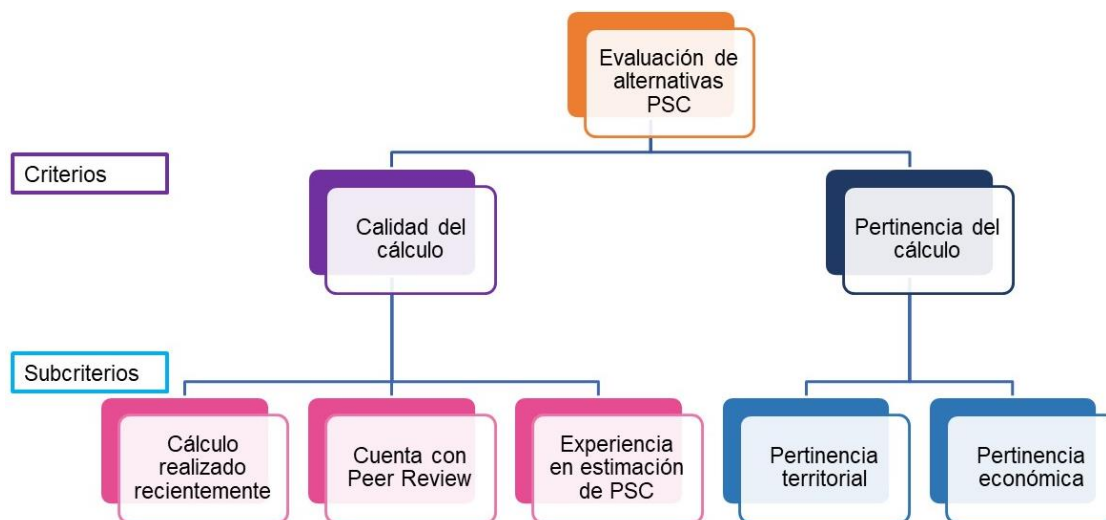
- i) Construcción del Marco de Toma de decisiones. En este paso se identifican los criterios y sus respectivos subcriterios, los cuales se tendrán en cuenta al momento de evaluar las distintas alternativas de PSC.
- ii) Generación de los pesos relativos de los criterios y subcriterios, mediante un AHP.

- iii) Evaluación y asignación de puntaje para cada alternativa de PSC en cada uno de los subcriterios.
- iv) Cálculo de los promedios entre los pesos relativos de los subcriterios con los puntajes obtenidos en cada fuente de información.
- v) Análisis, síntesis y generación de un ranking de los resultados entre cada fuente de información de PSC.

2. Construcción del marco de toma de decisiones

Para definir y elegir los subcriterios y criterios a considerar para la toma de decisiones, se realizó un trabajo con la participación del equipo técnico de MIDEPLAN de Costa Rica. En este trabajo se analizó la información disponible para las distintas fuentes que pudieran ser objetivamente comparables. Con base en este análisis se generó una propuesta de criterios y subcriterios, la cual se validó en un taller de trabajo. A partir de este trabajo se determinaron dos (2) criterios principales (Calidad y Pertinencia) y cinco (5) Subcriterios. La estructura de jerarquía de los criterios y subcriterios se aprecia en el diagrama 3. El detalle con las definiciones de cada subcriterio y criterio se presentan en la siguiente sección.

Diagrama 3
Diagrama del marco de toma de decisiones para la evaluación multicriterio del PSC para Costa Rica



Fuente: Elaboración propia.

3. Definiciones de criterios y subcriterios

El ejercicio recopiló a través de entrevistas a profesionales de distintas instituciones de Costa Rica (MIDEPLAN, Banco Central, Ministerio de Hacienda, MINAE, Instituciones Académicas, entre otros), las preferencias de expertos respecto a la ponderación relativa de cada criterio y subcriterio. A continuación, se presenta el detalle de las definiciones de los subcriterios que componen cada criterio y los puntajes que se asignaron a cada fuente de información dependiendo de sus características.

Criterio de calidad del cálculo

Este criterio busca evaluar que tan robusto técnicamente es el cálculo de precio/costo del carbono realizado por cada fuente original. Está compuesto por los subcriterios: i) Cálculo realizado recientemente; ii) Trabajo cuenta con Peer Review; y iii) Experiencia previa de la organización en estimaciones de precio social del carbono.

Cálculo realizado recientemente

Se define como el grado de actualización del cálculo del precio al carbono realizado. Para ello se definieron cuatro espacios temporales, los cuales están presentados en el cuadro 12, donde también se detallan los puntajes asignados a cada uno de los espacios temporales.

Cuadro 12
Puntaje asignado para el subcriterio “cálculo realizado recientemente”

Espacios temporales	Puntaje asignado
Del 2020 en adelante (post-pandemia)	100 puntos
Entre 2016-2020 (Post Acuerdo de París)	66 puntos
Entre 2014-2016 (post AR5 IPCC y antes del Acuerdo de París)	33 puntos
Anterior al 2014 (pre AR5 IPCC)	0 puntos

Fuente: Elaboración propia.

Trabajo cuenta con Peer Review

Se refiere a si el cálculo de precio al carbono tuvo una revisión o validación de pares. Los puntajes asignados son los siguientes:

Cuadro 13
Puntaje asignado para el subcriterio “trabajo cuenta con Peer Review”

Revisión de pares	Puntaje asignado
Cuenta con revisión de pares.	100 puntos
No cuenta con revisión de pares.	0 puntos

Fuente: Elaboración propia.

Experiencia previa de la organización en estimaciones del Precio al Carbono (PSC)

Se refiere a si la organización que realizó el cálculo de referencia evaluado había realizado anteriormente otros cálculos del precio al carbono.

Cuadro 14
Puntaje asignado para el subcriterio “experiencia previa en estimaciones de PSC”

Experiencia	Puntaje asignado
La organización contaba con experiencia previa al momento de realizar el cálculo o recomendación.	100 puntos
No contaba con experiencia previa.	0 puntos

Fuente: Elaboración propia.

Criterio de pertinencia del cálculo

Este criterio busca evaluar qué tan pertinente para Costa Rica es el cálculo de precio/costo del carbono realizado por cada fuente original. El criterio está compuesto por los subcriterios: i) Pertinencia económica del cálculo; y ii) Pertinencia territorial del cálculo.

Pertinencia económica del cálculo

Criterio que evalúa si el antecedente de precio social del carbono fue elaborado por un país con un ingreso per cápita similar al de Costa Rica. Esto considera todos los antecedentes de otros países, así como recomendaciones internacionales que apunten o no a Costa Rica. Para ello se construyó una función lineal definida por dos puntos en un plano, la cual tiene las siguientes variables:

Y= Puntaje Asignado.

X= Diferencia PIB PPA per cápita de los países a los cuales se les realizó el cálculo de PSC en el año del cálculo (valores a USD 2017).

Los dos puntos para definir la función lineal son:

Punto1 = (Máxima diferencia absoluta con Costa Rica de PIB de muestra países, 0 puntos)

Punto2 = (Diferencia 0 de PIB con Costa Rica, 100 puntos)

Con estos dos puntos se construye la siguiente función:

$$f(\text{Dif PIB Per cápita fuente a CR}) = m * |\text{Dif PIB Per cápita fuente a CR}| + c$$

La asignación del puntaje siguió la lógica de los demás subcriterios, es decir los puntos están en un rango de 0-100 (ver cuadro 15). Donde 100 representa un país o fuente con igual PIB PPA per cápita que Costa Rica, este puntaje va disminuyendo a medida que las diferencias aumentan. De acuerdo a las fuentes de información recopiladas para este análisis, se obtuvo que la fuente con mayor diferencia en PIB respecto a Costa Rica fue Noruega, con un PIB de 64.385 USD per cápita al momento del cálculo de su precio social del carbono. Consecuentemente, este antecedente obtuvo un puntaje de 0 puntos en este subcriterio, mientras que el resto de los países (o grupos de países) siguieron la función lineal descrita arriba. Un ejemplo de cálculo de los puntajes se presenta en el cuadro 16.

El detalle del PIB considerado para este cálculo se encuentra en el anexo, donde se detalla la base de datos utilizada y en caso de grupos de países, cómo se realiza el cálculo del PIB.

Cuadro 15
Puntaje asignado para el subcriterio "pertinencia económica del cálculo"

Función lineal	Puntaje asignado
Cálculo realizado para un país con igual PIB PPA per cápita que Costa Rica.	100 puntos
Cálculo realizado para un país con PIB PPA per cápita intermedio.	Función lineal
Cálculo realizado a un país de máxima diferencia absoluta de PIB PPA per cápita.	0 puntos

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 16
Ejemplos de puntaje asignado para este subcriterio

Fuente	PIB PPA per cápita (En dólares 2017)	Diferencia absoluta con PIB Costa Rica	Puntaje asignado
Benchmark para Costa Rica	19 903	0	100,0
Francia 2008	42 996	23 093	48,1
Noruega 2019	64 385	44 482	0,0

Fuente: Elaboración propia.

Pertinencia territorial del cálculo

Este criterio se refiere a la pertinencia territorial de la fuente, considerando más pertinente la fuente que refleja un precio social del carbono de un país de Latinoamérica y el Caribe o de organizaciones que entregan recomendaciones dirigidas a países de la región.

Cuadro 17
Puntaje asignado para el subcriterio "pertinencia territorial del cálculo"

Provincia	Puntaje asignado
La fuente entrega un PSC de un país de Latinoamérica y el Caribe o de organizaciones entregando recomendaciones dirigidas a países de la región.	100 puntos
Las fuentes NO provienen de un PSC para un país de Latinoamérica y el Caribe o de organizaciones entregando recomendaciones dirigidas a países de la región.	0 puntos

Fuente: Elaboración Propia.

4. Alternativas de fuentes de precios sociales del carbono a evaluar

Junto con la definición de los criterios y subcriterios, se procedió a construir una base de datos con las fuentes de Información de precio/costo al carbono a utilizar en el presente estudio. Se determinó seleccionar para el AMC solo fuentes de información asociadas a cálculos de precio social del carbono o costo social del carbono que hayan sido realizados y/o usados por países u organismos internacionales.

El resultado de este levantamiento arrojó 38 alternativas de fuentes de PSC. En el siguiente cuadro se muestran las alternativas de fuentes de información de PSC que fueron evaluadas en el presente estudio. El detalle de cada fuente y los valores considerados dentro de este estudio se encuentran en el anexo.

Cuadro 18
Fuentes de información del PSC evaluadas
(En dólares 2021/ton CO₂e)

N°	Antecedentes	Precio social del carbono (en dólares 2021/ton CO ₂ e)	N°	Antecedentes	Precio social del carbono (en dólares 2021/ton CO ₂ e)
1	Benchmark para un PSC Costa Rica 2022	36	20	Alemania 2019	238
2	IPCC - AR6 WGIII Chapter 13 2022	40 ^a	21	Alemania 2013	124
3	OCDE/IEA & IRENA 2017	23	22	Noruega 2012	30
4	CDP & CPLC 2018	24 ^b	23	Noruega 2019	59
5	High-Level Commission on Carbon Prices 2017	40	24	Finlandia 2019	94
6	Fondo Monetario Internacional 2021	25	25	Finlandia 2015	51
7	CEPAL 2019	29	26	Dinamarca 2021	29
8	Banco Mundial 2017	40	27	Canadá 2016	38
9	EU- ETS 2021	54	28	Chile 2013	5
10	Perú 2016	7	29	Chile 2015	10
11	Reino Unido 2021	351	30	Chile 2017	30
12	Reino Unido 2009	100	31	Australia 2012	49
13	Reino Unido 2007	51	32	Australia 2014	40
14	Francia 2020	66	33	Australia 2020	47
15	Francia 2008	43	34	Países Bajos 2010	111
16	Estados Unidos 2016	54	35	Países Bajos 2016	63
17	Estados Unidos 2013	45	36	Japón 2015	30
18	Estados Unidos 2010	27	37	Suecia 2016	143
19	Alemania 2020	238	38	Suecia 2020	855

Fuente: Elaboración propia.

^a Se utilizó el Capítulo 13 del Grupo de Trabajo 3 el cual discute, entre otros temas, políticas nacionales y subnacionales de Precio al Carbono, este indica que una señal de precio compatible con los objetivos del Acuerdo de París al 2021 debía ser igual o mayor a 40 USD/tCO₂e al 2021. Cabe mencionar que el AR6 del IPCC discute sobre Precio al Carbono y Costo Social del Carbono en distintos capítulos, pero la primera entrega realiza una indicación explícita para su uso a nivel nacional y para un periodo actual (i.e. en el capítulo 3 del Grupo de Trabajo 3 hay proyecciones al 2030 y al 2050, pero falta un valor de referencia al 2020).

^b La fuente entrega un análisis de los precios para distintos sectores (energía e industria), que está en un rango entre 24 -50 USD/tCO₂ de acuerdo al nivel de ambición, al nivel de riesgo y al potencial de descarbonización del sector. El valor se tomó considerando que el sector energía es el principal emisor en Costa Rica y que es el valor mínimo para ser consistente con el Acuerdo de París.

Caracterización de las fuentes de Información

Junto con la anterior, se construye el siguiente cuadro de caracterización de las fuentes de información de los precios social del carbono. Este cuadro es la base para la asignación de los puntajes iniciales a cada una de las fuentes, de acuerdo a su desempeño en cada subcriterio.

Cuadro 19
Características de cada fuente de información

N° Fuente de información	Precio al Carbono (en dólares 2021/ton CO ₂ e)	Año de cálculo	Experiencia previa en cálculo de PSC	Cuenta con Peer Review	PIB PPA Per Cápita al momento del cálculo (en dólares 2017) ^a	Diferencia absoluta con PIB PPA Per Cápita de Costa Rica 2021 (en dólares 2017)	País o región de la fuente	Pertinencia territorial a LATAM o el Caribe
1 Benchmark para un PSC Costa Rica 2022	36	2022	No	No	19 903	0	LAC	Si
2 IPCC - AR6 WGIII Chapter 13 2022	40	2022	Sí	Sí	17 083	2 820	Global	No
3 OCDE/IEA & IRENA 2017	23	2017	No	Sí	43 335	3 624	Global	No
4 CDP & CPLC 2018	24	2018	Sí	No	34 055	14 152	Países G20	No
5 High-Level Commission on Carbon Prices 2017	40	2017	No	Sí	16 279	3 624	Global	No
6 Fondo Monetario Internacional 2021	25	2021	Sí	No	15 701	4 202	Global	No
7 CEPAL 2019	29	2019	No	No	16 033	3 870	LAC ^b	Si
8 Banco Mundial 2017	40	2017	No	No	16 279	3 624	Global	No
9 EU- ETS 2021	54	2021	Sí	No	44 024	24 121	Europa	No
10 Perú 2016	7	2016	No	No	12 404	7 499	LAC	Si
11 Reino Unido 2021	351	2021	Sí	No	42 536	22 633	Europa	No
12 Reino Unido 2009	100	2009	Sí	Sí	41 593	21 690	Europa	No
13 Reino Unido 2007	51	2007	No	Sí	44 219	24 316	Europa	No
14 Francia 2020	66	2020	Sí	No	45 284	25 381	Europa	No
15 Francia 2008	43	2008	No	No	42 996	23 093	Europa	No
16 Estados Unidos 2016	54	2016	Sí	Sí	60 138	40 235	América del Norte	No
17 Estados Unidos 2013	45	2013	Sí	No	56 214	36 311	América del Norte	No
18 Estados Unidos 2010	27	2010	No	No	54 316	34 413	América del Norte	No
19 Alemania 2020	238	2020	Sí	Sí	51 374	31 471	Europa	No
20 Alemania 2019	238	2019	Sí	Sí	51 374	31 471	Europa	No
21 Alemania 2013	124	2013	No	No	49 954	30 051	Europa	No
22 Noruega 2012	30	2012	No	Sí	61 991	42 088	Europa	No
23 Noruega 2019	59	2019	Sí	No	64 385	44 482	Europa	No
24 Finlandia 2019	94	2019	Sí	No	48 642	28 739	Europa	No
25 Finlandia 2015	51	2015	No	No	45 073	25 170	Europa	No
26 Dinamarca 2021	29	2021	No	No	62 330	42 427	Europa	No
27 Canadá 2016	38	2016	No	No	47 458	27 555	América del Norte	No
28 Chile 2013	5	2013	No	No	24 007	4 104	LAC	Si
29 Chile 2015	10	2015	Sí	No	24 440	4 537	LAC	Si
30 Chile 2017	30	2017	Sí	No	24 471	4 568	LAC	Si
31 Australia 2012	49	2012	No	No	46 350	26 447	Oceanía	No
32 Australia 2014	40	2014	Sí	No	47 232	27 329	Oceanía	No
33 Australia 2020	47	2020	Sí	No	49 532	29 629	Oceanía	No
34 Países Bajos 2010	111	2010	No	No	52 032	32 129	Europa	No
35 Países Bajos 2016	63	2016	Sí	No	53 847	33 944	Europa	No
36 Japón 2015	30	2015	No	No	40 402	20 499	Asia	No
37 Suecia 2016	143	2016	No	No	51 334	31 431	Europa	No
38 Suecia 2020	855	2020	Sí	No	50 923	31 020	Europa	No

Fuente: Elaboración propia.

^a La fuente de datos del PIB PPA per cápita fue obtenida del Banco Mundial, a partir de esta fuente: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.PP.KD>.

^b Latinoamérica y el Caribe.

5. Descripción del instrumento aplicado

Considerando los criterios y subcriterios definidos en el punto anterior, se diseñó una encuesta que utilizó la valoración y ponderación de 11 personas expertas ante los criterios y subcriterios definidos. Para esto se les realizaron cinco (5) preguntas evaluando distintos niveles de importancia relativa entre criterios o subcriterios, las que se encuentran en el recuadro 1.

Recuadro 1	
Preguntas de priorización relativa	
A. Preguntas de priorización de subcriterios asociados a la calidad de los Cálculos del PSC.	
A su juicio,	
i)	¿Qué es más importante entre los subcriterios "Cálculo realizado recientemente" y "Experiencia previa de la organización en estimaciones del PSC", en relación a sus capacidades de evaluar la calidad de distintas estimaciones del Precio Social del Carbono?
ii)	¿Qué es más importante entre los subcriterios "Cálculo realizado recientemente" y "Trabajo cuenta con Peer Review", en relación a sus capacidades de evaluar la calidad de distintas estimaciones del precio social del carbono?
iii)	¿Qué es más importante entre los subcriterios "Experiencia previa de la organización en estimaciones del PSC" y "Trabajo cuenta con Peer Review", en relación a sus capacidades de evaluar la calidad de distintas estimaciones del precio social del carbono?
B. Preguntas de priorización de subcriterios asociados a la Pertinencia de los Cálculos del PSC.	
A su juicio,	
iv)	¿Qué es más importante entre los subcriterios "Pertinencia Económica" y "Pertinencia territorial", en relación a sus capacidades de evaluar la "Pertinencia" para su uso en Costa Rica de distintas estimaciones del Precio Social del Carbono?
C. Preguntas de priorización de criterios para evaluar alternativas de PSC.	
A su juicio,	
v)	¿Qué es más importante entre los criterios "Calidad del Cálculo" y "Pertinencia a Costa Rica del Cálculo", en relación a sus capacidades para evaluar la "Relevancia" entre distintas alternativas de trabajos de cálculo de PSC?
Fuente: Elaboración propia.	

La escala de asignación de valores según nivel de importancia para cada pregunta se puede observar en el cuadro 20.

Cuadro 20
Asignación de valores según nivel de importancia relativa de los criterios y subcriterios

Nivel de importancia	Valor
X es lo único importante	8
X es fuertemente más importante que Y	6
X es más importante que Y	4
X es ligeramente más importante que Y	2
X y Y son igualmente importantes	1
Y es ligeramente más importante que X	1/2
Y es más importante que X	1/4
Y es fuertemente más importante que X	1/6
Y es lo único importante	1/8

Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenidos los valores asociados a la escala de asignación de valores según nivel de importancia, se construyeron las matrices de preferencia (ver cuadro 21).

Cuadro 21
Ejemplo de matriz de preferencia de criterios y subcriterios

	X	Y	Z
X	1	2	4
Y	1/2	1	2
Z	1/4	1/2	1

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se calculó el peso relativo de cada criterio y subcriterio, según la siguiente fórmula:

$$Ponderación\ Criterio\ (j) = \frac{\sum_{i=1}^N Nota_{i,j}}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N Nota_{i,j}}$$

6. Implementación del instrumento para la evaluación de alternativas del PSC para Costa Rica

Con la participación del equipo técnico del MIDEPLAN se definieron a 11 profesionales expertos para aplicarles el instrumento, de tal forma que ellas representen a siete (7) organizaciones públicas y no gubernamentales, en el marco del Sistema Nacional de Inversión Pública y las políticas medioambientales de Costa Rica.

Las organizaciones y el número de personas (entre paréntesis) entrevistadas son las siguientes:

- i) Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica - MIDEPLAN (4)
- ii) Banco Central de Costa Rica - BCCR (2)
- iii) Ministerio de Hacienda (1)
- iv) Ministerio de Ambiente y Energía - MINAE (1)
- v) Universidad de Costa Rica - UCR (1)
- vi) Instituto Centroamericano de Administración Pública-ICAP (1)
- vii) Partnership for Market Readiness Costa Rica (1)

A cada uno de los profesionales expertos se les realizó la entrevista, en ella se les explicó el objetivo del estudio, la metodología utilizada y se les aplicaron las preguntas antes presentadas. Los resultados del ejercicio se detallan en la siguiente sección.

B. Resultados de la aplicación del método

Esta sección presenta en primera instancia los resultados en términos de los ponderadores para cada criterio y subcriterio del marco de toma de decisiones para la selección de un precio social del carbono para Costa Rica. En segunda instancia se presenta la evaluación del desempeño de cada alternativa para su uso como precio social del carbono para Costa Rica.

1. Resultado de los pesos relativos de los criterios

De acuerdo a las entrevistas realizadas, se obtuvieron las ponderaciones totales de cada criterio y subcriterio utilizando la metodología AHP (Saaty, 1980). Esto se observa en el cuadro 22, en donde se entrega el promedio del resultado de cada uno de los ponderadores resultantes por la aplicación del instrumento a los expertos.

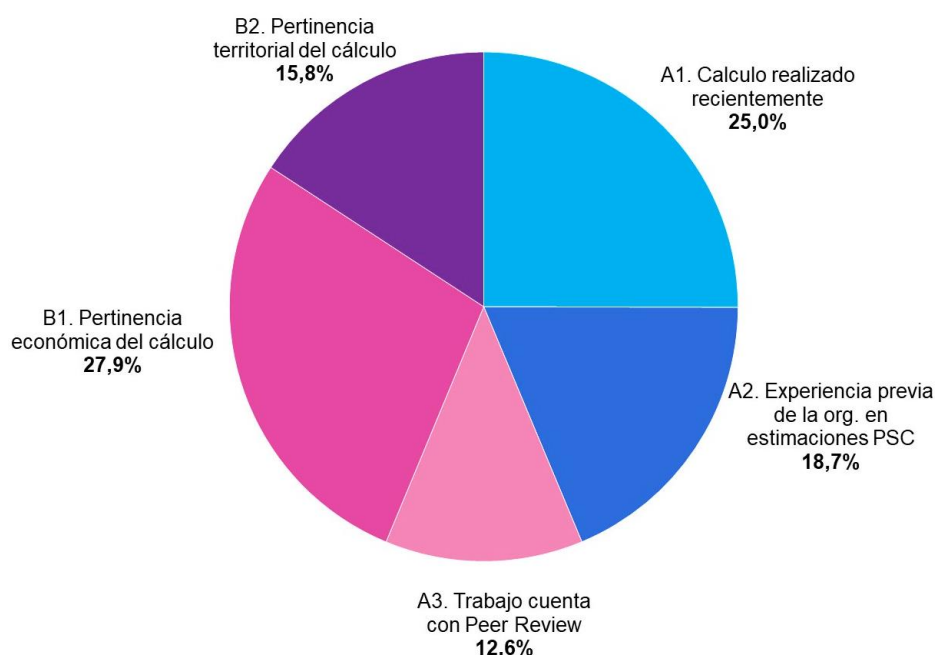
Cuadro 22
Promedios de pesos relativos del instrumento aplicado

Criterios	Ponderación entre criterios	Subcriterios	Ponderación dentro del criterio
A. Calidad del cálculo	56,3%	A1. Cálculo realizado recientemente	44%
		A2. Experiencia previa de la organización en estimaciones de PSC	33%
		A3. Trabajo cuenta con Peer Review	22%
B. Pertinencia al país del cálculo	43,7%	B1. Pertinencia económica	64%
		B2. Pertinencia territorial	36%

Fuente: Elaboración propia.

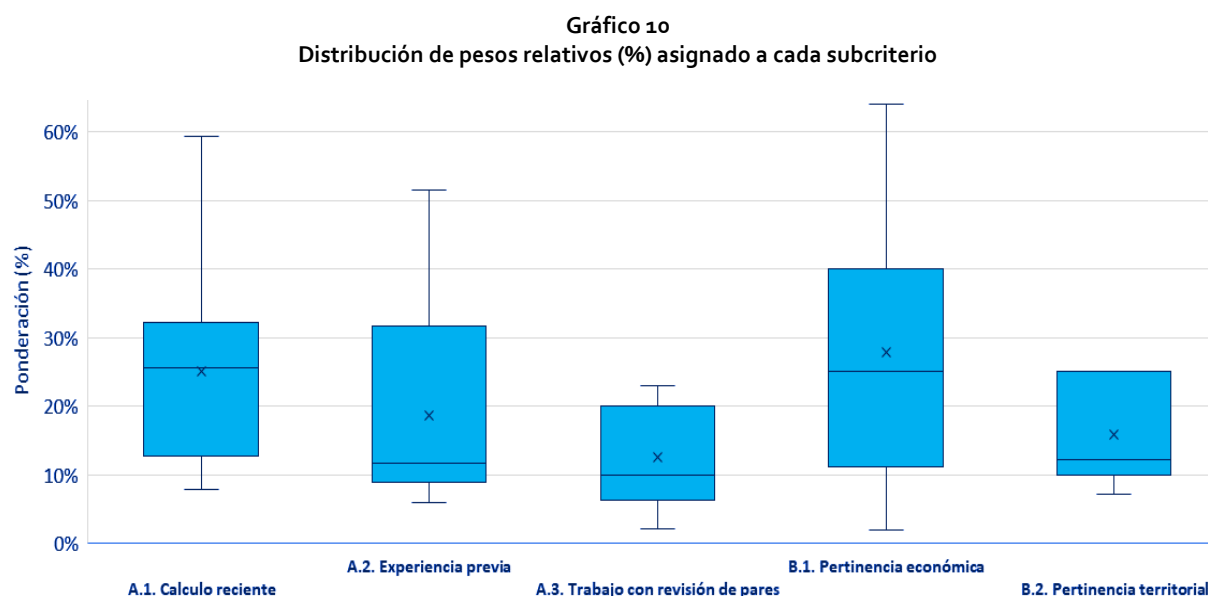
En el gráfico 9 se presentan los pesos relativos finales de cada subcriterio, los cuales resultan de la multiplicación del ponderado del subcriterio dentro de su criterio, con el ponderado del criterio correspondiente.

Gráfico 9
Pesos relativos de cada subcriterio



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 10 muestra la dispersión de los porcentajes asignados por las personas expertas para los subcriterios evaluados. En el gráfico se aprecia que existe una distribución acotada en los criterios de pertinencia territorial y revisión de pares, aunque el criterio de pertinencia económica resultó con una distribución bastante dispersa. Esto significa que el peso relativo que las distintas personas expertas dieron a ese criterio fue disímil. Aunque, como se verá en los siguientes puntos, al hacer un análisis de consistencia de la elección de PSC, esta dispersión no incidió mayormente en los resultados de selección de la fuente del PSC.



Fuente: Elaboración propia.

2. Evaluación y resultado del ranking de fuentes de información de PSC

A partir de la multiplicación de los pesos relativos de cada subcriterio con la asignación de puntaje correspondiente en cada fuente de información (en función de sus características), se determinó el nivel de desempeño de cada una de las fuentes y se procedió a generar un ranking de estas (gráfico 11).

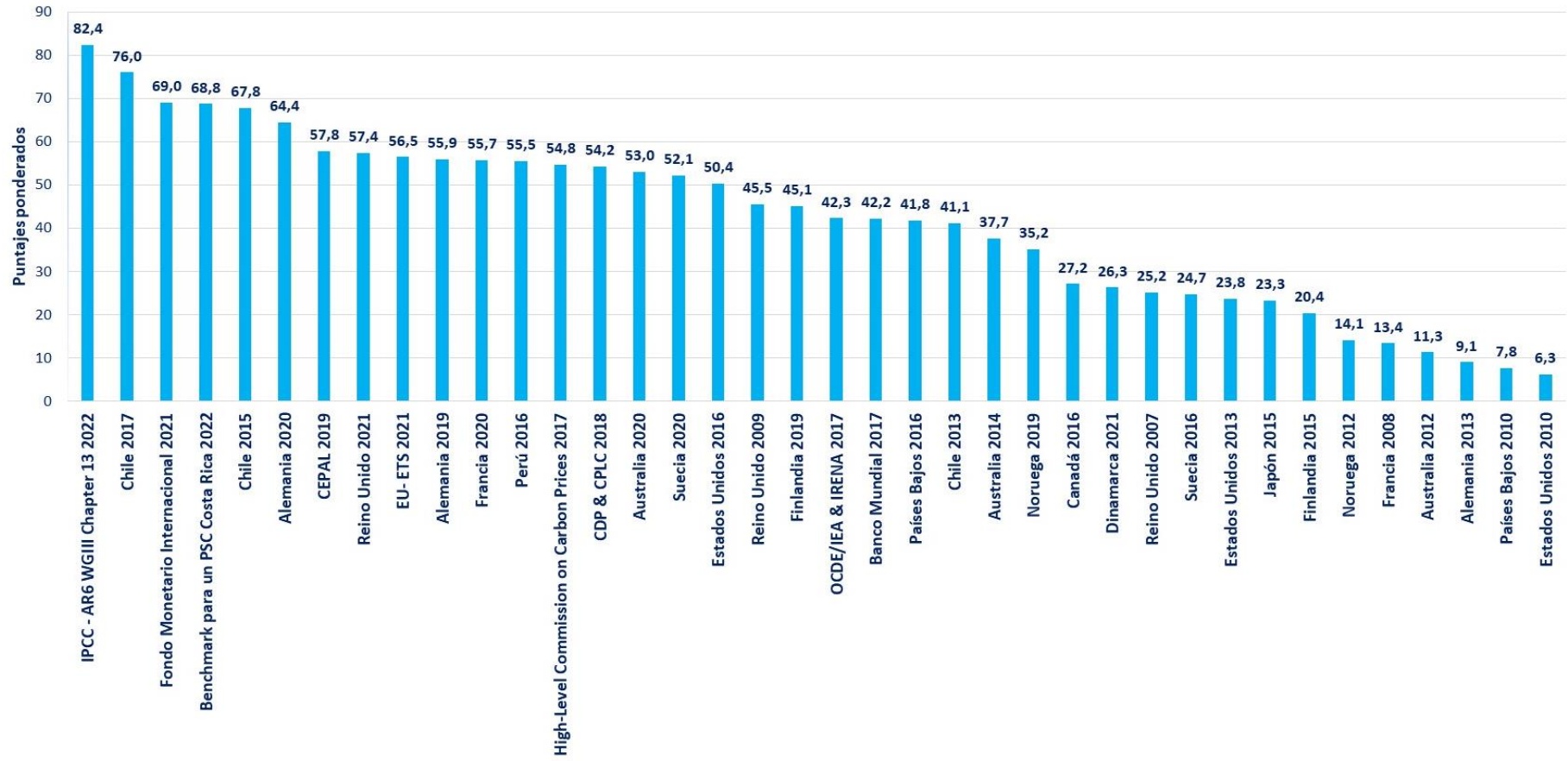
El ordenamiento generado, determinó que la fuente con el mayor puntaje ponderado fue la del “Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático entregada en el Sexto Informe de Evaluación del 2022 (IPPC, 2022)”. Esta fuente obtuvo 82,4 puntos sobre un máximo de 100.

La fuente “Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático entregada en el Sexto Informe de Evaluación del 2022 (IPPC, 2022)” entrega un PSC de 40 USD/ton CO₂e para Costa Rica. Para determinar esto se utilizó el Capítulo 13 del Grupo de Trabajo 3 del informe. En este capítulo se discute, entre otros temas, políticas nacionales y subnacionales de precio al carbono, indicando que una señal de precio compatible con los objetivos del Acuerdo de París al 2021 debía ser igual o mayor a 40 USD/tCO₂e al 2021. Cabe mencionar que el AR6 del IPCC discute sobre precio al carbono y costo social del carbono en distintos capítulos, pero la primera entrega realiza una indicación explícita para su uso a nivel nacional y para un periodo actual (i.e. en el capítulo 3 del Grupo de Trabajo 3 hay proyecciones al 2030 y al 2050, pero falta un valor de referencia al 2020).

Finalmente, se hizo un análisis de la robustez del ordenamiento y de la selección de la fuente “Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático entregada en el Sexto Informe de Evaluación del 2022 (IPPC, 2022)” como la primera en el ranking.

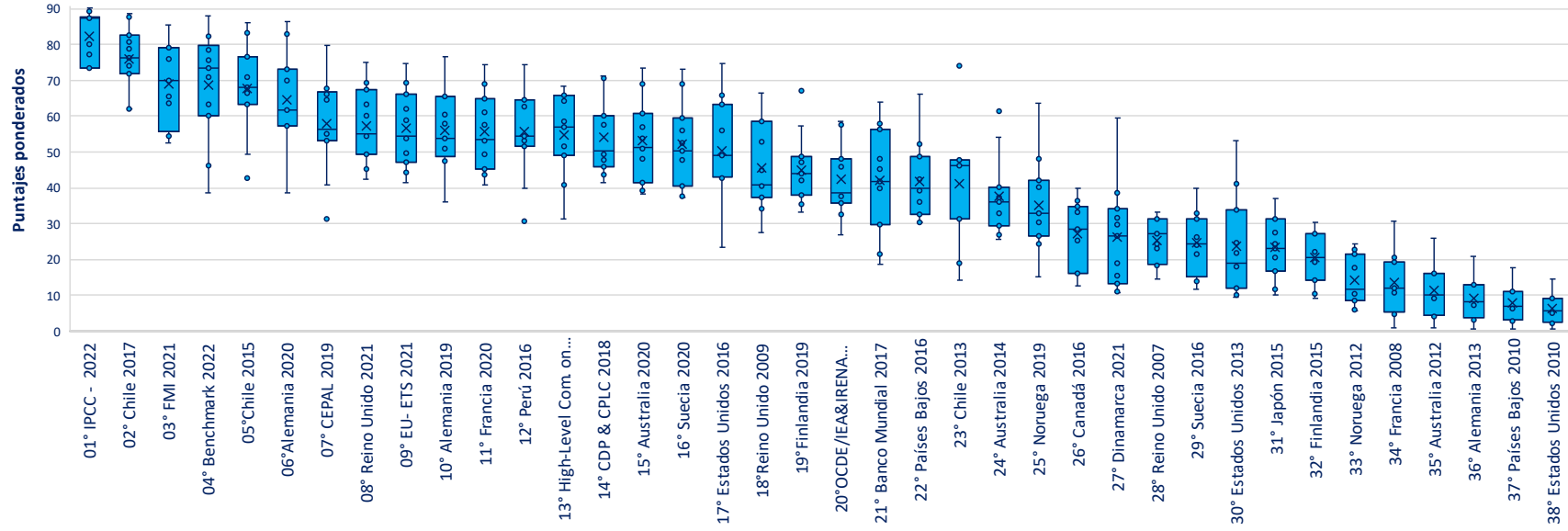
Para ello, se realizó un ejercicio de asignación de puntajes ponderados a cada fuente de información, en función de las prioritizaciones que realizó cada experto en su entrevista (gráfico 12). En otras palabras, en este ejercicio se calculó el puntaje que cada fuente de PSC obtenía para cada una de las 11 personas expertas entrevistadas, usando las ponderaciones para cada subcriterio, que habían sido obtenidas de las prioritizaciones generadas en sus entrevistas.

Gráfico 11
Ranking de evaluaciones de desempeño (0-100 puntos) de las fuentes de información de PSC



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 12
Distribución de evaluaciones de expertos para cada fuente de información PSC



Fuente: Elaboración propia.

El ejercicio entregó como resultado, 11 puntajes ponderados a cada fuente de información. La distribución de estos puntajes se aprecia en el gráfico 12, observándose bastante robustez en la primera y segunda fuente de información (IPCC 2022 y Chile 2017), con una distribución bien compacta. En estas dos fuentes, la mayoría de los puntajes obtenidos por las priorizaciones de cada experto están dentro de un rango de 10 puntos aproximadamente.

Cabe destacar que para las personas expertas que ponderaron como primera opción otras fuentes diferentes a la del IPCC 2022, esta fuente siempre estuvo entre sus cuatro primeras opciones. Por otra parte, las fuentes resultantes de PSC para los primeros lugares de esas personas expertas fueron Chile 2017 o el valor de referencia del *benchmark* 2022. Estas fuentes recomendaban PSC de 30 USD/tCO₂e (intervalo 19-40 USD/tCO₂e) y 36 USD/tCO₂e (intervalo 20-50 USD/tCO₂e), respectivamente. Estos resultados están dentro del rango de la recomendación del IPCC 2022, demostrando consistencia.

C. Precio social del carbono para Costa Rica

En resumen, el resultado de la aplicación del método indicó que la fuente de mejor desempeño para ser usado como precio social del carbono para Costa Rica es la del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático entregada en el Sexto Informe de Evaluación del 2022. Esta fuente obtuvo el mayor puntaje ponderado que fue 82,4 puntos desde una base de 100.

Como se mencionó anteriormente, esta fuente considera que para políticas nacionales y subnacionales una señal de precio compatible con los objetivos del Acuerdo de París al 2021 debe de ser igual o mayor a 40 USD/ton CO₂e.

Por consiguiente, la recomendación de precio social del carbono para Costa Rica de este informe es de 40 USD 2021/ton CO₂e. Este valor es consistente tanto con la evaluación del *benchmark*, como con la ambición climática del país y su esfuerzo en lograr un calentamiento que no supere los 2°C a finales de siglo.

D. Recomendaciones y pasos a seguir

Finalmente, se comparten algunas recomendaciones para el uso, la generación de capacidades internas del país y la actualización del precio social del carbono recomendado.

Respecto a la actualización, se recomienda actualizar el precio social del carbono al menos cada cinco años, dado que: este periodo coincide con la periodicidad de actualización de las NDC; se mantiene actualizado respecto del estado del arte del conocimiento científico; el PSC tiende a subir con el paso del tiempo dadas las características del cambio climático; y se puede incorporar nuevos antecedentes y visiones nacionales. Si la opción de Costa Rica es que se utilice nuevamente un AMC para actualizar el precio social del carbono, se recomienda actualizar la base de datos de alternativas y evaluar actualizar la definición de sub-criterios.

Respecto al uso del precio social del carbono en Costa Rica se recomienda tener una implementación progresiva, con una continua ampliación de su uso en las distintas áreas de evaluación de proyectos de inversión pública y políticas públicas. Para ello, se recomienda priorizar su uso 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. En el sector energético, resulta de utilidad utilizar el PSC en los modelos de planificación eléctrica. Por otra parte, se recomienda ir incorporando en las evaluaciones de proyectos de inversión pública, alternativas de bajas emisiones (por ejemplo, buses eléctricos).

En cuanto a la tipología de proyectos de inversión, se recomienda usar una tipología que sea similar a las medidas de mitigación identificadas en estudios como los realizados por Quirós-Tortós (Quirós-Tortós et al., 2020) y Groves (Groves et al, 2020).

Finalmente, en cuanto a la generación de capacidades para el uso del precio social del carbono, se recomienda focalizarse en generar capacidades por parte de los sectorialistas para proyectar emisiones asociadas a distintas alternativas de proyectos y/o políticas públicas. En este punto y con el fin de generar esas capacidades, se recomienda las siguientes acciones: identificar tipologías de proyecto prioritarias a nivel nacional; crear guías de evaluación social incorporando el PSC; generar herramientas de cálculo para evaluación social considerando PSC para tipologías de proyecto prioritarias; generar capacidades para realizar evaluación social con PSC para tipologías de proyectos prioritarias.

En este mismo punto, también se recomienda generar capacidades en el MIDEPLAN de Costa Rica para poder actualizar el precio social del carbono del país por cuenta propia.

VI. Conclusiones

Independientemente del método que se elija, 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, económicamente, las inversiones públicas, 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 a tasas preferenciales (por ejemplo, bonos verdes, Fondo Verde del Clima, etc.). 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, nos provee un benchmark en función del PIB (PPA) per cápita que puede orientar esta toma de decisiones, reconociendo las diferencias de ingresos entre países⁹.

Este informe entrega un análisis de las alternativas metodológicas actualmente disponibles, de sus necesidades de información y cómo esta puede cumplirse a partir de los antecedentes nacionales. De los tres métodos presentados, actualmente solo la “Definición política basada en evidencia” es el método que puede ser utilizado por Costa Rica para definir su precio social del carbono.

Respecto al método de “Costo de mitigación en base a un objetivo de política pública”, que requiere de un objetivo de política pública claro y de estudios previos que entreguen información detallada, no es del todo evidente que sea posible implementar esta alternativa. Si bien Costa Rica cuenta con valiosa información y un detallado análisis de sus emisiones, la proyección de estas, análisis de los costos de implementar medidas de mitigación, y objetivos comprometidos oficialmente no son suficientes para realizar el ejercicio de cálculo del precio social del carbono de manera directa, sin tener que volver a calcular costos de mitigación y proyectar emisiones. Esto se debe a que existen brechas importantes, como la exclusión de ciertos sectores emisores en los análisis de mitigación, entre otros factores. En este contexto, se recomienda que durante el próximo proceso de actualización de la NDC para el país se construyan curvas de costos marginales de abatimiento.

Para la definición del precio social del carbono para Costa Rica, y de manera análoga a la experiencia de otros países, como Canadá y Chile (en sus primeros ejercicios de cálculo), se recomendó a Costa Rica avanzar con el método de “Definición política basada en evidencia”, dado que permite iniciar el trabajo en esta materia apoyándose en la experiencia internacional. Para la definición del precio social del carbono, se implementó un Análisis Multicriterio, para facilitar el proceso de toma de decisiones y generar una apropiación del precio social del carbono por parte de los servicios públicos nacionales.

El método arrojó como resultado que la mejor fuente de información para Costa Rica es el Sexto Reporte de Evaluación del Cambio Climático del Panel Intergubernamental de Cambio Climático 2022, entregando un valor de 40 USD 2021/tCO₂e. Este valor está alineado con la ciencia, refleja la visión de actores nacionales y es consistente con la ambición climática de Costa Rica.

Finalmente, a partir del resultado del precio social del carbono, se recomienda al país actualizar este precio cada cinco años y que en un futuro próximo realice esfuerzos para generar capacidades internas tanto para su uso, como para una próxima actualización.

⁹ Para el caso del Costa Rica tendríamos que dado su PIB (PPA) per cápita al 2020, un PSC del carbono mínimo debiera ser de 20 USD 2021/tCO₂e, un valor esperable debiera ser de 36 USD 2021/tCO₂e, y para ser considerado un país con alta ambición climática debiera tener un PSC superior a los 50 USD 2021/tCO₂e.

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>.
- Boasson, E. L., Borbor Córdova, M. J., Fifita, S., Haïtes, E., Jaccard, M., Jotzo, F., Naidoo, S., Romero-Lankao, P., Shlapak, M., Wei, S., & Wu, L. (2022), Chapter 13: National and Sub-national Policies and Institutions. En A. Godoy & X. Labandeira (Eds.), *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Working Group III contribution*.
- 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.
- 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; Tha 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.
- Fischedick, 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.
- Godínez, G., Victor-Gallardo, L., Angulo-Paniagua, J., Ramos, E., Howells, M., Usher, W., León, F., Mesa, A., & Quiros-Tortos, J. (2020), Decarbonising the transport and energy sectors: Technical feasibility and socioeconomic impacts in Costa Rica. *Energy Strategy Reviews*, 32. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2020.100573>.
- Groves, D. G., Syme, J., Molina-Perez, E., Carlos Calvo, Luis Víctor-Gallardo, Guido Godínez-Zamora, Quirós-Tortós, J., De León, F., Meza Murillo, A., Saavedra Gómez, V., & Vogt-Schilb, A. (2020), *Costos y Beneficios de la Descarbonización de la Economía de Costa Rica: Evaluación del Plan Nacional de Descarbonización bajo incertidumbre*. Banco Interamericano de Desarrollo.
- 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/54ff9c5ce4b0a53decccfb4c/t/59b7f2409f8dce5316811916/1505227332748/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>.
- Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) 2017 Costa Rica* (2019), SINAMECC. <http://sinamecc.opendata.junarc.com/dashboards/21532/inventario-nacional-de-gases-de-efecto-invernadero-ingei-2017/>.
- K. Riahi, Schaeffer, R., Arango, J., Calvin, K., Guivarch, C., Hasegawa, T., & E. Kriegler, R. Matthews, G.P. Peters, A. Rao, S. Robertson, A.M. Sebbit, J. Steinberger, M. Tavoni, D.P. van Vuuren (2022), Mitigation pathways compatible with long-term goals. En P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley (Ed.), *IPCC, 2022: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- 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), FaIRv2.0.0: 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 Ambiente y Energía de Costa Rica (2015), *Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional de Costa Rica*. Gobierno de Costa Rica. <https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2021/01/NDC-2015-Costa-Rica.pdf>.

- Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica (2020), *Contribución Nacionalmente Determinada 2020*. Gobierno de Costa Rica.
- Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (2019), *Precios Sociales: Guía para su Aplicación*. Gobierno de Costa Rica.
- National Academies of Sciences, E. (2017), *Valuing Climate Damages: Updating Estimation of the Social Cost of Carbon Dioxide*. <https://doi.org/10.17226/24651>.
- 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>.
- 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*.
- Oddos, C. (2011), *Priorización de medidas de mitigación de emisiones de GEI usando el proceso analítico jerárquico*. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- 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.
- Price, R., Thornton, S., & Nelson, S. (2007), *The Social Cost of Carbon*. 24.
- Quirós-Tortós, J., Roccard, J., Espinoza-Cisneros, E., Birkel, C., Howells, M., Guido Godínez-Zamora, Luis Víctor-Gallardo, Mariana Zúñiga-Pérez, Aguilar-González, M. F., Eunice Pereira, & Jam Angulo-Paniagua (2020), *Desarrollo y Evaluación de Rutas de Descarbonización para Apoyar el Proceso en Costa Rica de Actualización de las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional*. Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica.
- Rogelj, J., Shindell, D., Jiang, K., Fifita, S., Forster, P., Ginzburg, V., Handa, C., Kobayashi, S., Kriegler, E., Mundaca, L., Séférián, 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.
- SSG (2022), *Estimación del Precio Social del Carbono para América Latina y el Caribe: Alternativas metodológicas para su cálculo por parte de los Sistemas Nacionales de Inversión Pública* (Estimación del Precio Social del Carbono para América Latina y el Caribe). Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- 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.
- The World Bank Group (2022), *GDP per capita, PPP (constant 2017 international \$) | Data*. World Bank Open Data. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.PP.KD>.
- 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>.

- 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>.
- Waldhoff, S., Anthoff, D., Rose, S., & Tol, R. S. J. (2014), The Marginal Damage Costs of Different Greenhouse Gases: An Application of FUND. *Economics*, 8(1), 20140031. <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>.

Anexo

Las fuentes de información consideradas se dividen en dos grandes categorías:

- i) Organismos multilaterales, estudios y mercados;
- ii) Experiencias de otros países.

Estas fueron analizadas de acuerdo a los criterios mencionados anteriormente. El detalle de cada fuente se encuentra en el cuadro A1. Cabe destacar que:

- Los valores del PIB (PPA) per cápita fueron obtenidos a partir de los datos abiertos del Banco Mundial, disponibles en el siguiente link: [GDP per capita, PPP \(constant 2017 international \\$\) | Data \(worldbank.org\)](https://data.worldbank.org/). Los valores se consideran según el año en el que se hizo el cálculo del PSC y/o se publicó el respectivo estudio, documento o reporte de organismos multilaterales. Además, dependiendo de la fuente, algunos organismos internacionales hicieron recomendaciones para grupos de países, por lo que se tomó el promedio como valor a evaluar.
- La evaluación de la experiencia previa de cada alternativa se hizo considerando, por un lado, si un país había empleado un precio al carbono previamente o no. Por otro lado, para el caso de las fuentes de organismos multilaterales, cada experiencia previa (si la hubiera) se detalla en el mismo cuadro.
- El precio al carbono se presenta en USD del año 2021.

Cuadro A1
Antecedentes relevantes de cada fuente de información utilizada en el análisis multicriterio

Fuente de información	Año de publicación y/o cálculo	Recomendaciones de precio	PIB (PPA) per cápita (en dólares 2017)	PSC considerado (en dólares 2021/tCO ₂)	Referencia
Benchmark para un PSC Costa Rica	2022	Nivel de precio acorde al ingreso de PIB per cápita de Costa Rica, asociado a un análisis econométrico. El PSC es específico para Costa Rica.	Se consideró el PIB del año 2021: \$19.903	36	SSG (2022). Estimación del precio social del carbono para la evaluación de la inversión pública en países de América Latina y el Caribe: Metodologías para definir un Precio Social del Carbono. CEPAL, Chile.
IPCC - AR6 WGIII Capítulo 13	2022	Presenta una modelación de precios al carbono consistentes con el Acuerdo de París al 2030 y 2050 (60-120 USD 2015/tCO ₂ e) y especifica que los valores a nivel global actualmente -al año 2021- debieran ser de al menos 40 USD/tCO ₂ e. El IPCC tiene experiencia previa en la estimación y recomendación de Precios al Carbono, como se puede encontrar en el Informe Especial de 1,5°C del 2018 y en el previo Informe de Evaluación (AR5) de 2013-2014.	Debido a que la recomendación es a nivel global, se consideró el PIB global del año 2021: \$17.083	40	Boasson, E. L., Borbor Córdova, M. J., Fifita, S., Haites, E., Jaccard, M., Jotzo, F., Naidoo, S., Romero-Lankao, P., Shlapak, M., Wei, S., & Wu, L. (2022). Chapter 13: National and Sub-national Policies and Institutions. En A. Godoy & X. Labandeira (Eds.), Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Working Group III contribution.
OCDE/IEA & IRENA	2017	Entrega una recomendación consistente con un escenario de 2°C para el año 2020, donde distingue tres niveles de precio según las regiones OCDE, Economías emergentes (China, Rusia, Brasil y Sudáfrica) y otras regiones.	Costa Rica se consideró como parte de la OCDE, por tanto, es el promedio de los miembros al año 2017: \$43.335	23	OECD/IEA & IRENA (2017). Chapter 2 of Perspectives for the energy transition - Investment needs for a low-carbon energy system.
CDP & CPLC	2018	Recomendación de precio enfocado en los sectores industria y energía de los países parte del G20 al año 2020. Cabe mencionar que esta fuente presenta experiencia previa en el cálculo, en la que realizó una evaluación de los precios al carbono a través de la iniciativa Carbon Pricing Corridors, inaugurada el año 2017. El 2018 realizó una actualización del estado del arte y de sus recomendaciones.	Promedio de los países del G20: \$34.005	24	CDP & CPLC (2018). Carbon Pricing Corridors - The market view 2018. The Carbon Pricing Corridors Initiative. We Mean Business.
High-Level Commission on Carbon Prices	2017	Recomendación del rango de precio para el año 2020 (40-80). Denota una diferencia en los niveles de precio acorde al contexto nacional, pero no entrega categorías de precios según países. Se considera el límite inferior del rango para el caso de Costa Rica.	PIB a nivel global del 2017: \$16.279	40	High-Level Commission on Carbon Prices (2017). Report of the High-Level Commission on Carbon Prices. Carbon Pricing Leadership Coalition. Estados Unidos.
Fondo Monetario Internacional (FMI)	2021	Entrega niveles de precio para economías avanzadas y emergentes. Hay una diferenciación entre economías avanzadas, emergentes de altos ingresos y emergentes de bajos ingresos,	De acuerdo a las categorías del FMI, Costa Rica es parte de los países de ingresos medios en Latinoamérica, sin	25	Parry, I., Black, S. & Roaf, J. (2021). Proposal for an International Carbon Price Floor among Large Emitters. IMF Staff Climate Notes 2021/001. International Monetary Fund. Washington, DC, Estados Unidos.

Fuente de información	Año de publicación y/o cálculo	Recomendaciones de precio	PIB (PPA) per cápita (en dólares 2017)	PSC considerado (en dólares 2021/tCO ₂)	Referencia
		considerando China, India, EE.UU., Reino Unido, Canadá y la Unión Europea. El caso de Costa Rica se asume dentro de la categoría "emergente de bajos ingresos". El Fondo Monetario Internacional tiene experiencia previa en el análisis de instrumentos de precio al carbono, ya sea a través de recomendaciones como medidas claves para el cumplimiento del acuerdo de París, así como evaluando la posibilidad de tener niveles de precio de acuerdo al estado de avance en este tipo de instrumentos según cada jurisdicción, planteando "Pisos de precios" (Carbon price floors). Para más información sobre actividades previas, ver también: Parry, I. W.H. (2016). International Carbon Price Floor Arrangement. IMF Working Papers. International Monetary Fund; y Parry, I., Mylonas, V. & Vernon, N. (2018). Mitigation Policies for the Paris Agreement: An Assessment for G20 Countries. IMG Working Paper. International Monetary Fund.	embargo, como no son parte del estudio, la categoría "emergente de bajos ingresos" se igualó al promedio latinoamericano para el año 2021: \$15.701		
CEPAL	2019	El metaanálisis propone una recomendación para Latinoamérica y el Caribe, sin sub-clasificaciones.	Se considera el PIB de Latinoamérica y el Caribe al año 2019: \$16.033	29	Alatorre, J.E., Caballero, K., Ferrer, J. & Galindo, L.M. (2019). El costo social del carbono: una visión agregada desde América Latina. CEPAL.
Banco Mundial	2017	Entrega recomendaciones generales sin distinción entre jurisdicciones y/o ingresos.	PIB global del 2017: \$16.279	40	World Bank (2017). Shadow price of carbon in economic analysis - Guidance note.
EU-ETS	2021	Mercado de carbono europeo se utiliza como proxy para la determinación de precios.	PIB de Europa 2021: \$44.024	54	Seguimiento de precio en el mercado, disponible en: https://ember-climate.org/data/data-tools/carbon-price-viewer/
Perú	2016	Precio nacional.	\$12.404	7	Centro de investigación de la Universidad del Pacífico (2016). Estimación del Precio Social del Carbono para la evaluación social de proyectos en el Perú. Dirección General de Inversión Pública del Ministerio de Economía y Finanzas. Perú.
Reino Unido	2021	Precio nacional.	\$42.536	351	Actualización: BEIS (2021). Policy Paper: Valuating of greenhouse gas emissions: for policy appraisal and evaluation. Government of United Kingdom.
Reino Unido	2009	Precio nacional.	\$41.593	100	DECC (2009). Carbon Valuation in UK Policy Appraisal: A revised Approach. Department of Energy and Climate Change. United Kingdom.

Fuente de información	Año de publicación y/o cálculo	Recomendaciones de precio	PIB (PPA) per cápita (en dólares 2017)	PSC considerado (en dólares 2021/tCO ₂)	Referencia
Reino Unido	2007	Precio nacional.	\$44.219	51	Prinem R., Thornton, S. & Nelson, S. (2007). The Social Cost of Carbon and the Shadow Price of Carbon: what they are, and how to use them in economic appraisal in the UK. DEFRA. Londres, Reino Unido.
Francia	2020	Precio nacional.	\$45.284	66	Quinet, A. (2019). The Value for Climate Action: A shadow price of carbon for evaluation of investments and public policies. France Stratégie.
Francia	2008	Precio nacional.	\$42.996	43	Quinet, A. (2008). La valeur tutélaire du carbone. Centre d'analyse stratégique. République Française.
Estados Unidos	2016	Precio nacional.	\$60.138	54	Interagency Working Group (2016). Technical Support Document: Technical Update of the Social Cost for Regulatory Impact Analysis - Under Executive Order 12866. Environmental Protection Agency. Gobierno de Estados Unidos.
Estados Unidos	2013	Precio nacional.	\$56.214	45	EPA/IWG (2013). Technical Support Document: - Technical Update of the Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis - Under Executive Order 12866. Environmental Protection Agency, Interagency Working Group. Gobierno de Estados Unidos.
Estados Unidos	2010	Precio nacional.	\$54.316	27	EPA/IWG (2010). Technical Support Document: Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis under Executive Order 12866. Environmental Protection Agency, Interagency Working Group. Gobierno de Estados Unidos.
Alemania	2020	Precio nacional.	\$51.374	238	Matthey A. and Bünger B. (2020). Methodenkonvention 3.1 zur Ermittlung von Umweltkosten. German Environment Agency (UBA). Alemania.
Alemania	2019	Precio nacional.	\$51.374	238	Matthey A. and Bünger B. (2019). Methodological Convention 3.0 for the Assessment of Environmental Costs: Costs Rates. German Environment Agency (UBA). Alemania.
Alemania	2013	Precio nacional.	\$49.954	124	Matthey A. and Bünger B. (2013). Ökonomische Bewertung von Umweltschäden – Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten.

Fuente de información	Año de publicación y/o cálculo	Recomendaciones de precio	PIB (PPA) per cápita (en dólares 2017)	PSC considerado (en dólares 2021/tCO ₂)	Referencia
Noruega	2012	Precio nacional.	\$61.991	30	Hagen, K.P. et al. (2012). Cost-Benefit Analysis. Official Norwegian Reports NOU 2012: 16. Ministry of Finance. Noruega.
Noruega	2019	Precio nacional.	\$64.385	59	Thune-Larse, H., Ukkonen, A., Hammes, J.J., Jensen, T.C. (2021). Transport infrastructure investment: Climate and environmental effects in cost benefit analysis in the Nordic countries. Nordic Council of Ministers.
Finlandia	2019	Precio nacional.	\$48.642	94	Thune-Larse, H., Ukkonen, A., Hammes, J.J., Jensen, T.C. (2021). Transport infrastructure investment: Climate and environmental effects in cost benefit analysis in the Nordic countries. Nordic Council of Ministers.
Finlandia	2015	Precio nacional.	\$45.073	51	Thune-Larse, H., Ukkonen, A., Hammes, J.J., Jensen, T.C. (2021). Transport infrastructure investment: Climate and environmental effects in cost benefit analysis in the Nordic countries. Nordic Council of Ministers.
Dinamarca	2021	Precio nacional.	\$62.330	29	Thune-Larse, H., Ukkonen, A., Hammes, J.J., Jensen, T.C. (2021). Transport infrastructure investment: Climate and environmental effects in cost benefit analysis in the Nordic countries. Nordic Council of Ministers.
Canadá	2016	Precio nacional.	\$47.458	38	Environment and Climate Change Canada (2016). Technical Update to Environment and Climate change Canada's Social Cost of Greenhouse Gas Estimates. Canadá.
Chile	2013	Precio nacional.	\$24.007	5	MIDESO (2017). Estimación del precio social del CO ₂ . División de Evaluación Social de Inversiones; Subsecretaría de Evaluación Social; Sistema Nacional de Inversiones.
Chile	2015	Precio nacional.	\$24.440	10	MIDESO (2017). Estimación del precio social del CO ₂ . División de Evaluación Social de Inversiones; Subsecretaría de Evaluación Social; Sistema Nacional de Inversiones.
Chile	2017	Precio nacional.	\$24.471	30	MIDESO (2017). Estimación del precio social del CO ₂ . División de Evaluación Social de Inversiones; Subsecretaría de Evaluación Social; Sistema Nacional de Inversiones.
Australia	2012	Precio nacional.	\$46.350	49	Tan, F., Lloyd, B. & Evans, C. (2012). Guide to Project Evaluation Part 4: Project Evaluation Data.
Australia	2014	Precio nacional.	\$47.232	40	Evans, C., Naude, C., Teh, J., Makwasha, T. & Ai, U. (2014). Updating Environmental externalities Unit Values. Technical Report AP-T285-14.
Australia	2020	Precio nacional.	\$49.532	47	ATAP (2021). Australian Transport Assessment and Planning Guidelines. PV5 Environmental Parameter values. Australia.

Países Bajos	2010	Precio nacional.	\$52.032	111	International Transport Forum (2015). Annex B: Carbon value and discount rates in the Netherlands. En: Transport Policy to Climate Change: Carbon valuation, risk, and uncertainty. OECD Publishing, París.
Países Bajos	2016	Precio nacional.	\$53.847	63	Aalbers, R., Renes, G. & Romijn, G. (2016). Valuation of CO ₂ emission in CBA: implications of the scenario study Welfare, Prosperity and the human Environment. Background Document. CPB Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis.
Japón	2015	Precio nacional.	\$40.402	30	OCDE (2015). Monetary carbon values in policy appraisal: an overview of current practice and key issues. Environment Working Paper Nro.92.
Suecia	2016	Precio nacional.	\$51.334	143	Trafikverket (2016). Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 6.0. English Summary of ASEK Guidelines. Versión 6.0. Suecia.
Suecia	2020	Precio nacional.	\$50.923	855	Trafikverket (2020). Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 7.0. English Summary of ASEK Guidelines. Versión 7.0. Suecia.

Fuente: Elaboración propia.

En este documento se presenta la estimación del precio social del carbono en Costa Rica como resultado de la asistencia técnica prestada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) al Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica de ese país. Se incluyen algunas consideraciones económicas para introducir el precio social del carbono como parte de la evaluación de los proyectos de inversión. Se presentan distintas metodologías que pueden usarse para definir un precio social del carbono, así como experiencias internacionales sobre el uso de estos precios y algunos valores sugeridos estimados por organismos internacionales. Sobre la base de los requerimientos de información de las distintas metodologías y su disponibilidad en Costa Rica, se seleccionó como mejor alternativa actual la definición política con base empírica. Para la estimación se desarrolló un análisis multicriterio (AMC). Los resultados del estudio recomiendan utilizar un precio social del carbono de 40 dólares de 2021 por tonelada. También se presentan valores de referencia (rango) para el precio social del carbono en Costa Rica obtenidos mediante una evaluación comparativa, basada en un análisis econométrico de las preferencias reveladas por los países que han implementado un precio social del carbono a nivel nacional.

