



Unión Europea

ONU 
medio ambiente

Programa de las Naciones
Unidas para el Medio Ambiente

ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO DE MEDIDAS DE
ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO
EN ÁREAS URBANAS DE AMÉRICA LATINA



Este documento fue desarrollado en Panamá en el año 2017 por José Alberto Lara Pulido del Departamento de Estudios Empresariales de la Universidad Iberoamericana, Alejandro Guevara Sanginés del Departamento de Economía de la Universidad Iberoamericana y por Juan Carlos Zentella Gómez, Director General de Local & Global Ideas.

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 del autor y no reflejan necesariamente los puntos de vista de la Unión Europea ni del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (ONU Medio Ambiente).

Las opiniones expresadas en este documento, son de exclusiva responsabilidad del autor y pueden no coincidir con las de las instituciones mencionadas.

Los autores agradecen las valiosas contribuciones de Agustín Matteri, Alejandro Moreno, Elena Pita, Juliana Acosta, Sebastián Rodríguez Claros y Jacinto Buenfil, quienes aportaron información muy valiosa para enriquecer este documento.

CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO 04

INTRODUCCIÓN 06

1. EL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL CONTEXTO DE LA REGIÓN DE AMÉRICA LATINA 07

2. ESTADO DEL ARTE DE METODOLOGÍAS DE IDENTIFICACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO 12

2.1 ANÁLISIS MULTICRITERIO 16

2.2 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO SOCIAL 17

2.3 ANÁLISIS COSTO EFECTIVIDAD SOCIAL 19

3. DEFINICIÓN DE CRITERIOS PARA PRIORIZAR MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO 20

4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE SELECCIÓN DE LAS MEDIDAS 24

5. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS COSTO BENEFICIO DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN ENTORNOS URBANOS 28

6. FLUJO DEL PROCESO DE PRIORIZACIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN CIUDADES 33

7. CASO DE ESTUDIO (CARTAGENA) 35

7.1 CASO DE ESTUDIO. RESTAURACIÓN DE ARRECIFES 39

7.2 CASO DE ESTUDIO. TECHOS Y PAREDES VERDES 44

7.3 CASO DE ESTUDIO. PAVIMENTOS PERMEABLES VERDES 47

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 49

ANEXO 52

REFERENCIAS 58

CUADROS - ILUSTRACIONES - TABLAS

CUADRO 1. BENEFICIO NETO SOCIAL 13

CUADRO 2. EJEMPLOS DE TÉCNICAS PARA LA DEFINICIÓN DE CRITERIOS, SUS PONDERADORES Y SU CALIFICACIÓN 16

CUADRO 3. EJEMPLO DE VALOR PRESENTE 17

CUADRO 4. MÁXIMO BENEFICIO NETO SOCIAL CON UN PRESUPUESTO DETERMINADO 18

CUADRO 5. HERRAMIENTA EN LÍNEA PARA ANÁLISIS COSTO BENEFICIO SOCIAL 18

CUADRO 6. EJEMPLO DE ANÁLISIS COSTO EFECTIVIDAD 19

CUADRO 7. LA CURVA DE MCKINSEY 19

CUADRO 8. INDICADORES DE RENTABILIDAD 29

CUADRO 9. DISCUSIÓN SOBRE LA TASA DE DESCUENTO (INTERÉS) 37

CUADRO 10. EJERCICIO DE ANÁLISIS COSTO EFECTIVIDAD 32

CUADRO 11. PLAN 4C DE CARTAGENA 36

CUADRO 12. ARRECIFES EN CARTAGENA 41

ILUSTRACIÓN 1. SISTEMA URBANO DE ACA. LATINA 08

ILUSTRACIÓN 2. PROCESO DE PRIORIZACIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO 15

ILUSTRACIÓN 3. BENEFICIO NETO SOCIAL COMO UNA FÓRMULA MATEMÁTICA 17

ILUSTRACIÓN 4. PRIORIZACIÓN ECONÓMICA DE ALTERNATIVAS 18

ILUSTRACIÓN 5. CURVA DE COSTOS DE ABATIMIENTO 19

ILUSTRACIÓN 6. ÁRBOL DE CRITERIOS QUE PUEDEN SER TOMADOS EN CUENTA EN LA DEFINICIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN 21

ILUSTRACIÓN 7. EJEMPLO DE DEFINICIÓN DE UN CRITERIO Y SUS RANGOS DE CALIFICACIÓN 22

ILUSTRACIÓN 8. EJEMPLO DE SISTEMATIZACIÓN DE LOS PASOS A SEGUIR PARA UN ANÁLISIS MULTICRITERIO 23

ILUSTRACIÓN 9. RESULTADOS DE PRIORIZACIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO A TRAVÉS DEL ANÁLISIS MULTICRITERIO 27

ILUSTRACIÓN 10. ARRECIFE VARADERO 39

ILUSTRACIÓN 11. UBICACIÓN ARRECIFE DE CORAL VARADERO 40

ILUSTRACIÓN 12. ARRECIFES DE CARTAGENA 41

TABLA 1. OCURRENCIA DE DESASTRES NATURALES EN AMÉRICA LATINA Y COSTOS ESTIMADOS 10

TABLA 2. RESULTADOS DEL TALLER DE PRIORIZACIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN A TRAVÉS DEL ANÁLISIS MULTICRITERIO 25

TABLA 3. VALORES PONDERADOS DEL EJERCICIO DE PRIORIZACIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE ACUERDO CON CRITERIOS PONDERADOS 26

TABLA 4. COSTOS DE LAS TRES MEDIDAS BAJO ANÁLISIS 30

TABLA 5. COSTOS Y BENEFICIOS DE LAS MEDIDAS BAJO ANÁLISIS 30

TABLA 6. COSTOS Y BENEFICIOS HIPOTÉTICOS 31

TABLA 7. RESULTADOS DEL EJERCICIO HIPOTÉTICO 32

TABLA 8. VALOR ECONÓMICO DE UNA HECTÁREA DE ARRECIFE DE CORAL 41

TABLA 9. COSTOS Y BENEFICIOS CONSIDERADOS EN EL ANÁLISIS 41

TABLA 10. INDICADORES DE RENTABILIDAD DE ARRECIFES 42

TABLA 11. VALOR PRESENTE NETO DESAGREGADO Y ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD 42

TABLA 12. COSTOS Y BENEFICIOS CONSIDERADOS EN EL ANÁLISIS 46

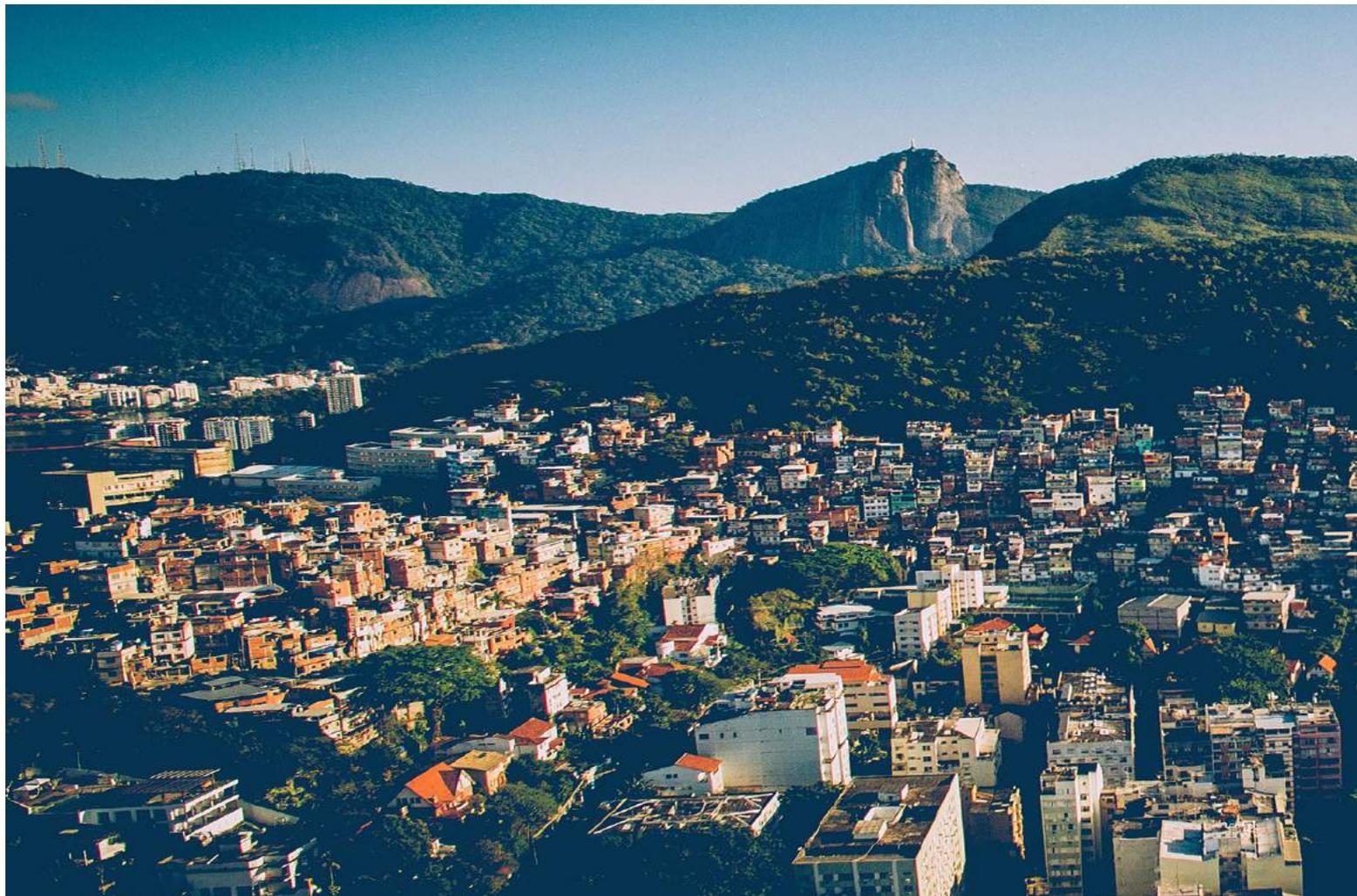
TABLA 13. INDICADORES DE RENTABILIDAD 46

TABLA 14. VALOR PRESENTE NETO DESAGREGADO Y ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD 46

TABLA 15. COSTOS Y BENEFICIOS CONSIDERADOS EN EL ANÁLISIS 47

TABLA 16. INDICADORES DE RENTABILIDAD 48

TABLA 17. VALOR PRESENTE NETO DESAGREGADO Y ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD 48



Este documento presenta un guía para el análisis cuantitativo y cualitativo de medidas de adaptación al cambio climático en ciudades de América Latina. Para ello, se describen los retos que enfrentan y enfrentarán las ciudades de América Latina a causa del cambio climático y se explica por qué es importante que se lleve a cabo un proceso de evaluación cuantitativa y cualitativa de medidas de adaptación. Se propone una metodología para la priorización de medidas de adaptación al cambio climático, que consiste en:

1. Identificar las medidas de adaptación que pueden ayudar a reducir la vulnerabilidad de las ciudades
2. Priorizar de manera cualitativa este conjunto de medidas a partir de un análisis multicriterio. Este análisis tiene un carácter participativo y permitirá seleccionar medidas que cumplan con requisitos mínimos que son deseables para los actores involucrados.
3. Una vez que se han seleccionado un conjunto de medidas priorizadas cualitativamente se lleva a cabo un análisis costo beneficio social, el cual permite identificar la rentabilidad social de las medidas preseleccionadas. Con este criterio se obtienen los mayores beneficios socioeconómicos y ambientales para una sociedad.

Esta metodología tiene el objetivo de asignar recursos (escasos) de manera eficiente, pero a la vez garantizando que las medidas que se llevarán a cabo cumplen con criterios que van más allá de lo económico, tal como el respeto a grupos vulnerables, y además que sean políticamente factibles.

En el documento se explica de manera detallada en qué consiste realizar un análisis multicriterio, un análisis costo beneficio y uno

de costo efectividad; se discuten sus alcances y limitaciones y se presentan ejemplos sencillos para guiar paso a paso la realización de este tipo de análisis.

En una sección posterior se presentan tres casos de estudio de un análisis costo beneficio social, aplicado a la Ciudad de Cartagena, Colombia. Allí se utiliza como marco el Plan de Cambio Climático de esta Ciudad - Plan4C - el cual tiene una visión al 2040 y es la hoja de ruta para hacer una Cartagena más competitiva y compatible con el Clima. (Para conocer más visite www.plan4c.com). Desde el 2010, es un esfuerzo de ciudad liderado por la Alcaldía Mayor de Cartagena, desde la Secretaría de Planeación Distrital y por primera vez, en asocio con una agencia de inversión, Invest In Cartagena, para fortalecer la coordinación de este plan involucrando al sector privado.

En el Análisis Costo-Beneficio de Medidas de Adaptación al Cambio Climático para la ciudad de Cartagena, específicamente se analizan las medidas de: restauración de arrecifes, instalación de techos verdes y el establecimiento de pavimentos permeables. Para cada caso se explica en detalle las fuentes de información usadas y los resultados del análisis. Ordenadas de acuerdo a su rentabilidad, los resultados indican que en primer lugar se encuentra la restauración de arrecifes, seguida de los pavimentos permeables, y al final se ubican los techos verdes. Para cada medida se discuten las limitaciones y recomendaciones del análisis. En los tres casos se utilizaron fuentes secundarias de información, que por su propia naturaleza podrían estar sujetas a errores de medición. En lo que se refiere a recomendaciones se obtienen las siguientes:

1. Se recomienda realizar un análisis cualitativo de la función de protección costera que tienen los arrecifes en Cartagena de



Indias. Esto puede realizarse con la plataforma InVEST, que es suficientemente flexible para adaptarse a distintos contextos del mundo. La sugerencia es importante debido a que el análisis costo beneficio que se realizó, está basado en el supuesto de que esta área de arrecifes cumple la función de proteger la costa contra inundaciones y por tanto debería verificárselo.

2. Se recomienda llevar a cabo un análisis del potencial turístico que pudiera tener la restauración de arrecifes, pues una parte importante de la rentabilidad de esta medida depende de este beneficio.

3. Se recomienda llevar a cabo un programa piloto de techos verdes en un grupo reducido de edificaciones. Es muy recomendable que este programa piloto tenga asociado un mecanismo de medición de los beneficios (reducción de consumo de energía, capacidad de captura de agua). Adicionalmente, se recomienda que este piloto sea realizado de manera conjunta con el sector privado para analizar si este tipo de sistemas son atractivos en términos de reducción de consumo de energía y de valor estético de las edificaciones. Dados los resultados del análisis costo beneficio social (cuya rentabilidad no sugiere su priorización) se recomienda que se haga este programa piloto antes de promover su adopción generalizada.

4. En un principio se consideró el análisis de construcción de canales para reducir el riesgo de inundación ya que estos están actualmente en Cartagena en consecución de recursos para el Plan Maestro de Drenajes Pluviales. Dicho Plan considera 154 canales, 191 kilómetros de longitud aproximadamente. Las obras de canalización pueden tener un valor aproximado de U\$S 525.000,00. Asimismo, la medida está siendo integrada con infraestructura verde para complementar su funcionalidad y disminuir algunos de los efectos que pueden traer este tipo de obras. Sin embargo, se

optó por analizar la instalación de pavimentos permeables porque los canales elevan la propagación de mosquitos y sus consecuentes efectos negativos en la salud. Además, los costos de estos canales superan al de los pavimentos permeables, lo que permitió prever su baja rentabilidad. En este sentido, los pavimentos permeables son una inversión rentable, aunque esta rentabilidad es muy sensible a pequeñas variaciones en los beneficios y costos considerados (reducción de daños a infraestructura y costo de instalación). Por ello, se recomienda hacer un análisis de los costos de instalación con proveedores locales y un análisis de los costos económicos por inundación a partir de datos que disponga la autoridad local, en caso de existir. Adicionalmente, se recomienda que esta estrategia sea complementada con medidas de adaptación basadas en ecosistemas, integrando infraestructura “gris” y “verde” dentro de una misma estrategia de adaptación.

En este documento se presenta de manera didáctica la forma en que se realiza un análisis costo beneficio basado en la información disponible. Los casos de estudio presentados ilustran cómo es posible realizar este tipo de análisis y de generar recomendaciones puntuales aún con información limitada. En este sentido, los interesados (responsables de política, organizaciones sin fines de lucro, por mencionar algunos) pueden realizar este tipo de análisis siguiendo esta guía. Se procuró incluir información detallada sobre las fuentes de información para valorar costos y beneficios que comúnmente son complejos de valorar (por ejemplo, se describió cómo hacer uso de bases sistematizadas de valoración económica de servicios económicos-específicamente la *Environmental Services Valuation Database*, ESP, 2010) y también se presentan vínculos a recursos informáticos para facilitar el análisis (ver <http://financiamientosustentable.alianza-mredd.org/>).

INTRODUCCIÓN

El cambio climático tiene y tendrá serias repercusiones en las ciudades de América Latina. Ante este panorama se justifica que los gobiernos dirijan recursos económicos a medidas de adaptación al cambio climático. Sin embargo, para que estos recursos tengan el mayor impacto se requiere realizar una evaluación cuantitativa y cualitativa de las posibles alternativas a realizar. En este documento, realizado en el marco del Programa EUROCLIMA financiado por la Unión Europea, se presenta una guía de cómo llevar a cabo esta evaluación.

Específicamente se describe cómo llevar a cabo (i) un análisis multicriterio, que tiene el objetivo de priorizar las medidas de adaptación a partir de criterios deseables por los actores involucrados; y (ii) de un análisis costo beneficio (o en caso de no contar con información de todos los beneficios, un análisis costo efectividad) que permite priorizar las medidas de adaptación a partir de un criterio objetivo, basado en unidades monetarias. El proceso sugerido para esta evaluación es primero realizar un análisis multicriterio para seleccionar un conjunto de medidas que cumplen los criterios deseables para los actores involucrados y posteriormente realizar un análisis costo beneficio a las medidas que tuvieron una calificación más alta en el ejercicio multicriterio. Así, se elegirán las medidas que tengan asociado el mayor beneficio social y que además cumplan con criterios cualitativos deseables por los actores involucrados.

En una sección posterior se presentan tres casos de estudio en la Ciudad de Cartagena de Indias, Colombia para mostrar cómo se realiza este análisis costo beneficio y cómo se pueden obtener recomendaciones puntuales aún con información limitada. El objetivo de esta guía es presentar una metodología simple, útil y efectiva, que facilite a los tomadores de decisiones o actores involucrados a tomar mejores decisiones y adaptadas al contexto de la realidad local.



I. EL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL CONTEXTO DE LA REGIÓN DE AMÉRICA LATINA

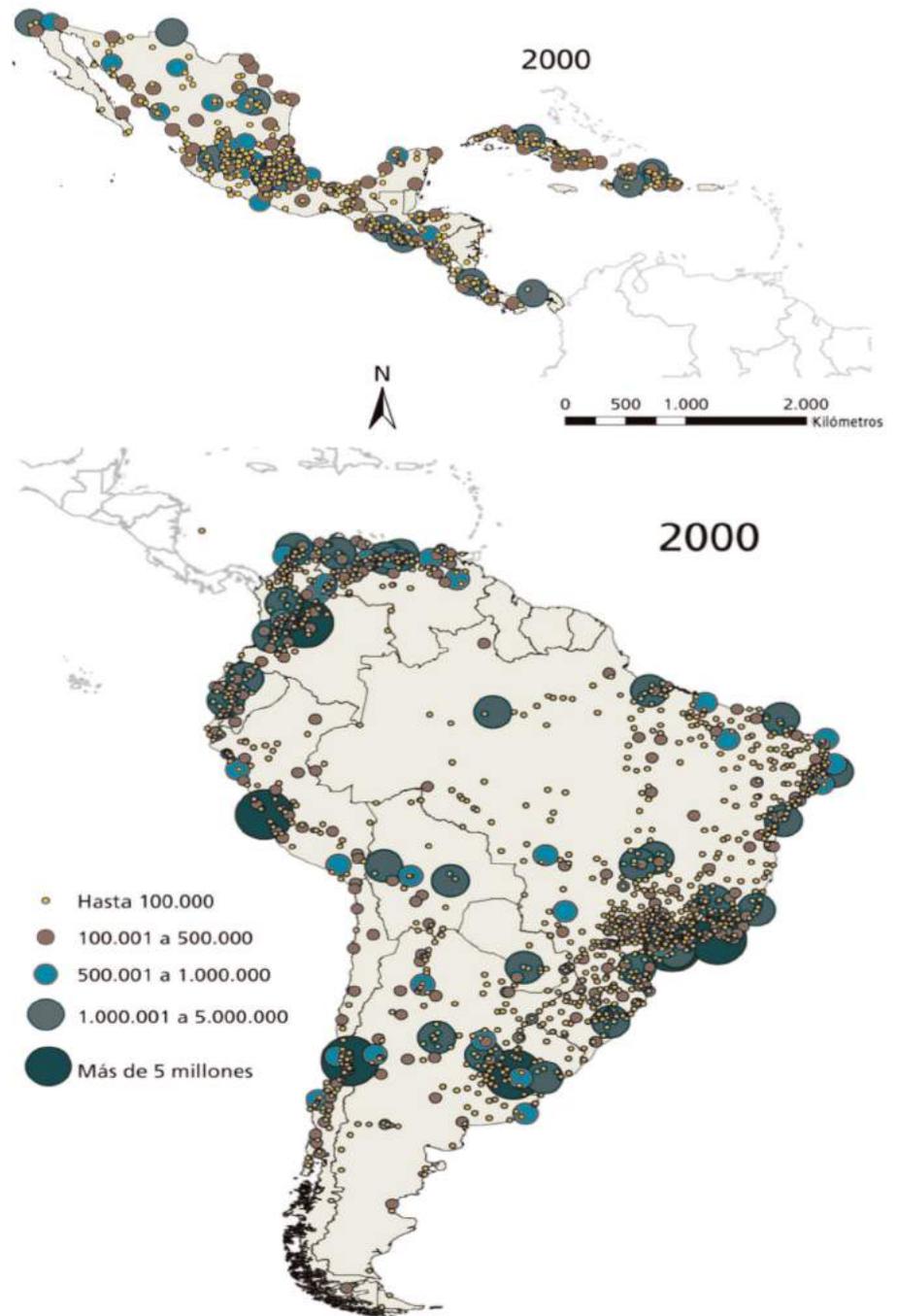


La Región de América Latina es una de las más urbanizadas del mundo. De acuerdo con datos de Naciones Unidas, aproximadamente el 80% de su población vive en ciudades (ONU-Hábitat, 2012). Esto tiene implicaciones fundamentales en el contexto del cambio climático en la medida en que, por un lado, las ciudades son responsables de buena parte de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y por otro lado, la concentración de personas, bienes y activos en un espacio relativamente restringido como es el caso de las ciudades, las expone a los efectos de desastres asociados a la variabilidad climática y al cambio climático.

Múltiples estudios coinciden en que las ciudades contribuyen con alrededor del 60 al 80% de las emisiones mundiales de GEI¹, por lo que es razonable señalar que la población urbana contribuye en una proporción similar a dichas emisiones y que estas contribuciones se incrementarán en la medida en que se vaya urbanizando el mundo. En 2014, la población mundial alcanzó los 7.200 millones de habitantes, de los cuales el 54,16% (3.900 millones) era población urbana. Hacia 2050 se estima que la población alcance 9.200 millones de habitantes, de los cuales, 6.300 millones habitarán en las ciudades, lo que corresponde al 68,5% de la población mundial estimada para ese año. Buena parte de este crecimiento en la población urbana tendrá lugar en las ciudades de países en vías de desarrollo, destacando a China e India.

América Latina tuvo su “explosión urbana” entre 1950 y 1990 (ONU-Hábitat, 2014). Sin embargo, con una tasa de urbanización del 80%, el fe-

ILUSTRACION 1 Sistema Urbano de Latinoamérica



Fuente: Extraído de ONU-Hábitat, 2014

nómeno de la urbanización avanza a ritmos más lentos respecto a otras regiones del mundo. Con una población de 588 millones de habitantes en 2010, aporta el 8.5% de la población mundial, aunque esta proporción irá disminuyendo ligeramente en las próximas décadas debido a una tasa de fecundidad decreciente que ha pasado de 5.8 hijos por mujer en 1950 a 2.09 en 2010 (ONU-Hábitat, 2014). Al interior de la Región se identifican diferencias importantes en la distribución y concentración de la población. Mientras que México y Brasil concentran el 18.5% y 33% de la población total de la región respectivamente; regiones como Centroamérica y El Caribe contribuyen con el 7%, el Cono Sur (Argentina, Chile, Paraguay y Uruguay) con el 12% y el Arco Andino-Ecuatorial (Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia, Venezuela, Guyana, Guyana Francesa y Surinam) contribuye con el 22% (ONU-Hábitat, 2014).

Los avances en los procesos de urbanización en América Latina, supondrían una mejora en las condiciones de habitabilidad y reducción de la pobreza en los países de la región. Sin embargo, persisten fenómenos como la pobreza urbana, la irregularidad en la tenencia de la tierra y, la ocupación de zonas no aptas para el desarrollo urbano, de alto valor ambiental o sujeta a riesgos de desastres asociados a la variabilidad climática y al cambio climático. Uno de los rasgos que distingue a las ciudades de América Latina es la pobreza y su asociación con una ocupación irregular de los asentamientos humanos. Ambos fenómenos (pobreza y ocupación irre-

gular del suelo) agravan los impactos de fenómenos extremos asociados al cambio climático.

A estos fenómenos, se suman problemas de gestión para una mejor prestación de servicios públicos como agua potable y drenaje, transporte público, seguridad pública, o bien para instrumentar una política climática de corto, mediano y largo plazo. Así, otra de las características comunes de las ciudades latinoamericanas son los rezagos en materia de infraestructura hidráulica y sanitaria, tasas de motorización exponenciales (ONU-Hábitat, 2012) y la saturación de las vialidades con la consecuente pérdida de la calidad del aire; una expansión urbana sin precedentes que además de incentivar el transporte motorizado y recorridos largos; induce cambios de uso de suelo sobre zonas que prestan servicios ambientales a las ciudades como retención de suelo, captura de carbono, filtración del aire, infiltración de agua hacia los acuíferos, prevención de olas de calor, entre otros.

La exposición a estos fenómenos causa estragos en la infraestructura productiva de las ciudades y en la población, particularmente en la población más vulnerable y su patrimonio. En un reporte sobre los impactos de los desastres en América Latina y El Caribe entre 1990 al 2011, la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, estima pérdidas mínimas sólo en vivienda, del orden de los 53 mil millones de dólares en los 16 países estudiados que contaban con estadísticas confiables.² Otras fuentes de información que incluyen a más países y varios

tipos de amenazas naturales estiman costos superiores que alcanzan más de 87 mil millones de USD entre 1990 a 2015. (Véase Tabla 1).

Muchos gobiernos de las ciudades en América Latina reconocen los riesgos a los que están expuestos (Magrin, 2015), pues han sufrido las consecuencias de los impactos de fenómenos extremos como huracanes, inundaciones, sequías, ondas de calor, enfermedades por vectores, erosión costera, intrusión salina, elevación del nivel del mar³, etc. Ejemplo de ello son el caso de México, en donde la Sociedad Civil, con respaldo del gobierno y de organismos internacionales han impulsado la generación de programas de acción climática a nivel subnacional, al igual que Chile lo está haciendo bajo el apoyo de ONU Medio Ambiente y el programa EUROCLIMA legislativo; y en Colombia, la ciudad de Cartagena, la cual ha establecido lineamientos de adaptación al cambio climático.

2. Esta cifra se estimó tomando en cuenta 1 millón 116 mil 300 vivienda destruidas y 6 millones 31 mil 877 dañadas con un costo de 20 mil USD de reposición para las viviendas destruidas y de 5 mil USD de reparación para las viviendas dañadas, en 22 años de desastres. (UNISDR – Corporación OSSO, 2012).

3. La elevación del nivel medio del mar, documentada prácticamente en todas las estaciones mareográficas del mundo (Stocker, Thomas et al., 2013), puede llegar a tener un impacto en los acuíferos y en los asentamientos humanos de la Región. Actualmente, aproximadamente el 42% de la población vive en localidades a menos de 100 kilómetros de la línea costera. Asimismo, 60 de las 77 ciudades más densamente pobladas de América Latina y El Caribe, están situadas cerca de alguna costa (ONU-Hábitat 2012), por lo que es necesario que estos gobiernos locales cobren conciencia y construyan una agenda de adaptación al cambio climático robusta.

TABLA 1 Ocurrencia de desastres naturales en América Latina y costos estimados (1990 – 2015)

PAÍS	OCURRENCIA (Desastres naturales)	MUERTES	AFECTADOS	HERIDOS	SIN CASA	TOTAL DE AFECTADOS	COSTO ESTIMADO (miles de usd)
ARGENTINA	67	484	1,662,814	315	129,504	1,792,633	6,409,410
BELICE	14	64	232,600	570		233,170	557,004
BOLIVIA	52	1,045	3,907,562	453	59,300	3,967,315	1,839,500
BRASIL	120	3,449	50,232,423	2,536	716,235	50,951,194	14,436,670
CHILE	51	648	1,058,916	750	136,305	1,195,971	4,121,400
COLOMBIA	83	3,002	10,490,748	2,238	208,963	10,701,949	3,443,903
COSTA RICA	36	182	1,372,087	62	35,127	1,407,276	702,390
ECUADOR	31	1,045	915,809	421	99,838	1,016,068	1,811,500
EL SALVADOR	33	1,024	1,486,040	3	19,800	1,505,843	3,024,710
GUYANA FRANCESA	2	10	SD	5	70,000	70,005	SD
GUATEMALA	49	3,003	6,149,176	799	55,370	6,205,345	3,078,913
GUYANA	7	34	1,243,974		10,000	1,253,974	677,800
HONDURAS	46	15,605	4,616,668	12,049	58,712	4,687,429	4,402,379
MÉXICO	149	4,331	13,521,923	1,467	693,401	14,216,791	36,939,610
NICARAGUA	42	3,876	2,915,069	264	15,872	2,931,205	1,099,350
PANAMÁ	34	125	168,707	447	4,960	174,114	235,850
PARAGUAY	32	151	2,995,475	202	14,500	3,010,177	68,507
PERÚ	70	4,132	10,380,511	1,827,473	329,342	12,537,326	442,000
SURINAM	2	5	31,548	SD	SD	31,548	SD
URUGUAY	24	26	173,726	12	14,300	188,038	325,000
VENEZUELA	30	30,383	735,378	3,642	171,358	910,378	3,497,500
TOTAL	974	72,624	114,291,154	1,853,708	2,842,887	118,987,749	87,113,396

Fuente: Elaboración propia con base en The International Disaster Data Base. <http://www.emdat.be>. Última consulta: 9 de junio de 2016

*Nota: Los desastres naturales incluyen eventos meteorológicos (temperaturas extremas, tormentas), hidrológicos (inundaciones, deslizamientos, erosión por acción del mar), y climatológicos (sequías, incendios). No incluye eventos biológicos (epidemias y enfermedades por vector) ni eventos geológicos (actividad volcánica).
SD: Sin dato

Esta toma de conciencia sobre los riesgos climáticos a los que están expuestas las ciudades, ha llevado a varios gobiernos locales de América Latina a integrar en sus instrumentos de planeación y ordenamiento urbano, estrategias tanto de mitigación como de adaptación y resiliencia; o bien la elaboración de planes de acción climática con un enfoque transversal a sectores cuyas acciones inciden de manera directa e indirecta en la mitigación o adaptación. Ejemplo de ello son las acciones en materia de transporte y movilidad, calidad del aire, infraestructura hidráulica, obras de protección contra inundaciones, etc. (Hoornweg, 2011), es decir, se trata de acciones que pueden generar sinergias para resolver un problema concreto y simultáneamente atender prioridades de mitigación o adaptación.

Ante un mundo en proceso de urbanización del que América Latina no es ajena, es prioritario fortalecer y acelerar las estrategias de adaptación al cambio climático en las zonas urbanas.

Sin embargo, la complejidad en la cadena de relaciones entre aquellas causas que generan el cambio climático, las consecuencias a nivel urbano y las medidas que es posible adoptar, existen incertidumbres sobre qué medidas son las más adecuadas para llevar a cabo. Por otro lado, las acciones de mitigación y adaptación pueden ser de corto, mediano o largo plazo y los recursos invertidos pueden ser modestos para acciones puntuales, o bien tan ambiciosos que pueden llegar a comprometer los presupuestos públicos de las ciudades.

En este sentido, los gobiernos locales se enfrentan a la necesidad

de tener que elegir entre múltiples opciones de acción climática. De ahí la utilidad de desarrollar métodos que les permitan tomar la mejor decisión sobre cuál de entre varias acciones es la más efectiva para el cumplimiento de un objetivo o meta, para generar sinergias o lograr metas en dos sectores de manera simultánea, para evitar daños o lograr un impacto social positivo, o bien, cuál medida es la más eficiente en términos del impacto por unidad monetaria invertida. Esto es relevante pues se reconoce que una de las características de los gobiernos locales latinoamericanos son las finanzas públicas débiles⁴, en particular en ciudades medias y pequeñas, quienes a veces son las más vulnerables frente a los impactos del cambio climático.

Existen varios métodos para analizar el impacto o los beneficios potenciales de algunas medidas de adaptación y resiliencia al cambio climático en el entorno urbano, mismos que permiten auxiliar a tomadores de decisión sobre qué medida es la más adecuada. Pueden ser métodos de carácter cualitativo como un análisis sobre las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA), un análisis multicriterio, entre otros; o bien un análisis cuantitativo como son el análisis costo beneficio y el análisis costo efectividad.

Si bien el análisis costo beneficio es aplicable en medidas tanto de mitigación como de adaptación, la presente guía centrará el foco en el método de Análisis Costo – Beneficio de medidas de adaptación, pues la vertiente de mitigación es la que más atención ha tenido en la agenda pública y sus impactos son relativamente más fáci-

les de medir a través de las toneladas de CO₂ equivalente mitigadas. En contraste, al ser más complejas en su implementación, las medidas de adaptación al cambio climático son más difícilmente medibles, principalmente sus beneficios, así como en los efectos o resultados esperados, pues la cadena de decisiones y eventos que involucra es compleja.

El cambio climático es inequívoco y sus efectos ya se están sintiendo en todo el planeta. Por ello, es imperativo que las ciudades y sus gobernantes, opten por medidas de adaptación eficientes y adecuadas a su propia realidad. Con esta guía, procuramos que los gobernantes, con la participación de ciudadanos, tomen las mejores decisiones.

4. Por ejemplo, México destaca como uno de los países de la región que menos recauda por concepto de impuesto predial (OCDE, 2012). Se estima que los gobiernos municipales recaudan por este concepto, menos del 0.21% del PIB del país, mientras que otros países latinoamericanos recaudan proporcionalmente más del doble respecto a su PIB: Chile, 0.63%; Colombia, 0.62%; Brasil, 0.45%; Argentina, 0.44% y Panamá, 0.35% (De Cesare, 2010) Sin embargo, cuando comparamos lo que se recauda en ciudades de países desarrollados, las ciudades de América Latina tienen un bajo desempeño recaudatorio. (OCDE, 2012)

2. ESTADO DEL ARTE DE METODOLOGÍAS DE IDENTIFICACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO



Dado que las necesidades de las sociedades son ilimitadas y los recursos finitos, los gobiernos se ven obligados a establecer criterios de eficiencia para asignar el gasto público. Reducir los efectos negativos del cambio climático es uno de los principales retos que enfrenta la humanidad y por tanto se justifica dirigir una parte de los recursos públicos a ello, lo cual, como se comentó en el apartado anterior ha sido reconocido por los gobiernos de América Latina. Sin embargo, surgen dos preguntas fundamentales: **primero, ¿cuánto dinero debe dirigirse a reducir estos efectos; y segundo, ¿cómo distribuir de manera eficiente estos recursos a las distintas alternativas que pueden elegirse?** La respuesta económica a esta pregunta es asignar los recursos públicos a proyectos que generen el máximo beneficio neto social (Cuadro 1). Este criterio es simple como concepto pero complejo en la práctica, porque supone que se dispone de información completa sobre todos los costos y beneficios que enfrenta una sociedad para todas las posibles decisiones que se puedan elegir. Además, supone que todos los actores involucrados están de acuerdo en la decisión.

CUADRO 1. Beneficio Neto Social:

Es la resta de los beneficios sociales totales menos los costos sociales totales de llevar a cabo un proyecto.
Es una medida expresada en unidades monetarias

Cuando se analizan proyectos financieros, desde una perspectiva privada, es relativamente fácil implementar el concepto de máximo beneficio neto. El analista tiene que hacer una lista

exhaustiva de los costos y beneficios directos que implican un conjunto de alternativas, para determinar cuál de ellas es la más rentable. Por ello, las empresas eligen sus inversiones con base en este criterio, el cual les permite obtener las máximas ganancias posibles. Sin embargo, desde la perspectiva social este concepto es más difícil de implementar por cuatro razones fundamentales:

Primero. Desde la perspectiva social se generan beneficios y costos que no necesariamente implican una transacción en el mercado ¿cuánto vale proteger una vida? ¿cuánto vale evitar la erosión? En general, ¿cuánto vale dotar de bienes públicos a una sociedad? Para este tipo de beneficios no existe un mercado donde oferentes y demandantes intercambian cantidades del bien o servicio a un precio determinado. Por tanto, se requiere de un enfoque alternativo que permita asignar un valor económico a estos beneficios que no tienen precio.

Segundo. En el ámbito público hay una amplia diversidad de actores involucrados que se ven afectados o beneficiados por las decisiones públicas. En este contexto, el simple concepto de beneficio neto puede no ser suficiente para llevar a cabo una inversión. Ésta puede representar el máximo beneficio para la sociedad pero puede no ser aceptable por algunos actores involucrados, ya sea por cuestiones éticas, culturales, o distributivas, por mencionar algunas. La solución a este dilema es incorporar al análisis cuestiones de política pública y no solo de ciencia económica.

Tercero. Los recursos humanos y económicos disponibles pueden no ser suficientes para llevar a cabo un

análisis de eficiencia económica para todas las alternativas que pueden elegirse. Una ciudad puede enfrentar una multitud de problemas asociados al cambio climático, que afectarán diversas dimensiones del bienestar humano (salud, protección a la infraestructura, productividad de las actividades económicas, por mencionar algunas) y cada uno de estos problemas puede tener igualmente múltiples alternativas de solución; así, tenemos un número diverso de problemas con un número por igual diverso de soluciones. Un análisis económico completo supone que se estima el beneficio neto social de todas las alternativas para los diversos problemas y se eligen aquellas alternativas que tienen asociado el beneficio neto social máximo. Sin embargo, en términos prácticos una sociedad difícilmente tiene disponibles los recursos y tiempo suficientes para llevar a cabo este análisis exhaustivo. Por tanto, una alternativa de solución pragmática a este dilema es priorizar de manera cualitativa tanto problemas, como alternativas de solución.

Cuarto. Los efectos del cambio climático son inherentemente inciertos, si bien existe un consenso generalizado sobre que es más costoso la inacción que llevar a cabo medidas para reducir sus efectos negativos (ver por ejemplo European Commission, 2013)⁵, la incertidumbre sigue presente en el sentido de que el beneficio neto social de llevar a cabo una medida puede tener una alta variación dependiendo de las condiciones climáticas. Esto es, una alternativa de solución a un problema puede tener el máximo beneficio neto social pero este beneficio puede depender grandemente de la variación en las condiciones climáticas. Por ello, la toma de decisiones debe considerar esta variación.

Cabe señalar que estos elementos de complejidad en la toma de decisiones en torno a los efectos negativos del cambio climático están presentes tanto en la esfera de la mitigación como de adaptación, así como en el entorno rural y urbano; sin embargo, podemos argumentar que son especialmente pronunciados en el tema de adaptación en el contexto urbano. En primer lugar, en la esfera de la mitigación el problema está más definido: reducir la cantidad de emisiones de efecto invernadero, sin embargo, en la esfera de la adaptación, se enfrentan una variedad de problemas: proteger a la población e infraestructura, evitar pérdidas en productividad de actividades económicas, garantizar la seguridad alimentaria, garantizar la provisión de agua, entre otras. En segundo lugar, en el contexto urbano habita una mayor cantidad de población y hay mayor concentración de bienes e infraestructura, por tanto, los problemas tienen una magnitud absoluta mayor.⁶ Por lo anterior, resulta de especial relevancia que las ciudades dirijan de manera eficiente recursos públicos a procesos de adaptación al cambio climático.⁷

Estos elementos de complejidad explican el surgimiento de metodologías de carácter cualitativo para la priorización de medidas de adaptación al cambio climático. Como muestra, el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) quien desarrolló un “Compendio de métodos y herramientas para evaluar los impactos de la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático.” En este compendio se enlistan metodologías tanto

cualitativas como cuantitativas para la toma de decisiones en materia de adaptación al cambio climático.

En este documento profundizamos el análisis sobre tres herramientas dentro de este compendio: el análisis multicriterio, el análisis costo beneficio y el análisis costo efectividad. La primera es una herramienta de carácter cualitativo y las otras dos son de carácter cuantitativo. La razón de enfocar el análisis en solo estas tres herramientas radica en lo siguiente: (i) el análisis multicriterio permite incorporar dimensiones que trascienden lo económico, además de facilitar la inclusión y participación de todos los actores involucrados, (ii) una versión del análisis multicriterio ha sido desarrollada, impulsada e implementada en México por la Agencia de Cooperación Alemana (GIZ); (iii) algunos elementos de esta metodología fueron recientemente aplicados en un proceso de priorización de medidas de adaptación al cambio climático en Uruguay⁸ y (iv) las herramientas de carácter cuantitativo (análisis costo beneficio y análisis costo efectividad) tienen un fundamento sólido basado en la teoría económica. Cabe señalar que en todos los casos se cuenta con información de primera mano sobre las ventajas y desventajas en la práctica de cada una de ellas, por lo que lo expuesto aquí es resultado de la experiencia real de la aplicación de estas metodologías. Finalmente, estas tres herramientas comprenden las dos grandes visiones (cualitativa y cuantitativa) en cuanto a la toma de decisiones en torno a la adaptación de las ciudades al cambio climático.

Lo que se propone en estos lineamientos es una versión híbrida entre el análisis cualitativo y cuantitativo.

Como se comentó con anterioridad, un análisis económico completo supondría contar con información completa, la alineación de intereses de actores involucrados y la disponibilidad de recursos suficientes para realizar el análisis económico. Una vez identificado el beneficio neto social para cada una de las alternativas de adaptación a los problemas que provienen del cambio climático se elegirán aquellas de mayor rentabilidad social. Sin embargo, dado que esto no ocurre generalmente en la práctica, nuestra propuesta es someter las alternativas de solución a un análisis de priorización cualitativo y posteriormente, realizar un análisis económico sobre un conjunto selecto de medidas que fueron previamente priorizadas (ver ilustración 2).

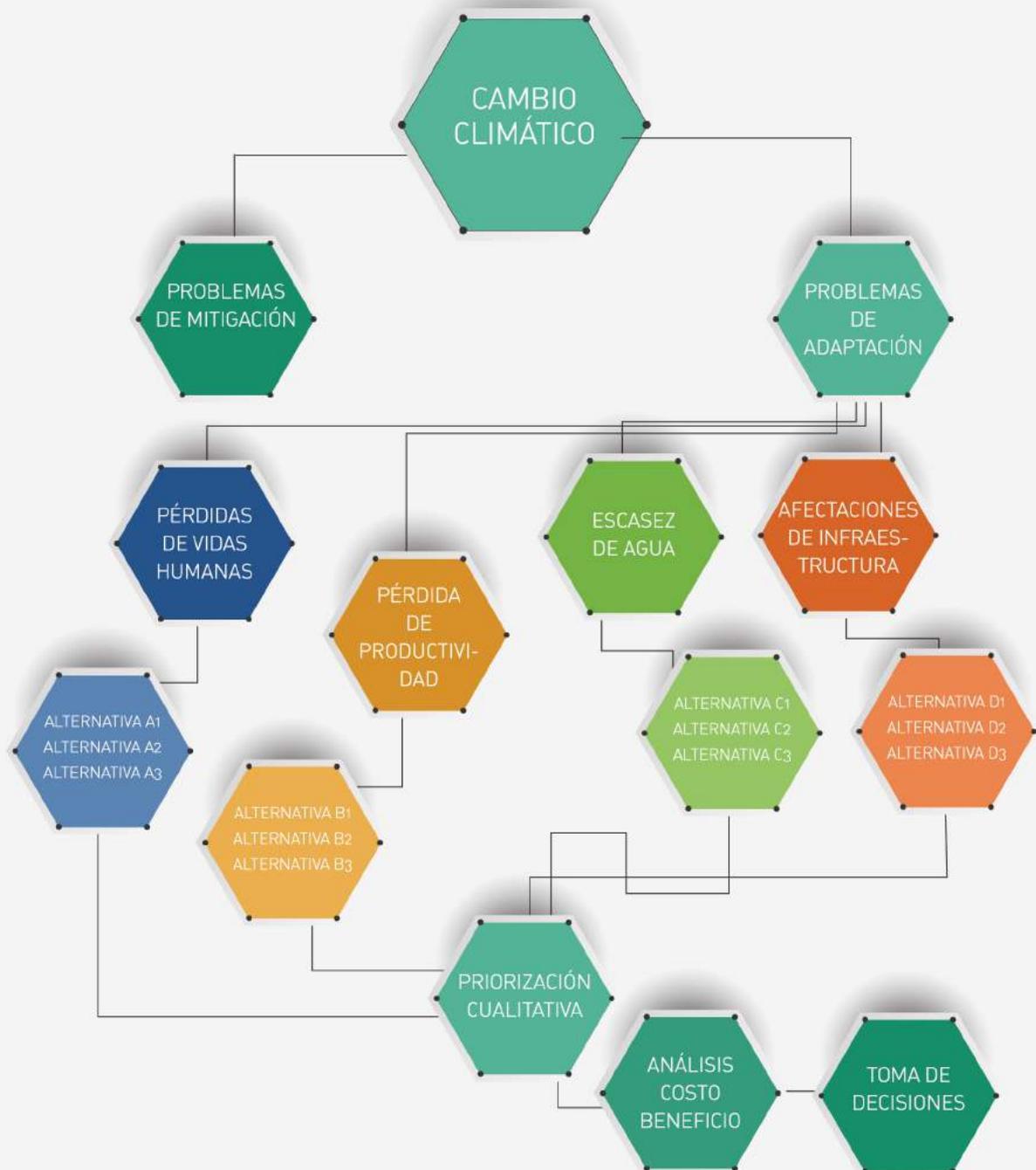
5. European Commission (2013) estima que por cada euro gastado en evitar inundaciones se genera un ahorro de 6 euros por daños evitados.

6. V Cabe señalar que este argumento solo habla de que los problemas son mayores en términos absolutos, y no se está emitiendo un juicio sobre que los problemas son más importantes en un contexto rural o urbano.

7. Ver la siguiente dirección para una lista completa de las metodologías y su descripción http://unfccc.int/adaptation/knowledge_resources/databases/items/6996.php

8. Véase MIVOTMA (2015). Gestión integrada de la zona costera como herramienta de adaptación al cambio climático. Disponible en: <http://www.mvotma.gub.uy/sala-de-prensa/item/10007240-gestion-integrada-de-la-zona-costera-como-herramienta-de-adaptacion-al-cambio-climatico.html> y http://noticias783.rssing.com/chan-5036738/all_p39.html. Última consulta: 6 de noviembre de 2016.

ILUSTRACIÓN 2 Proceso de priorización de medidas de adaptación al cambio climático



Fuente: Elaboración propia

2.1 Análisis multicriterio

El Compendio de metodologías del IPCC referido con anterioridad establece que esta metodología es apropiada cuando el análisis costo beneficio (estimar el beneficio neto social y elegir la alternativa que tenga su máximo) no resulta suficiente, especialmente cuando no se puede asignar un valor monetario a todos los impactos sociales de llevar a cabo un proyecto.

El proceso del análisis multicriterio supone que existe un diagnóstico previo sobre los efectos en términos de vulnerabilidad del área de estudio (sector, región, etc.). A partir de este diagnóstico se llevan a cabo cuatro fases:

(i) Identificación de un portafolio de medidas que atiendan las problemáticas establecidas en el diagnóstico.

(ii) Priorización de medidas a partir de un análisis multicriterio. Esto incluye el establecimiento de criterios de priorización y una calificación para cada medida de estos criterios. A partir de este proceso se genera un índice de priorización, el cual resulta de asignar un ponderador de la importancia que tiene cada criterio. El establecimiento de los criterios, sus ponderaciones y la calificación que se le asigna a las medidas deberá darse a través de un proceso participativo, en el que se procure la representación de todos los actores involucrados en la toma de decisiones. Si se descuida esta representatividad de actores es posible que se prioricen medidas que no serán bien aceptadas por algunos actores, dificultando y hasta imposibilitando su implementación. Además,

este proceso puede estar sujeto a sesgos cuando algún o algunos actores tengan un poder de convencimiento más alto que otros en estas reuniones participativas; al respecto, puede hacerse uso de técnicas que equilibren este poder de negociación (ver Cuadro 2).

(iii) Se realiza un análisis costo beneficio al conjunto de medidas que resultaron con mayor puntaje en el análisis multicriterio (ver sección Análisis Costo Beneficio y Análisis Costo Efectividad)

(iv) Sistematización de resultados y comunicación. Esta fase se refiere a sistematizar los resultados de los pasos previos y expresarlos en un lenguaje claro que sea fácil de comprender por parte de todos los actores involucrados.

CUADRO 2 Ejemplos de técnicas para la definición de criterios, sus ponderadores y su calificación

Para moderar la participación de actores en un grupo de discusión se recomienda utilizar las siguientes técnicas:

A. Que los participantes expresen sus opiniones de manera escrita en una tarjeta y se coloquen en una mampara. El facilitador categorizará las tarjetas y obtendrá conclusiones generales a partir de las opiniones individuales.

B. Se reparten a los participantes tarjetas numeradas con una escala categórica (del 1 al 10 por ejemplo). Los participantes podrán expresar la importancia que tiene un tema, criterio, etc. basado en esta calificación. El facilitador obtendrá los promedios de las calificaciones para dar un orden de importancia al objeto que se está calificando.

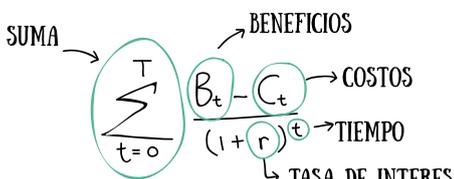
C. Asignar un número predeterminado en el que un actor puede intervenir y establecer un tiempo límite para dichas participaciones.

En estas técnicas resultan fundamentales las habilidades del facilitador para el manejo del grupo, pues de ello depende que el ejercicio sea realmente participativo, se obtengan consensos y la validación de los actores involucrados. Asimismo, previamente al proceso participativo debe cuidarse que haya una representación de todos los actores involucrados. Adicionalmente, se recomienda la lectura del Manual Introductorio para el Análisis de Impacto Regulatorio (OCDE, 2008), en donde se presentan más herramientas para conducir procesos de consulta. Entre ellas se encuentran distribuir un documento de discusión y recopilar opiniones y órganos consultivos, entre otros.

2.2 Análisis costo beneficio social

El análisis costo beneficio social es un tipo de análisis económico que expresa la rentabilidad de llevar a cabo una alternativa en términos monetarios. Esta rentabilidad se puede expresar en términos absolutos (el beneficio neto social expresado en unidades monetarias) o en términos relativos (el beneficio neto social como proporción de los costos totales).

ILUSTRACIÓN 3 Beneficio neto social como una fórmula matemática



El término B_t se refiere a los beneficios sociales que tiene asociados una medida de adaptación. Por ejemplo, si se conservase un área de manglar para proteger la costa, sus beneficios pueden ser: reducir el daño a viviendas e infraestructura y proteger la vida humana, servir como criadero de especies de pesca, así como otros beneficios que quizá no están directamente relacionados a la adaptación pero que benefician a la sociedad, tales como la belleza paisajística. El reto aquí es asignar un valor económico a estos beneficios (ver apartado de valoración económica de servicios ecosistémicos).

El término C_t se refiere a los costos sociales que se generan por llevar a cabo una medida de adaptación. En nuestro ejemplo, se refieren a los costos de restauración o conservación del manglar, los cuales se traducen en mano de obra,

CUADRO 3 Ejemplos de valor presente

Suponga que la persona A tiene una deuda con la persona B. La persona A pagará de 100 dólares cada año durante 3 años a B para saldar la deuda, el primer pago se realizará el próximo año. Ahora suponga que el acreedor, la persona B, tiene una contingencia y necesita dinero hoy. Una institución financiera está dispuesta a comprar la deuda de la persona A (es decir, se traspasará la deuda de la persona A al banco). La pregunta es ¿cuánto debiera recibir la persona B hoy por el dinero que debe la persona A? La respuesta no son 300 dólares, porque como mencionamos, el dinero del futuro vale menos hoy, es una cantidad menor, porque el banco podría invertir 300 dólares y obtener una cantidad mayor a 300 dólares en 3 años, por el rendimiento que este monto generará. Finalmente, suponga que la tasa de interés (descuento) es de 10% anual. Con estos datos y la y la ecuación de la Ilustración 3 es posible determinar la cantidad que le conviene al banco darle a la persona B por traspasar la deuda. La fórmula es:

$$VPN = 100 + \frac{100}{(1+0.1)^1} + \frac{100}{(1+0.1)^2} + \frac{100}{(1+0.1)^3} = 248.69$$

Donde VPN significa el Valor Presente Neto de las cantidades que recibirá en el futuro. Esto es, el banco le pagará a la persona B 248.69 dólares a cambio de traspasar la deuda. A cambio, la persona A le pagará al banco los 100 dólares cada año durante 3 años que se habían acordado. Otra forma de decirlo, el banco es indiferente entre invertir 248.69 dólares durante 3 años o recibir 100 dólares cada año durante 3 años.

NOTA: Usted puede comprobar también en el programa Excel la operación anterior, use la fórmula "VNA" si su configuración de idioma es español o "NPV" si la configuración del idioma es inglés.

materiales y posiblemente maquinaria. Estos costos generalmente son más fáciles de costear, pues existen mercados para estos insumos.

El término r se refiere a la tasa de interés (o más formalmente tasa de descuento) y permite transformar dinero que se recibirá (o pagará) en distintos periodos a unidades monetarias del día de hoy. Al respecto, el dinero tiene un valor distinto dependiendo del tiempo en que se reciba (o pague); para las personas no es lo mismo recibir 100 dólares el día de hoy, que recibirlos dentro de un año, las personas prefieren recibir esos 100 dólares el día de hoy que dentro de un año, porque si reciben 100 dólares hoy

podrían invertirlos en el banco y obtener un rendimiento, este rendimiento está medido por el parámetro r . Si $r = 0.1$ quiere decir que en un año se obtendrían 10 dólares de rendimiento por cada 100 dólares invertidos; en ese sentido, 110 dólares en un año, equivalen a 100 dólares de hoy. La fórmula en la Ilustración 3 considera lo anterior para transformar dinero del futuro a un valor actual (ver Cuadro 3 para un ejemplo).

Es importante señalar que un análisis costo beneficio siempre debe considerar por lo menos dos alternativas para tener un punto de referencia sobre la cual comparar el beneficio neto social. Si solo se tiene una alternativa en realidad no

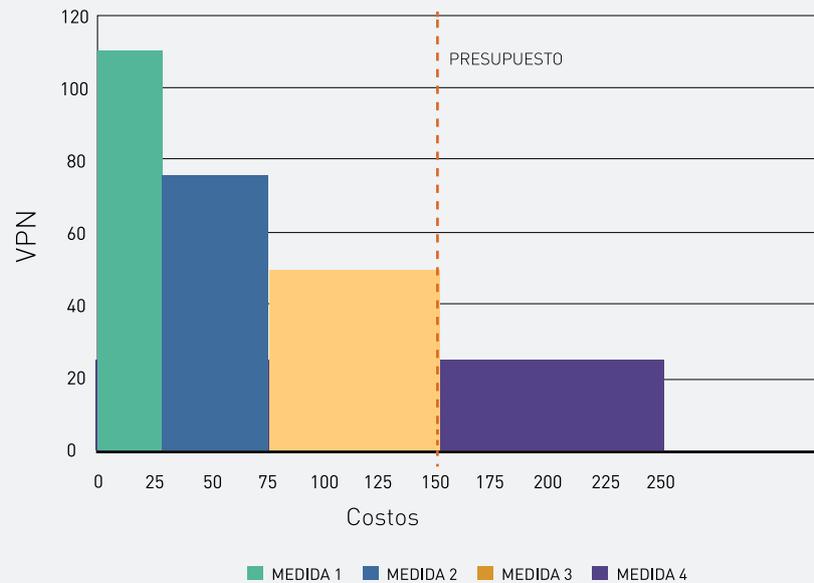
existe una decisión. La forma más sencilla de plantear lo anterior es plantear dos situaciones: la situación con proyecto y la situación sin proyecto. El análisis costo beneficio social permitirá identificar cuál de estas dos situaciones es mejor para la sociedad.

Los pasos para realizar un análisis costo beneficio son:

1. Definición del problema.
2. Identificación de las alternativas de solución.
3. Caracterización de las alternativas (descripción de las alternativas en términos de los costos y beneficios sociales que generan).
4. Recopilación de información para asignar un valor monetario a los costos y beneficios sociales de las alternativas.
5. Analizar la información (obtener el Valor Presente Neto – VPN) de cada alternativa.
6. Priorización de las alternativas a partir de sus VPN.

El último paso se refiere a ordenar las alternativas de acuerdo a su rentabilidad. En la Ilustración cuatro se presenta un ejemplo hipotético de priorización. En esta figura se presentan los VPN asociados a 4 alternativas analizadas (eje vertical) y en el eje horizontal se presentan los costos totales de cada una de ellas. La figura ordena los VPN de cada alternativa de manera decreciente. Además, la figura presenta una línea que indica el presupuesto total que se tiene disponible para realizar las medidas. Esta priorización establece que se llevarán a cabo las medidas 1, 2 y 3, y se obtendrá un VPN total de 235 (que es la suma del VPN de las medidas 1, 2 y 3, de 110, 75 y 50, respectivamente). Esta ordenación nos permite alcanzar el máximo beneficio neto para un presupuesto dado.

ILUSTRACIÓN 4 Priorización económica de alternativas



Fuente: Elaboración propia

CUADRO 4 Máximo beneficio neto social con un presupuesto determinado

El máximo beneficio neto social se obtiene ordenando el VPN de las alternativas en orden descendente y dibujando una línea vertical que indique el presupuesto disponible para llevar a cabo las alternativas. Si se realizan aquellas que estén por el lado izquierdo de esta línea vertical se obtendrá el máximo beneficio neto social.

CUADRO 5 Herramienta en línea para análisis costo beneficio social

En una sección posterior se presenta un ejemplo de una hoja de cálculo con la que el usuario podrá realizar un análisis costo beneficio social pero también se invita al lector a visitar la dirección <http://financiamientosustentable.alianza-mredd.org/>, en la que podrá encontrar una herramienta en línea para realizar un análisis costo beneficio social funcionalidades muy flexibles.

La primera versión de esta herramienta se desarrolló en el programa Excel y fue financiada por la Cooperación Alemana en México (GIZ), posteriormente la Alianza MREDD+ en México financió (con recursos de USAID) el desarrollo de la versión en línea referida.

2.3 Análisis costo efectividad social

El análisis costo efectividad es un tipo de análisis económico que consiste en obtener el costo unitario de una meta deseable. En el contexto de generación de energía el concepto es sencillo de comprender: se tiene un menú de tecnologías distintas para producir energía eléctrica, cada una de ellas tiene un costo total distinto y también una capacidad de generación distinta, el objetivo es identificar cuál de ellas es la menos costosa Cuadro 6. Cabe señalar que en el análisis costo efectividad solo contabiliza los costos asociados a una medida, por lo que generalmente es menos exigente en términos de información requerida.

CUADRO 6 Ejemplo de análisis costo efectividad

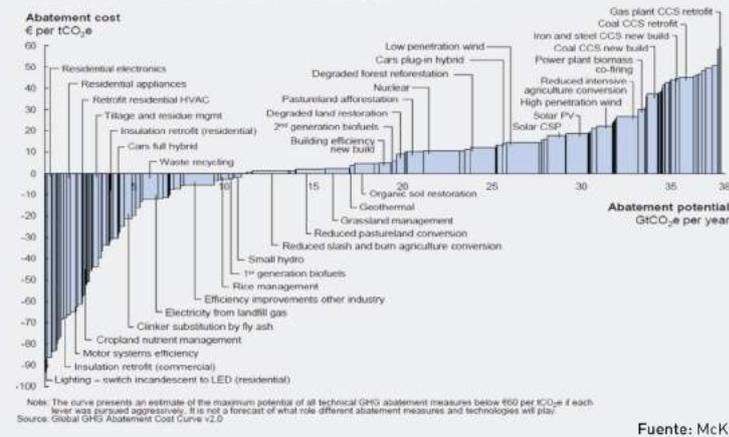
Suponga que la tecnología A tiene un costo total de 200 millones de dólares (mdd) y tiene una capacidad de generación de 4 megawatts (MW), la tecnología B tiene un costo de 50 mdd y una capacidad de 2 MW. El costo unitario para cada tecnología es de 50 mdd/MW (resulta de dividir 200 mdd entre 4 MW) y la segunda tiene un costo unitario de 25 mdd/MW. Por tanto, la tecnología B tiene un costo unitario menor. A este costo unitario se conoce como el Índice Costo Efectividad (ICE).

En el contexto de la adaptación al cambio climático, el denominador estará determinado por la meta que se quiere alcanzar, por ejemplo, si la meta es la protección de vidas humanas, el ICE estará definido por el costo total de realizar la medida entre el número de vidas salvadas. De manera análoga al caso energético, si tenemos distintas alternativas que sirven para proteger a las personas, cada una de ellas tendrá un

Cuadro 7 La Curva de McKinsey

Uno de los casos más representativos de un análisis costo efectividad es la curva de la empresa de consultoría McKinsey. Esta curva expresa el costo unitario por reducir una tonelada de dióxido de carbono equivalente (tCO₂e) de distintas alternativas de reducción de emisiones (Ilustración 4). Esta curva ordena de manera ascendente el costo unitario por reducir una tCO₂e, como puede observarse en la Ilustración 4 hay algunas alternativas que tienen un costo unitario negativo (por ejemplo la sustitución de focos incandescentes por tecnologías LED a nivel residencial), esto significa que adoptar esa tecnología en realidad está generando beneficios (a partir de los ahorros energéticos en el pago de la cuenta eléctrica). Así, cuando hablamos de un ICE negativo significa que el costo unitario en realidad es un beneficio.

Ilustración 5 Curva de costos de abatimiento



ICE asociado y se interpretará como el costo unitario por proteger una vida. Si ordenamos de manera ascendente los diferentes ICE de las alternativas, el primero de ellos mostrará la alternativa más costo-efectiva (la menos costosa). Es preciso notar que el ICE puede tomar valores negativos (ver Cuadro 7) que ocurren cuando el costo unitario es negativo, o dicho de otra forma, hay un beneficio por llevar a cabo una alternativa.

El ICE tiene un inconveniente en el contexto de la adaptación, pues a diferencia del tema de mitigación, en el que la meta a alcanzar es única (la reducción de emisiones), las metas pueden ser múltiples, lo que tiene la complejidad de establecer

cuál de las metas es la más importante. Además, una alternativa puede servir para alcanzar más de una meta. Por ejemplo, una alternativa que eleve los niveles de protección costera, protegerá tanto vidas humanas como la infraestructura y dado que el ICE solo puede ser expresado a partir de una meta (salvar vidas o proteger infraestructura), no es claro sobre cuál de ellas se tiene que tomar una decisión. Por tanto, lo aconsejable es llevar a cabo un análisis costo beneficio social y considerar el criterio de priorización que se expuso en el Cuadro 4. No obstante, el ICE puede ser informativo para expresar qué tan costosa (o beneficiosa) es una medida como proporción de una meta deseable que se quiere alcanzar.



3. DEFINICIÓN DE CRITERIOS PARA PRIORIZAR MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO



Una de las partes más importantes del análisis multicriterio es establecer un conjunto de criterios que son importantes a considerar antes de llevar a cabo una medida de adaptación. Estos criterios y su posterior ponderación permitirán establecer un orden de prioridad cualitativo a las medidas bajo análisis. Cabe señalar que la definición de estos criterios corresponde únicamente al análisis multicriterio y es independiente al análisis costo-beneficio, del cual se habla en una sección posterior.

Para priorizar medidas de adaptación a través del análisis multicriterio, es fundamental que todos los actores involucrados intervengan en talleres participativos para definir dichos criterios, pues los mismos deben tomar en cuenta aspectos sociales, ambientales, económicos y políticos para asegurar un conjunto de criterios balanceado que evite sesgos hacia algún grupo de interés en particular.

Es importante señalar que esta fase de definición de criterios es posterior a la identificación de las vulnerabilidades de una ciudad. En ese sentido, la definición de los criterios puede ser una fase natural posterior a dinámicas participativas en la que los actores locales hagan un autodiagnóstico de las vulnerabilidades de su territorio, de su comunidad, de un ecosistema, etc. Esta dinámica participativa previa permitirá que dicho diagnóstico sea conocido y compartido por todos los participantes en el taller y entender así los criterios que proponga cada uno.

Otro aspecto importante a tomar en cuenta, es que la definición de criterios y la acción de priorizar medidas, no resuelve problemas vinculados con la implementación de dichas medidas

(SEMARNAT - GIZ, 2015), pues muchas veces la implementación depende de las capacidades y recursos con los que cuenta un gobierno local.

La metodología seguida por la GIZ propone seguir los siguientes pasos en un taller de planeación participativa, para la definición de los criterios.

1. Identificar si existen criterios de priorización que ya estén ocupando los gobiernos nacionales o locales u otros casos que sirvan de referencia. A manera de ejemplo, una serie de criterios comunes puede ser la siguiente (Ver Ilustración 6).

2. Con base en los objetivos de adaptación de cada ciudad, identificar los grupos de criterios que contribuyen a dar cumplimiento al objetivo buscado.

3. Identificar dentro del grupo de criterios, aquellos criterios específicos o elementos que permitan valorar si una medida de adaptación es buena o no, o si está condicionada por algunos de estos criterios específicos.

4. Establecer una definición común de cada criterio en la que todos los participantes en el taller estén de acuerdo y se logre un consenso y exista claridad absoluta de lo que significa cada uno, evitando traslapes entre criterios.

5. Acotar el número de criterios a una cantidad razonable, pues cada medida de adaptación propuesta, deberá estar sujeta a cada uno de estos criterios. Una cantidad razonable pueden ser entre 10 a 15 criterios.

6. Definir cuál es el peso relativo de cada criterio en una escala definida. Por lo común es de 0 al 10, en donde 0 se refiere a que el criterio no es im-

ILUSTRACIÓN 6 Árbol de criterios que pueden ser tomados en cuenta en la definición de medidas de adaptación a través del análisis multicriterio



portante, mientras que 10 se refiere a que el criterio es el más importante.

7. Especificar para cada criterio, los rangos de clasificación en que cada medida de adaptación, atiende dicho criterio. Es otra escala distinta al punto 6, pues en este caso, se trata de que cada medida de adaptación estará “calificada” en uno de estos rangos. La Ilustración 7 ilustra el proceso completo.

Una vez que se ha transitado por estos pasos (definición de criterios, definir su peso relativo, especificar rangos de calificación por cada medida de adaptación), es posible desarrollar un ejercicio, por lo común en una tabla de procesamiento de datos (Excel), para sistematizar toda esta información. Es fundamental que este ejercicio se lleve a cabo en un taller participativo. (Ver Ilustración 8).

ILUSTRACIÓN 7 Ejemplo de definición de un criterio y sus rangos de calificación

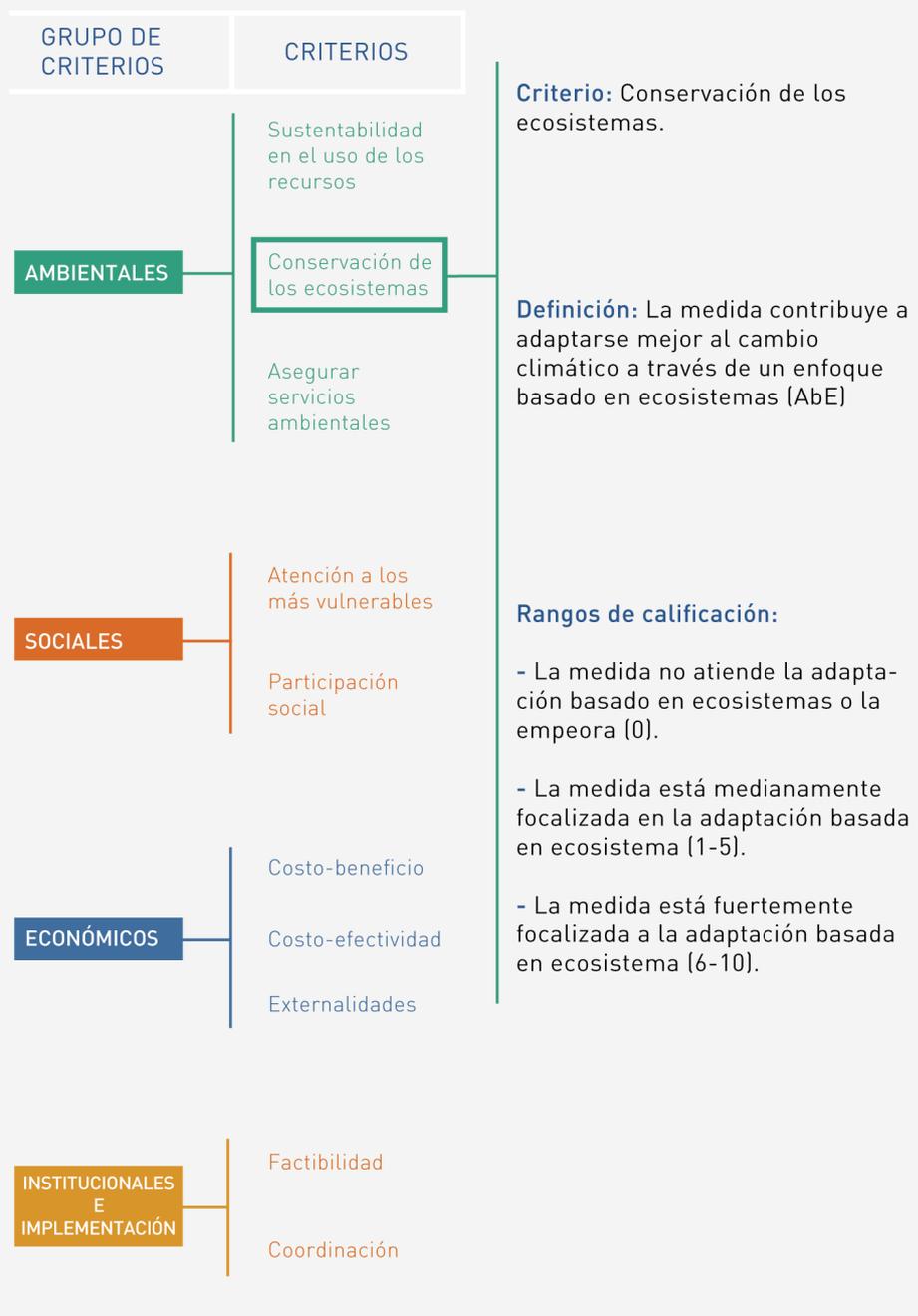


ILUSTRACIÓN 8 Ejemplo de sistematización de los pasos a seguir para un análisis multicriterio

GRUPO DE CRITERIOS	CRITERIOS	PESO RELATIVO (del 1 al 5, siendo el 5 el mayor peso)	DESCRIPCIÓN DE LOS CRITERIOS	RANGOS DE CALIFICACIÓN	MEDIDAS PLANTEADAS EN UN TALLER PARTICIPATIVO				
					MEDIDAS 1	MEDIDAS 2	MEDIDAS 3	MEDIDAS 4	MEDIDAS 5
Ambientales	Conservación de ecosistemas		La medida contribuye a adaptarse mejor al cambio climático a través del enfoque basado en ecosistemas.	No contribuye: 0 Contribuye medianamente: 1-4 Contribuye fuertemente: 6 - 10					
	Asegurar servicios ambientales		La medida contribuye a salvaguardar los servicios ambientales de los cuáles depende la ciudad.	No contribuye: 0 Contribuye medianamente: 1-4 Contribuye fuertemente: 6 - 10					
Sociales	Atención a los más vulnerables		La medida da prioridad a la atención de los grupos más vulnerables y expuestos a fenómenos asociados al cambio climático.	No da prioridad: 0 Da prioridad medianamente: 1-4 Da prioridad fuertemente: 6 - 10	Espacio para definir la calificación de cada medida con base en los rangos de calificación previamente acordados en un taller con actores clave:				
	Participación		La medida cuenta con apoyo ciudadano para su implementación.	No cuenta con apoyo ciudadano: 0 Cuenta medianamente con apoyo ciudadano: 1-4 Cuenta fuertemente con apoyo ciudadano: 6 - 10					
Económicos	Costo - Beneficio		La medida aporta beneficios sociales explícitos más altos respecto a los costos de su implementación*	No aporta beneficios sociales: 0 Aporta medianamente beneficios sociales: 1-4 Aporta fuertemente beneficios sociales: 6 - 10	Ejemplos: - Rango 1: 0 (No contribuye) - Rango 2: 1 a 5 (Contribuye medianamente) - Rango 2: 6 a 10 (Contribuye fuertemente)				
	Costo - Efectividad		La implementación de la medida no es costosa y está al alcance del presupuesto de la ciudad.	La medida es costosa: 0 Es medianamente costosa: 1-4 La medida no es costosa: 6 - 10					
Institucionales y de Implementación	Factibilidad		La medida cuenta con apoyo de otros órdenes de gobierno y forma parte de las prioridades del Programa de Gobierno.	No cuenta con apoyo del gobierno central: 0 Cuenta medianamente con apoyo del gobierno central: 1-4 Cuenta fuertemente con apoyo del gobierno central: 6 - 10					
	Coordinación		La medida induce procesos de coordinación y cooperación.	La medida no induce procesos de cooperación y coordinación: 0 Contribuye medianamente a procesos de cooperación y coordinación: 1-4 Contribuye fuertemente a procesos de cooperación y coordinación: 6 - 10					
Suma de los valores del peso relativo				Suma de los valores de rango					

Fuente: Elaboración propia

Con base en la suma de valores del peso de cada criterio y de la calificación de cada medida en los rangos definidos, se genera un **Índice de Priorización**. El peso de cada criterio es de hecho un ponderador de la importancia que tiene cada uno. El establecimiento de los criterios, sus ponderaciones y la calificación que se le asigna a las medidas deberá ser un proceso participativo, en el que se procure la representación de todos los actores in-

volucrados en la toma de decisiones. Si se descuida esta representatividad de actores es posible que se prioricen medidas que no serán bien aceptadas por algunos actores. Además, este proceso puede estar sujeto a sesgos cuando algún o algunos actores tengan un poder de convencimiento más alto que otros en estas reuniones participativas; al respecto, puede hacerse uso de técnicas que equilibren este poder de negociación.

A photograph of a mangrove swamp. The water is dark and reflects the surrounding green foliage. In the foreground, a metal lid is floating in the water, surrounded by sticks and debris. The background is filled with dense green leaves and branches, creating a bokeh effect.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE SELECCIÓN DE LAS MEDIDAS

A manera de ejemplo, a continuación, se desarrolla un caso hipotético inspirado en la experiencia que se tuvo en Uruguay (MVOTMA, 2015). En una ciudad de América Latina, se llevó a cabo un taller de priorización de medidas de adaptación al cambio climático. Las medidas priorizadas, incluidas en su Plan de Acción Climática (PAC), fueron las siguientes:

- M1. Implementación de un programa de recuperación de aceites de cocina para generación de biodiesel.
- M2. Implementación de un programa de separación de residuos orgánicos para la generación de compostaje y biogás.
- M3. Reubicación con opciones de vivienda social a los barrios más vulnerables ante fenómenos asociados al cambio climático.
- M4. Dragar canales, drenes y cuerpos de agua en el sistema de alcantarillado pluvial.
- M5. Implementar un programa de viviendas en palafitos en zonas susceptibles a inundación.
- M6. Decretar un área de reserva hidrológica y reforestarla con especies nativas.
- M7. Plantar 5000 árboles en el Boulevard José Martí.
- M8. Elaborar el Atlas de Riesgo del Municipio.

Durante un taller al que convocó la oficina responsable de implementar el PAC, en el cual participaron organizaciones sociales, académicos, empresa-

TABLA 2 Resultados del taller de priorización de medidas de adaptación a través del análisis multicriterio

Criterios	Peso Relativo (del 1 al 5, siendo el 5 el mayor peso)	Descripción de los criterios	Calificar del 1 al 10, donde 1 es menos y 10 es más importante							
			M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Es una medida estructural	5	Ataca los problemas desde sus causas (la enfermedad) y no sólo sus consecuencias (los síntomas).	6	7	10	8	10	9	4	7
Genera cobeneficios, es sinérgica y transversal	2	Resuelve problemas de distintos sectores de manera simultánea, es decir, la acción o medida genera cobeneficios y sinergias en otros sectores (transversalidad), incluido entre mitigación y adaptación.	8	8	7	8	9	6	5	3
Es una medida de largo plazo	1	La acción es de largo plazo y no sólo coyuntural.	4	5	10	8	10	10	5	4
Contribuye a inducir procesos de gobernanza ambiental (interinstitucional e intergubernamental)	4	Induce acuerdos políticos que pueden concretarse en la suscripción de convenios o acuerdos interinstitucionales e intergubernamentales.	5	8	5	3	6	7	8	5
Cuenta con respaldo financiero, técnico y/o institucional	2	Se cuentan con los recursos humanos, técnicos y financieros y con áreas específicas que atiendan el problema o se pueden desarrollar.	8	8	8	8	8	8	8	8
Tiene un enfoque de adaptación basada en ecosistemas	5	Utiliza la biodiversidad y los servicios que proporcionan los ecosistemas como parte de una estrategia más amplia de adaptación, además de ser acciones económicas y dentro de las capacidades de las intendencias.	1	1	1	2	4	10	9	6
Resuelve un problema concreto y está dentro de las demandas ciudadanas	3	Resuelve un problema identificado por la comunidad o resuelve un problema concreto, ya sea al ciudadano directamente, o porque el ciudadano está interesado en que se resuelva.	6	6	9	8	9	9	7	4
Suma de los valores	22									

Fuente: Elaboración propia

rios locales y funcionarios de otras áreas de la administración de la ciudad. Se definieron los criterios a ser tomados en cuenta. Se acordó una definición de cada uno de ellos para que todos los participantes tuvieran un entendimiento claro para consensuar el peso relativo de cada uno (ponderación).

En un segundo bloque del taller, y coordinado por un facilitador experto en dinámicas participativas, se calificaron las ocho medidas de adaptación de

acuerdo con cada uno de los criterios, en rangos que van de 0 (no cumple con el criterio), de 1 a 5 (cumple parcialmente con el criterio) hasta de 6 a 10 (cumple totalmente con el criterio). En la Tabla 2 se presentan los resultados de este ejercicio:

Con base en el peso relativo asignado a cada criterio (ponderación) y a los valores asignados a cada medida, en un ejercicio de gabinete, la oficina responsable de implementar el PAC procedió a calcular un Índice de Priorización por cada medida, que es el promedio de calificaciones de cada una de ellas, previamente ponderada por el peso relativo de cada criterio.

Por ejemplo, la Medida M1 que tuvo

una calificación de 6, se multiplica por el valor ponderado del criterio “Es una medida estructural” que se obtiene dividiendo 5 entre 22 (que es la suma de todos los pesos relativos de cada medida), es decir, $6 \times (5/22)$, y el resultado es 1.36, que es la magnitud de calificación ponderada de acuerdo con el criterio referido. La calificación ponderada de esa misma medida, pero sometida al criterio “Genera cobeneficios, es sinérgica y transversal” se obtiene multiplicando

su calificación original de 8 por el valor ponderado del criterio en cuestión, es decir, 2 dividido entre 22. En síntesis, es $8 \times (2/22)$, con lo que se obtiene una calificación ponderada de 0.73. De esta forma se procede con cada una de las medidas y por cada una de ellas se obtiene su promedio, lo que constituye el Índice de Priorización. En la Tabla 3 se presentan los resultados de este proceso:

TABLA 3 Valores ponderados del ejercicio de priorización de medidas de adaptación de acuerdo con criterios ponderados

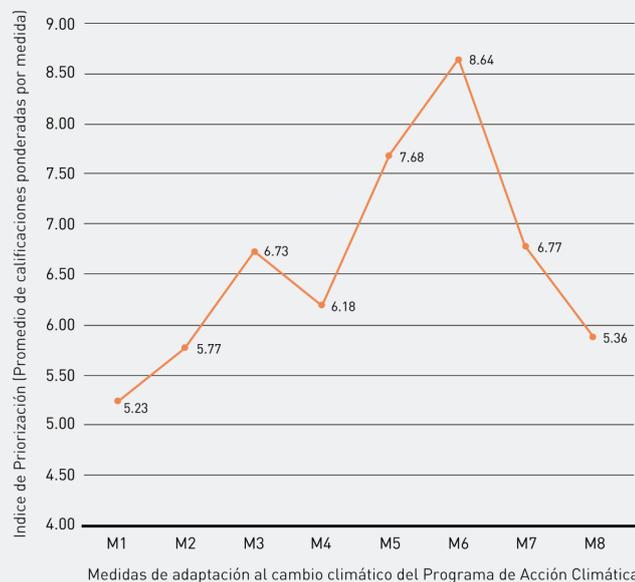
Criterios	Peso Relativo (del 1 al 5, siendo el 5 el mayor peso)	Descripción de los criterios	Valores Ponderados							
			M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Es una medida estructural	5	Ataca los problemas desde sus causas (la enfermedad) y no sólo sus consecuencias (los síntomas).	1.36	1.59	2.27	1.82	2.27	2.05	0.91	1.59
Genera cobeneficios, es sinérgica y transversal	2	Resuelve problemas de distintos sectores de manera simultánea, es decir, la acción o medida genera cobeneficios y sinergias en otros sectores (transversalidad), incluido entre mitigación y adaptación.	0.73	0.73	0.64	0.73	0.82	0.55	0.45	0.27
Es una medida de largo plazo	1	La acción es de largo plazo y no sólo coyuntural.	0.18	0.23	0.45	0.36	0.45	0.45	0.23	0.18
Contribuye a inducir procesos de gobernanza ambiental (interinstitucional e intergubernamental)	4	Induce acuerdos políticos que pueden concretarse en la suscripción de convenios o acuerdos interinstitucionales e intergubernamentales.	0.45	0.73	0.45	0.27	0.55	0.64	0.73	0.45
Cuenta con respaldo financiero, técnico y/o institucional	2	Se cuentan con los recursos humanos, técnicos y financieros y con áreas específicas que atiendan el problema o se pueden desarrollar.	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
Tiene un enfoque de adaptación basada en ecosistemas	5	Utiliza la biodiversidad y los servicios que proporcionan los ecosistemas como parte de una estrategia más amplia de adaptación, además de ser acciones económicas y dentro de las capacidades de las intendencias.	0.23	0.23	0.23	0.45	0.91	2.27	2.05	1.36
Resuelve un problema concreto y está dentro de las demandas ciudadanas	3	Resuelve un problema identificado por la comunidad o resuelve un problema concreto, ya sea al ciudadano directamente, o porque el ciudadano está interesado en que se resuelva.	0.82	0.82	1.23	1.09	1.23	1.23	0.95	0.55
Totales (Índices de Priorización)			5.23	5.77	6.73	6.18	7.65	8.64	6.77	5.86

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenidas las calificaciones ponderadas por cada medida, se calculó el promedio de cada una, con lo que se obtuvieron los Índices de Priorización por cada medida. Con ello fue posible graficar y conocer, de manera clara y visual, las medidas de adaptación que realmente son prioritarias atendiendo a los criterios acordados previamente por los actores del taller. Ver Ilustración 9. Este ejercicio permitió identificar que la medida de mayor prioridad es la M6. Decretar un área de reserva hidrológica y reforestarla con especies nativas; seguida de la M5. Implementar un programa de viviendas en palafitos en zonas susceptibles a inundación. La que menos prioridad tendría es la M1. Implementación de un programa de recuperación de aceites de cocina para generación de biodiesel. Es importante señalar que este ejercicio no implica que las medidas que obtuvieron un valor muy bajo en su índice de priorización, sean medidas irrelevantes o no pertinentes. Simplemente obtuvieron un puntaje bajo de acuerdo con los criterios acordados. Pudieron haber obtenido un índice de priorización más alto de haberse seleccionado otros criterios. Es por ello que la selección de criterios y la asignación de su peso relativo debe ser acordado en talleres participativos en un marco de consensos.

Finalmente, debe señalarse que este ejemplo no resuelve aún la interrogante sobre si la implementación de la medida de adaptación es rentable desde el punto de vista

ILUSTRACIÓN 9 Resultados de priorización de medidas de adaptación al cambio climático a través del análisis multicriterio



social, es decir, si lo que se va a invertir en ella, va a generar beneficios sociales netos. Sin embargo, el análisis multicriterio permite identificar aquellas medidas que atienden criterios acordados por los actores clave y derivar de ahí, un análisis costo beneficio para priorizar de manera más precisa en función de los beneficios netos estimados por cada una de las medidas que obtuvieron un índice de priorización alto.

An aerial photograph showing a coastal town with several buildings and a large area of mangrove forest. The town is situated on a sandy beach, and the mangroves extend inland. The water is a light green color, and the sky is clear.

5. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS COSTO BENEFICIO DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN ENTORNOS URBANOS



Posterior al análisis multicriterio, el cual permite identificar medidas que cumplen con una serie de criterios deseables para los actores involucrados, se recomienda llevar a cabo un análisis costo beneficio social para las medidas que hayan tenido un puntaje más alto en el análisis multicriterio. Para realizar un análisis costo beneficio social se recomienda generar una hoja de cálculo que permita calcular el Valor Presente Neto Social (VPNS) (también llamado beneficio neto social). Adicionalmente, se recomienda generar algunos otros indicadores complementarios que ayuden a enriquecer el análisis. En particular se recomienda generar los indicadores del Cuadro 8.

Para ilustrar el cálculo e interpretación de los indicadores de rentabilidad señalados mostramos un ejemplo hipotético a continuación. Este ejemplo se simplificó para fines expositivos. Para mostrar cómo este tipo de análisis se aplica en un contexto real, más adelante se presentan casos de estudio de medidas concretas de adaptación para la Ciudad de Cartagena.

Para realizar el ejercicio del análisis costo beneficio hipotético seguiremos los pasos que establecimos en la sección II.2:

1. Definición del problema

Suponga que una población costera está expuesta a inundaciones costeras derivadas del aumento en el nivel del

CUADRO 8 Indicadores de rentabilidad

Valor Presente Neto Social (VPNS). Es igual a la suma descontada de los beneficios sociales totales menos los costos sociales totales.

Valor Presente Neto Privado (VPNP). Es igual a la suma descontada de los beneficios privados totales menos los costos privados totales.

La diferencia entre el VPNS y el VPNP es que el primero incluye todos los costos y beneficios identificados, y el segundo solo considera los costos y beneficios que afectan de manera directa a la población o entidad que realiza el proyecto. Por ejemplo, la captura de carbono es un beneficio social porque beneficia a toda la humanidad, o la disminución de la contaminación local es un beneficio que beneficia a un espacio geográfico que puede ir más allá de la ubicación donde se realiza el proyecto. Diferenciar entre costos y beneficios privados y sociales dependerá de la delimitación geográfica en la que el proyecto se realice.

Índice Costo Beneficio (ICB). Es la división del VPNS entre los costos totales y se interpreta como la ganancia neta por cada dólar que se invierte en el proyecto.

Valor anualizado (Flujo Anual Equivalente – FAE). Es un valor equivalente al VPNS pero de frecuencia anual. Esto es, es una cantidad fija al año que tendría que recibirse durante la vida útil del proyecto y que equivale a recibir la totalidad del VPNS el día de hoy. Este indicador es útil para mostrar la rentabilidad anual de un proyecto, además de que es comparable para proyectos que tienen una vida útil distinta.

Tasa Interna de Retorno (TIR). Es una tasa de descuento tal en donde el VPNS es igual a cero. Esta tasa indica cuál es la rentabilidad en términos porcentuales del proyecto. Por ejemplo, si la TIR es igual a 10%, quiere decir que cada año el proyecto tiene un rendimiento promedio de 10%.

Plazo en que el flujo de efectivo es positivo. Es el número de años en el que los beneficios sociales acumulados (sin descontar) son iguales a los costos sociales acumulados (sin descontar). Esto es, el plazo en el que el proyecto empieza a generar ganancias.

mar, el cual es provocado por el cambio climático. Con base en un estudio se ha determinado que el área más expuesta a inundaciones tiene una extensión de un kilómetro. De no hacerse algo al respecto se corre el riesgo de que haya importantes daños a la infraestructura en caso de una inundación.

2. Identificación de las alternativas de solución

Una vez que se ha realizado el análisis multicriterio de un conjunto amplio de medidas posibles para atender el

problema, se seleccionaron dos medidas con el más alto puntaje en este análisis. Dichas medidas son: (i) construir un dique en la zona más expuesta y (ii) restaurar un área de manglar que está actualmente degradado en esta misma zona.

Con base en lo anterior, las tres posibles alternativas son:

- a. No hacer nada.
- b. Construir el dique.
- c. Restaurar el manglar.

3. Caracterización de las alternativas (descripción de las alternativas en términos de los costos y beneficios sociales que generan)

Una forma de plantear los impactos económicos y sociales de estas alternativas se muestra en la Tabla 4. En esta tabla se muestran los costos asociados bajo los tres escenarios posibles. En el caso de no hacer nada, se enfrentan los costos producidos por el daño a la infraestructura. Suponemos que estos costos se evitan en su totalidad con la construcción del dique y que en el caso de la restauración de manglares existen algunos daños económicos porque los manglares no evitan en su totalidad las inundaciones, pero estos son significativamente menores a la situación de no hacer nada. En el caso del dique y de los manglares se tendrán que pagar los costos asociados a la infraestructura o restauración y los costos de mantenimiento.

Tal como está planteada la Tabla 4 el análisis costo beneficio social implicaría obtener el VPNS (y los demás indicadores de rentabilidad) para las tres situaciones planteadas. No obstante, podemos reinterpretar estas situaciones para solo realizar dos análisis. Específicamente podemos reinterpretar el costo de los daños económicos en la situación de “no hacer nada” como un beneficio en las medidas de “Construcción del dique” y “Restauración de manglares”. La lógica es que al construir el dique o restaurar los manglares se evitan los daños económicos, lo cual puede considerarse un beneficio. En la Tabla 5 se presenta esta reinterpretación de las medidas. La utilidad de lo anterior es que solo tendremos que realizar dos análisis en lugar de tres. Ahora, la situación “No hacer nada” tiene un beneficio neto social igual a cero y el

TABLA 4 Costos de las 3 medidas bajo análisis

MEDIDA	NO HACER NADA	DIQUE	MANGLARES
Beneficios			
-			
Costos			
Daños económicos	X		X (muy pocos)
Costo de construcción		X	
Costo de mantenimiento		X	X
Costo de restauración			X

Fuente: Elaboración propia

NOTA: Una “X” indica cuándo se genera un costo en determinada situación.

TABLA 5 Costos y beneficios de las medidas bajo análisis

MEDIDA	NO HACER NADA	DIQUE	MANGLARES
Beneficios			
Daños económicos evitados		X	X (casi todos)
Costos			
Costo de construcción		X	
Costo de mantenimiento		X	X
Costo de restauración			X

Fuente: Elaboración propia

valor económico de estos daños son contabilizados como un beneficio en las otras dos medidas.

Si realizáramos el análisis costo beneficio social con lo planteado en la Tabla 2, obtendríamos tres valores para cada situación, y de hecho usted puede notar que cada uno de estos valores serán negativos porque todos son costos. La elección que deberá hacerse entre estas 3 medidas es seleccionar aquella que represente los menores costos sociales. Por otra parte, si realizamos el análisis con lo planteado en la Tabla 5 solo tenemos que realizar el análisis para las medidas “Construcción de dique” y “Restauración de manglares”; en este caso, comparamos el VPNS obtenido (probablemente positivo) con el valor de cero, asignado a la situación “No hacer nada”. Nótese que en ambos tipos de análisis estamos seleccionando la medida con el mayor VPNS. Finalmente, en términos contables realizar el análisis

de ambas formas es equivalente, pero la segunda forma (con datos de la Tabla 5) significa realizar un análisis menos. Dicho lo anterior, en las siguientes secciones se realiza el análisis de la segunda forma.

4. Recopilación de información para asignar un valor monetario a los costos y beneficios sociales de las alternativas

En esta fase se recopila la información física y económica que permite asignar un valor en unidades físicas y monetarias a todos los costos y beneficios. Suponga que existe un estudio previo que estimó que el daño económico por metro cuadrado en la población bajo estudio que está directamente expuesta a inundaciones asciende a 5,000 USD/m². Este estudio determinó también que el número de metros cuadrados expuestos a inundaciones en la zona de mayor exposición es de 2,000 m².

Además, el estudio estima que la probabilidad de una inundación que cause estas pérdidas es de 2% (2 eventos cada 100 años). En este sentido, la cantidad esperada de daños a infraestructura al año es de 40 m² (probabilidad de daño x área expuesta).

Adicionalmente, se realizó un análisis de los costos de construcción del dique y de la restauración de manglares con información de proveedores locales. En el caso del dique, un kilómetro de esta construcción cuesta 1 millón USD y en el caso de los manglares se requiere gastar 200,000 USD/ha. En términos de mantenimiento, el costo del dique asciende a 20,000 USD/año/km y de los manglares a 6,000 USD/ha. En el caso del dique se considera que tiene una vida útil de 50 años y los manglares se mantienen de manera indefinida.

Para los manglares se considera que se restaurará una franja de 20 metros de la costa hacia tierra adentro de este ecosistema a lo largo del kilómetro de costa que está expuesto a inundaciones. Esto implica que se requiere restaurar 2 hectáreas de manglar (de dimensiones 500 m x 20 m) a lo largo del kilómetro expuesto a inundaciones. Finalmente, suponemos que los manglares evitan 90% de los daños a infraestructura, por tanto, la cantidad de área protegida por los manglares al año es de 36 m² (probabilidad de daño x área expuesta x porcentaje de efectividad = 0.02 x 2,000 x 0.9). Los costos y beneficios descritos se muestran en la Tabla 6.

5. Analizar la información (obtener el Valor Presente Neto Social – VPNS) de cada alternativa

Con los datos en la Tabla 6 es posible realizar el análisis costo beneficio social de las alternativas bajo análisis. No obs-

TABLA 6 Costos y beneficios hipotéticos

COSTO/BENEFICIO	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR (USD)	PERIODICIDAD
Daños evitados (dique)	40	m ²	5000	Anual
Daños evitados (manglar)	36	m ²	5000	Anual
Construcción de dique	1	km	1000000	Única vez
Restauración de manglar	2	hectárea	200000	Única vez
Mantenimiento de dique	1	km	20000	Anual
Mantenimiento de manglar	2	hectárea	6000	Anual

Fuente: Elaboración propia

NOTA: Todos los valores son arbitrarios y se fijaron en esos montos solo con fines expositivos.

CUADRO 9

Discusión sobre la tasa de descuento (interés)

Cada gobierno u organismo internacional generalmente determina una tasa de descuento para evaluar proyectos sociales. En el caso del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) se utiliza una tasa del 12%; en el caso de México, el gobierno federal establece que esta tasa debe ser del 10%. **A mayor tasa de descuento los beneficios y costos futuros tienen un menor valor al día de hoy.**

Generalmente, en proyectos ambientales se suelen utilizar tasas de descuento menores (de 2 o 4 por ciento) bajo el argumento de que los beneficios de las acciones que se toman en el contexto del cambio climático suceden en el largo plazo. Sin embargo, en el contexto latinoamericano la evaluación de proyectos sociales (por ejemplo, proyectos de educación o infraestructura de transporte) se evalúan con tasas mayores. Nuestra recomendación es utilizar la misma tasa a la que se evalúan proyectos de otros sectores porque es difícil convencer a otros sectores ajenos a lo ambiental respecto a utilizar una tasa menor. Si bien esto puede hacer menos rentables algunas alternativas, se da un mayor poder de negociación para realizar proyectos ambientales que son rentables incluso a tasas altas de descuento.

No obstante lo anterior, si el potencial financiador de la medida de adaptación está dispuesto a aceptar una tasa de interés menor, entonces se justifica usar una tasa de descuento menor. Por ejemplo, suponga que existe oportunidad de un país para acceder a un crédito internacional destinado a adaptación y que la tasa de interés de estos fondos es de 5%. Entonces, se justifica que el análisis costo beneficio social se realice con esta tasa porque el costo de estos fondos es precisamente de 5%.

tante, antes tenemos que determinar una tasa de interés (o descuento) para realizar los cálculos. Por simplicidad suponemos que esta tasa es de 10% (ver Cuadro 9).

Adicionalmente, suponemos un horizonte de evaluación (vida útil del proyecto) de 50 años que es igual a la vida útil del dique. Si bien establecimos que los beneficios del manglar perdurarán

de manera indefinida, se puede demostrar que para una tasa de descuento de 10%, el valor presente de un dólar que se recibirá en el año 51 es de menos de un centavo de dólar, por lo que los beneficios que suceden después de este periodo difícilmente cambiarán las conclusiones del análisis.

Con base en lo anterior obtenemos los resultados que se muestran en la Tabla 7. Los resultados indican que la restauración de manglares es la medida más rentable, pues genera un beneficio neto social de 1.3 millones USD, que equivalen a 132,424 USD al año. Por cada dólar invertido se obtiene una ganancia neta de 2.78 USD, además la TIR asciende a 76%.

6. Priorización de las alternativas a partir de sus VPNS

Con base en los resultados anteriores es posible priorizar las medidas de adaptación bajo análisis. En este caso la priorización indica que la medida de restauración de manglares es más rentable que la construcción del dique, por lo que conviene ponerla en el primer lugar de prioridad.

NOTA: El ejercicio anterior fue desarrollado con base en números arbitrarios y tiene solo la finalidad de ilustrar cómo se realiza un análisis costo beneficio. Para ver cómo se desarrolla un análisis costo beneficio social más apegado a la realidad ver la sección de Estudios de Caso.

TABLA 7 Resultados del ejercicio hipotético

INDICADOR	DIQUE	MANGLAR
VPNS	893,758	1,312,962
VPNP	-1,089,205	-471,705
ICB	0.82	2.78
Valor Anual (FAE)	\$ 90,143.64	\$ 132,424.22
TIR	22%	76%
Plazo (años)	6	3

Fuente: Elaboración propia

NOTA: para acceder a las fórmulas empleadas para los cálculos puede descargar la hoja de cálculo en <https://goo.gl/ExNERj>

CUADRO 10 Ejercicio de análisis costo efectividad

Si se desea reinterpretar el análisis anterior como uno de costo efectividad podemos utilizar la misma información de este ejemplo. En este caso tenemos que calcular el Índice Costo Efectividad (ICE) para cada una de las medidas bajo análisis. Para ello, tenemos que definir la meta que se quiere alcanzar, en nuestro ejemplo la meta es evitar daños por inundación, en el caso del dique se evitan daños en 40 m² de territorio y con los manglares 36 m² (ver Tabla 6).

Para calcular el ICE es necesario dividir los costos totales anualizados entre la meta anual de cada medida.

$$\text{Costo Dique} = \frac{1,000,000}{(1+0.1)^1} + \frac{20,000}{(1+0.1)^2} + \frac{20,000}{(1+0.1)^3} + \dots + \frac{20,000}{(1+0.1)^{50}}$$

$$= 1,089,205 \text{ USD}$$

$$\text{Costo anualizado Dique} = 109,856.32 \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

$$\text{ICE Dique} = \frac{109,856 \text{ USD}}{40 \text{ M}^2} = 2,746.41 \frac{\text{USD}}{\text{m}^2 - \text{año}}$$

El costo anualizado se obtiene con la fórmula $\text{CA} = \text{Costo} \times \sum_{t=1}^{50} \frac{1}{(1+r)^t}$ o con la fórmula de

Excel denominada "Pago" o "PMT" en inglés. Finalmente, el ICE se obtiene al dividir el costo anualizado entre la meta anual, que es de 40 m² en el caso del dique.

Para el caso del manglar tenemos que:

$$\text{Costo Manglar} = \frac{200,000}{(1+0.1)^1} + \frac{6,000}{(1+0.1)^2} + \frac{6,000}{(1+0.1)^3} + \dots + \frac{6,000}{(1+0.1)^{50}}$$

$$= 471,705 \text{ USD}$$

$$\text{Costo anualizado Manglar} = 47,575.78 \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

$$\text{ICE Manglar} = \frac{47,575.78 \text{ USD}}{36 \text{ m}^2} = 1,321.55 \frac{\text{USD}}{\text{m}^2 - \text{año}}$$

Los resultados indican que la restauración de manglar tiene un costo de 1,321 USD por metro cuadrado por año y el dique de 2,746.41 USD por metro cuadrado por año. Por tanto, la medida menos costosa es la restauración de manglar.

6. FLUJO DEL PROCESO DE PRIORIZACIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN CIUDADES



Entre 1990 y 2011, se estiman pérdidas del orden de **53 mil millones** de dólares en 16 países de la región.

Todos los países de la región se han visto afectados por algún desastre asociado al cambio climático.

Se calculan pérdidas económicas en infraestructura en el Río de la Plata en el período 2050 a 2100 de entre **5 y 15 mil millones de dólares.**

Inundaciones en Tabasco, México han provocado entre **60 y 100 mil refugiados** que han migrado a otros estados en busca de trabajo.



Persisten fenómenos como **pobreza, marginación e irregularidad** en la tenencia de la **tierra** en toda la región.

77% de la población en condiciones de vulnerabilidad vive en ciudades.

1.2 millones de personas fueron afectadas debido al paso del Huracán Mitch en 1998, el cual significó pérdidas de **8,500 millones** de dólares.

Frente a eventos extremos



para reconstrucción y atención de la población



se minimizan daños

ADAPTACIÓN

Iniciativas y medidas encaminadas a reducir la vulnerabilidad de la sociedad y la susceptibilidad de los sistemas naturales, ante los efectos reales o esperados del cambio climático.



Evita inundaciones



Previene olas de calor y enfermedades



Protege la biodiversidad



Garantiza recursos

PROCESO

DE ADAPTACIÓN

¿Qué tan vulnerable es mi localidad ante efectos meteorológicos extremos?

¿Qué opciones tengo para enfrentar un fenómeno de este tipo?

¿Qué debo hacer primero?

CRITERIOS PARA LA ADAPTACIÓN

¿Atiende a la población más vulnerable?

¿Fomenta la prevención?

¿Es sustentable en el aprovechamiento y uso de los recursos naturales en la ciudad?

¿Fortalece las capacidades del gobierno de la ciudad?

¿Tiene un costo político alto?

¿Fomenta la coordinación entre actores y entre niveles y dependencias del gobierno?

¿Es monitoreable y evaluable?

En el Reino Unido las medidas de adaptación costera generan beneficios de entre **\$2.5 y \$5** por cada dólar invertido

En **Bolivia**, un análisis costo beneficio de mejores técnicas de irrigación estima un incremento en los ingresos por familia de entre **80% y 560%**

Adaptarse al cambio climático a nivel mundial representaría evitar un

40%

en costos relacionados con diversos sectores

MEDIDAS PARA LA ADAPTACIÓN



MEDIDAS BLANDAS

Educación
Planeación urbana
Planes de manejo de cuencas
Planes de protección civil



MEDIDAS BASADAS EN ECOSISTEMAS

Regulación sistema hidrológico
Protección/restauración de pastizales, bosques, prados, arrecifes y manglares



MEDIDAS DURAS

Reubicación de población
Sistema de drenaje
Áreas verdes y parques urbanos
Naturación de azoteas

COSTOS
TIEMPO EN RECIBIR BENEFICIOS



7. CASO DE ESTUDIO (CARTAGENA)



Para seleccionar las medidas que se someterían a un análisis costo beneficio se realizó un análisis de gabinete para identificar en qué ciudades existían procesos de identificación de medidas de adaptación y/o de su priorización. A partir de este análisis se encontró que en Colombia ha habido esfuerzos importantes en este sentido. Un reflejo de estos esfuerzos es el Plan 4C: Cartagena de Indias Competitiva y Compatible con el Clima (Alcaldía de Cartagena de Indias-MADS-INVEMAR-CDKN-Cámara de Comercio de Cartagena, 2014), el cual es un plan de adaptación y mitigación para la Ciudad de Cartagena de Indias. Este plan concentra 36 medidas de adaptación y mitigación con distintos alcances (Ver Cuadro 11). Para elegir las 3 medidas que serían sujetas a un análisis costo beneficio social se calificaron las 36 medidas de acuerdo a: (i) si correspondían a medidas basadas en ecosistemas, blandas (por ejemplo educación ambiental) o duras (creación de infraestructura); (ii) su grado de especificidad (si se trataba de medidas específicas o que incluyeran múltiples acciones de diversa naturaleza); y (iii) la necesidad de establecer supuestos difíciles de justificar sobre los costos y beneficios (por ejemplo, que fuera necesario conocer la efectividad de una ley de medio ambiente).

CUADRO 11 Plan 4C de Cartagena

El Plan 4C: Cartagena de Indias Competitiva y Compatible con el Clima es el resultado de un esfuerzo conjunto entre la Alcaldía de Cartagena de Indias, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR, la Alianza Clima y Desarrollo (CDKN) y la Cámara de Comercio de Cartagena.

Este es liderado desde el 2010 por la Secretaría de Planeación Distrital y desde el 2015, por primera vez, en asociación con una agencia de inversión (Invest In Cartagena) para fortalecer la coordinación de este plan involucrando al sector privado.

Este plan incorpora el tema de adaptación al cambio climático como un factor transversal al ordenamiento territorial de la ciudad de Cartagena de Indias. Cabe señalar que durante el desarrollo del Plan se contó con la participación de la Comisión Interinstitucional de Cambio Climático de Cartagena, en la cual están representados los sectores social, empresarial y gubernamental, lo que le da un carácter incluyente de la diversidad de actores involucrados.

La ciudad de Cartagena de Indias tiene 304 km de costa y tiene una población de 1,013,389 habitantes (Dane, 2016) y 60% de su población se encuentran en niveles de pobreza y en muchos casos en pobreza extrema, pero a su vez, la ciudad tiene una actividad económica muy importante, representando 90% del PIB regional que proviene fundamentalmente de los puertos, industria, comercio y turismo. Estos y otros factores hacen de Cartagena una ciudad altamente vulnerable a los efectos negativos del cambio climático. Para ilustrar esto, para 2040 se prevé que 26% de las viviendas se inundarán debido al cambio climático.

En este contexto, el Plan 4C nace con una visión de convertir a Cartagena en una ciudad modelo de planificación urbana y costera basada en un desarrollo compatible con el clima. El Plan 4C se organiza en 3 ejes estructurales: (i) adaptación integrada al desarrollo económico de la ciudad, (ii) los ciudadanos y la adaptación al clima y (iii) conservación y restauración del patrimonio ecológico; y 3 ejes transversales: (i) información y monitoreo, (ii) educación y comunicación y (iii) planificación y ordenamiento. A su vez, cada eje estructural contiene estrategias y programas específicos.

El Plan 4C integra 36 medidas de adaptación al cambio climático, para algunas de ellas el Plan presenta una ficha descriptiva, en la que se menciona la problemática y justificación de la medida, su objetivo, el costo estimado, la duración, el ejecutor, otros actores involucrados, el mecanismo de financiamiento, acciones específicas a realizar y los indicadores de desempeño.

Para el desarrollo del presente documento las medidas del Plan 4C se consideraron una buena base para seleccionar algunas medidas para someterlas a un análisis costo beneficio social, las cuales se presentan en las siguientes secciones.

Para la selección de medidas se consideraron alternativas que tuvieran diversidad en cuanto a su orientación (basadas en ecosistemas, duras y blandas), que fueran específicas y que no hubiera una marcada necesidad de hacer supuestos. A partir de estos criterios se seleccionaron las siguientes medidas:

1. Restauración de arrecifes
2. Techos y paredes verdes
3. Construcción de canales
4. Restauración de manglares
5. Generación de biodiesel con aceite doméstico residual

A partir de esta preselección se decidió elegir las tres primeras medidas enlistadas. Se privilegió la restauración de arrecifes versus la restauración de manglares porque el análisis del primero se considera más novedoso, ya que para el segundo caso existen otros análisis (ver por ejemplo Lewis, 2001). El caso de generación de biodiesel se descartó porque se consideró que su alcance para generación de beneficios era limitado. Finalmente, se consideró la construcción de canales, sin embargo, se sustituyó esta medida por la instalación de “pavimentos permeables” por dos razones: (i) los canales abiertos dan lugar a la propagación de mosquitos y sus consecuentes efectos negativos en salud y (ii) los costos unitarios de este tipo de sistemas eran muy superiores a los pavimentos permeables, lo que permitió identificar ex ante que su rentabilidad sería negativa.

Adicionalmente, caben describirse algunas otras medidas que están contenidas en el Plan 4C y que actualmente están en una fase piloto. En el 2016, se han implementado dos pilotos, uno para la restauración de manglar y uno para la generación de biodie-

sel con aceite doméstico residual, la que cuenta con el Plan Maestro de Drenajes Pluviales para la construcción de canales. Estas son iniciativas que describimos de manera general a continuación:

- Sobre la medida de construcción de canales; actualmente en Cartagena se está en consecución de recursos para el Plan Maestro de Drenajes Pluviales, que considera 154 canales, 191 kilómetros de longitud aproximadamente; y obras de canalización pueden tener un valor aproximado de 1.5 billones de pesos. Asimismo, está siendo integrada dicha infraestructura desde una perspectiva de adaptación basada en ecosistemas, para complementar su funcionalidad y disminuir algunos de los efectos negativos que pueden traer este tipo de obras con control biológico. En la primera etapa se busca articular iniciativas de infraestructura natural para complementar la infraestructura gris de los canales; complementando este plan de adaptación de la ciudad, con un mecanismo de mitigación para combatir el cambio climático. En su etapa inicial serán destinados 300 mil millones de pesos colombianos, que consideran 27 obras de recursos públicos del distrito. El Plan de Drenajes Pluviales está considerado como un compendio de obras que debe emprender la ciudad para “desarrollar un sistema de drenajes pluviales para minimizar, corregir y evitar el impacto de lluvias en las cuencas que conforman el territorio de las zonas rurales y urbanas del Distrito”.

- Sobre el piloto 1 de restauración de manglar; el Plan4C ha venido trabajando en el desarrollo de la estrategia de adaptación basada en ecosistemas, con el apoyo de la GIZ, quienes junto con la Fundación Social vienen reali-

zando la implementación de dos medidas de este tipo: la recuperación de las rondas hídricas de los canales Calicanto Nuevo y Viejo y pilotos para la restauración de ecosistemas de manglar en la unidad comunera de gobierno N°6. Por otra parte, la GIZ ha venido apoyando a la Cámara de Comercio de Cartagena sumado al apoyo de la Corporación Ambiental Empresarial, en el diseño e implementación de un esquema para la compensación de huella de carbono de los eventos que se realicen en Cartagena. Uno de los primeros eventos en compensar su huella de carbono fue el evento anual de la ANDA - Asociación Nacional de Anunciantes, quien sembrará 1,000 árboles en la UCG6 durante el primer semestre de 2017, apoyando el cumplimiento de la meta propuesta en el Plan de Silvicultura Urbana de la ciudad de sembrar 10,000 árboles al año.

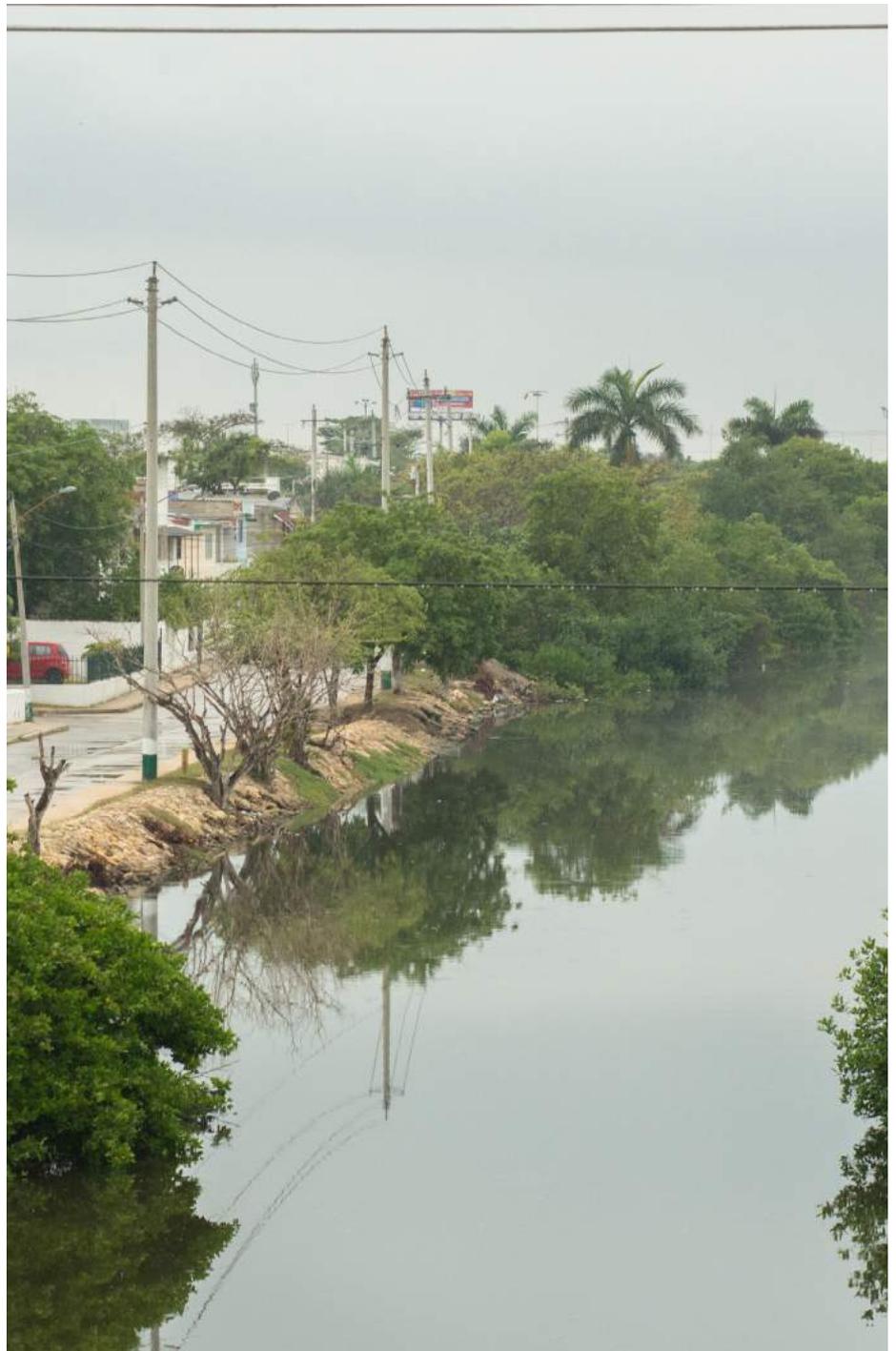
- Sobre el piloto 2 para la generación de biodiesel con aceite doméstico residual; este es un emprendimiento climático que se realiza por medio del modelo de micro franquicias Samanea® con un esquema de inclusión social para la recolección de residuos y su transformación en biocombustibles. Cuenta con el apoyo del PNUD y la Cámara de Comercio, en articulación con Corpoturismo, gremios y Alcaldía. En su primera fase, en el 2016 se implementó la recolección del aceite de cocina para la producción de biodiesel ayudando a evitar el taponamiento del alcantarillado del sector turístico de la ciudad, principalmente el Centro histórico. Esto es de gran importancia debido a las inundaciones que se presentan frecuentemente en este sector; así como también por convertir este residuo en un biocombustible que contribuye a la reducción de emisiones de carbono. En su segunda etapa, en el

2017, se encuentra en implementación la recolección de residuos orgánicos para la producción de biogás y abono orgánico. Este último para el uso de la arborización de las ciclo-rutas de la ciudad y para las huertas urbanas y techos verdes; este proyecto se realiza en articulación con la Secretaria de Planeación, la autoridad ambiental, EPA, y el programa de negocios verdes del MADS (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible). La producción local del biogás contribuye a la reducción de emisiones y generación de economías locales y sostenibles.

Para conocer más de estas iniciativas se puede visitar el sitio www.plan4c.com

A continuación, se presentan los resultados de las medidas a las que se les aplicó un análisis costo beneficio.

- 1. Restauración de arrecifes.**
- 2. Techos y paredes verdes.**
- 3. Pavimentos permeables.**



7.1 Caso de estudio. Restauración de arrecifes

Se realizó un análisis costo beneficio social de la restauración de los arrecifes en la ciudad de Cartagena de Indias, Colombia. Para ello se identificaron los beneficios económicos que provee este tipo de ecosistemas y los costos económicos que significa su restauración a partir de un análisis de fuentes secundarias de información.

El contexto de este análisis es la restauración y protección de corales existentes en la bahía de Cartagena y sus Zonas Insulares, con relación a la protección y adaptación a los efectos del cambio climático que estos ecosistemas pueden tener, considerando los riesgos detectados en el Plan4C en materia de inundación y erosión costera.

El coral que hace parte integral de la estrategia de adaptación basada en ecosistemas del Plan4C, es el arrecife de Varadero de Cartagena. De acuerdo con la Fundación Ecomares⁹, este arrecife está ubicado al lado del canal de Bocachica, por donde ingresan y salen los barcos cargueros a la Bahía de Cartagena. Allí se encuentra una gran formación arrecifal llamada Varadero. Esta área, que hasta hace un par de años era desconocida en el país, se considera un arrecife paradójico, por las inusuales condiciones ambientales en las que se ha desarrollado y en las que sobrevive. Esto significa que está en condiciones no apropiadas para su desarrollo. Por lo anterior y con el objetivo de poder entender qué

ha permitido que un arrecife se desarrolle bajo condiciones inusuales, las Universidades: Estatal de Pensilvania (Penn State University – Dra. Mónica Medina), Javeriana de Cali (Dr. Mateo López-Victoria), Nacional (Dr. Sven Zea) y del Valle (Dr. Fernando Zapata), conjuntamente con la Fundación Ecomares (Dra. Valeria Pizarro) están trabajando conjuntamente para poder responder a dicho objetivo. A este objetivo se suma el relacionar los cambios que han sufrido los arrecifes de la zona de Cartagena (Varadero, Barú e Islas del Rosario) con el efecto que esos cambios en los arrecifes han tenido sobre las comunidades afrodescendientes que dependen de estos ecosistemas.

De acuerdo con López-Victoria, biólogo de la Universidad Javeriana de Cali, “El arrecife tiene una extensión de 1,8 kilómetros de largo por 300 metros

de ancho, aproximadamente. Arranca a 35 metros de profundidad y llega a 1,5 metros en la parte más somera”. Según la revista académica Coral Reefs (López-Victoria et al., 2014) cuenta con al menos 30 especies iguales a las de San Bernardo, San Andrés, Providencia o el Caribe, y podría ser uno de los mejores arrecifes de coral en la plataforma continental de Colombia en términos de cobertura. Sumado a esto, tienen características curiosas. En la parte más blanda los arrecifes se comportan como si vivieran en la profundidad debido a la cantidad de sedimentos. La formación coralina es un misterio para los biólogos, pues contradice la literatura científica que describe las condiciones ideales para el crecimiento y desarrollo de los arrecifes de coral: aguas oligotróficas (muy bajos niveles de nutrientes) y limpias, con buena penetración de luz solar (El espectador, 2016).

ILUSTRACIÓN 10 Arrecife Varadero



Fuente: Ecomares, Arrecife Varadero.

9. Ver <http://ecomares.org/index.php/10-noticias/34-descripcion-del-arrecife-de-varadero-cartagena-colombia>

Identificación de beneficios

Los arrecifes proveen una serie de servicios ecosistémicos de los que se benefician los seres humanos. Estos servicios se pueden clasificar en servicios de provisión, de regulación y soporte y culturales. Los servicios de provisión se refieren a los alimentos y materias primas que se pueden extraer del ecosistema. Entre los servicios de regulación y soporte se encuentran la regulación del clima, la protección contra eventos extremos por inundaciones costeras y tormentas, la asimilación de desechos, y servir como de refugio y criadero de especies comerciales que posteriormente migran a zonas de pesca y sostienen la fuente de ingresos de comunidades que dependen de esta actividad. En los servicios culturales se encuentran el valor recreativo (turismo), el valor estético, científico, educacional, entre otros.¹⁰

Asignar un valor económico a estos servicios ecosistémicos es complejo porque generalmente no existe un mercado para los mismos (con algunas excepciones, como por ejemplo la materia prima y alimentos). Por ello, desde los 60s se han ido generando estudios de valoración económica de servicios ecosistémicos (de Groot et al., 2012), los cuales han llegado a más de 4 mil estudios en 2015, de acuerdo a Lara et al. (2016). Uno de los esfuerzos más grandes para la sistematización de estos estudios se realizó en el contexto de la iniciativa de la Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad (TEEB por sus siglas en inglés), que tuvo el objetivo de hacer visibles los valores de la naturaleza.¹¹ Uno de los resultados que generó esta iniciativa es una base de datos con 1,310 observaciones,

ILUSTRACIÓN 11 Ubicación Arrecife de Coral Varadero



Fuente: Alcaldía de Cartagena de Indias-MADS-INVEMAR-CDKN-Cámara de Comercio de Cartagena (2014)

denominada *Ecosystem Services Valuation Database (ESVD)*¹², la cual concentra diversos valores económicos de distintos servicios ecosistémicos alrededor del mundo.

En esta base de datos se encuentran 136 observaciones de distintos estudios con un valor económico de servicios ecosistémicos específicos que prestan los arrecifes de coral. A partir de estas observaciones se realizó un análisis estadístico descriptivo de los distintos servicios ecosistémicos de arrecifes que contiene la base. En la Tabla 8 se presenta este análisis. Como se puede observar, la variación en los valores económicos es muy alta, la diferencia entre el valor mínimo y máximo es de más de un millón de USD/ha/año.

Dada esta alta variación se optó por utilizar la mediana (la observación que está en medio de todas) de las observaciones en lugar del promedio, porque el primer parámetro es menos sensible a valores extremos.

Dicho lo anterior, estimamos que la suma de la mediana de los servicios ecosistémicos asciende a 2,867.14 USD/ha/año, el mayor valor proviene de la protección costera (1,367 USD/ha/año), seguido del valor del turismo (1,246 USD/ha/año).

10. Para mayores detalles ver <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>

11. <http://www.teebweb.org/>

12. Disponible en <http://es-partnership.org/services/data-knowledge-sharing/ecosystem-service-valuation-database/>

Los autores Bayraktarov et al. (2016) presentan un análisis de 253 estudios (con 954 observaciones) relacionados con los costos económicos de restaurar ecosistemas costeros (arrecifes de coral, pastos marinos, manglares, marismas, y arrecifes de ostras). Para el caso de los arrecifes de coral reportan que la media del costo de restauración total para países en vías de desarrollo es de 19,150 USD/ha y de 207,247 USD/ha en países desarrollados. Adicionalmente, Spurgeon (2001) reporta que estos costos van desde 10,000 USD/ha (en Tanzania) hasta 5 millones USD/ha (en Florida, EUA). Para nuestro análisis costo beneficio consideramos el dato medio para países en desarrollo. En la Tabla 9 se presenta la información base que se utilizó para realizar el análisis costo beneficio social.

Análisis de la información

Se consideraron los datos medios y se realizó un análisis Monte Carlo¹³ para simular la variación en los indicadores de rentabilidad a partir de la variación en los costos y beneficios.

Los resultados del análisis se presentan en la Tabla 10 e indican que la restauración de arrecifes es una actividad rentable que genera un beneficio neto social de 8,817 USD/ha, que equivalen a un valor anualizado de 912 USD/ha/año. El Índice Costo Beneficio indica que por cada dólar invertido se obtiene un beneficio neto social de 46 centavos de dólar. La Tasa Interna de Retorno asciende a 7.3% al año.

También estos resultados indican que el beneficio neto desde la perspectiva estrictamente privada (considerando solo beneficios por turismo y de provi-

TABLA 8 Valor económico de una hectárea de arrecife de coral (USD/ha/año)

Servicio Ecosistémico	Obs.	Mediana	Prom	Des.Est.	Mín.	1er. cuartil	3er. cuartil	Máx
Provisión	43	97.51	909.2	4,015.1	0.002	2.13	315.3	26,200
Protección costera	15	1,367	6,677	11,142.4	2.88	383.7	8,485	42,410
Otros de Regulación /Soporte	23	101.3	14,960	45,796.2	0.12	4.81	1,569	212,800
Turismo	39	1,246	63,720	248,289.1	0.1	75.6	8,466	1,195,000
Otros culturales	16	55.33	2,972	7,783.5	0.002	1.36	726.9	30,860
Todos	136	158.33	22,173.8	135,798.1	0.002	8.1	2,043.9	1,195,000
Suma	136	2,867	89,208	N/A	3.1	467.6	19,562.2	1,507,270

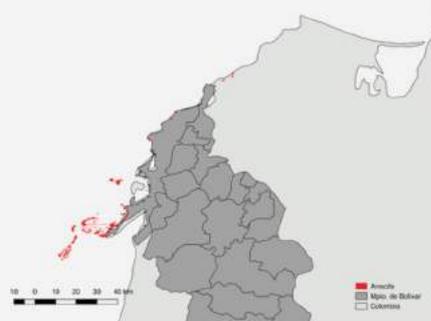
Fuente: Elaboración propia con información de ESP (2010)

CUADRO 12 Arrecifes en Cartagena

De acuerdo con Lopez-Victoria et al. (2015) se descubrió recientemente un área arrecifal de casi 1 km² de extensión en la zona de Varadero en la bahía de Cartagena de Indias. De acuerdo con los autores el estado de salud de este arrecife es muy bueno, a pesar de que las condiciones ambientales son adversas, lo cual plantea una excelente oportunidad para su conservación e investigación.

Además, a algunos cientos de kilómetros de Cartagena, se encuentran dos arrecifes, ubicados en la Isla de San Andrés y en la costa norte, de Punta Canoas a Isla Fuerte. Hasta 1995, esta área comprendía 81.5 km² (UNEP-WCMC, WorldFish Centre, WRI y TNC, 2010). En el mapa 1 se presenta la distribución y extensión de los arrecifes que están cerca de la ciudad de Cartagena.

ILUSTRACIÓN 12 Arrecifes de Cartagena (1995)



Fuente: Elaboración propia con información de UNEP-WCMC, WorldFish Centre, WRI y TNC (2010).

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia reportó en 2014 que **60% de los arrecifes** del país enfrentan algún grado de amenaza, **19% han sido destruidos**, **15%** se encuentran en **estado crítico** y **20% pueden desaparecer en los próximos 15 años**. Además, de acuerdo con Díaz (2000), el deterioro y destrucción de los arrecifes sucedió principalmente en 3 décadas, entre 1970 y el año 2000. Con estos datos podemos inferir que por año se pierde entre 0.63% (resulta de dividir 19% entre 30 años) y 1.33% (dividiendo 20% de destrucción prevista entre 15 años que es el lapso que se prevé esto sucederá). Entonces, apartir de estos datos la cobertura actual de arrecife está entre 61 km² y 71 km², es decir, una reducción de entre 13 y 25 por ciento.

TABLA 9 Costos y beneficios considerados en el análisis (precios en USD) (arrecifes)

Detalles	Frec.	Unidad	Cant.	Cant. mín.	Cant. máx.	Valor	Valor pesim.	Valor opt.	Fecha inicio	Fecha final
Provisión	Anual	Ha	1	1	1	97.5	2.1	315.3	ene-2017	dic-2050
Protección costera	Anual	Ha	1	1	1	1367	383.7	8485	ene-2017	dic-2050
Otros de Regulación /Soporte	Anual	Ha	1	1	1	101.3	4.81	1569	ene-2017	dic-2050
Turismo	Anual	Ha	1	1	1	1246	75.6	8466	ene-2017	dic-2050
Otros culturales	Anual	Ha	1	1	1	55.3	1.36	762.9	ene-2017	dic-2050
Costo de restauración	Inicial	Ha	1	1	1	19150	207247	10000	ene-2017	dic-2050

Fuente: Elaboración propia con información de UNEP-WCMC, WorldFish Centre, WRI y TNC (2010), Bayraktarov et al. (2016) y Spurgeon (2001)

13. Este análisis consiste esencialmente en generar una cantidad determinada de números aleatorios de los precios y cantidades de cada costo y beneficio que se considera en cada medida. Se establece un rango para cada precio y cantidad, el cual está definido por el valor máximo y mínimo de cada uno de ellos. Posteriormente se calcula el beneficio neto social para cada conjunto de números aleatorios generados. Después se obtiene el promedio y la variación del beneficio neto social para cada conjunto de números aleatorios. Este ejercicio permite simular las condiciones reales de incertidumbre.

sión) no es rentable, pues significarían una pérdida neta de 5,954 USD/ha, por lo que se justifica que la restauración sea impulsada por el estado, pero también es deseable que se motive a los agentes privados a aportar un porcentaje de la inversión que se requiere. En particular, a partir de los resultados que se presentan en la tabla 4 se puede estimar que 47% del beneficio neto social corresponde a beneficios privados. Por tanto, se propone que el sector privado participe con este porcentaje (47%) de la inversión total. Adicional a lo anterior, la participación del sector privado y en general de la sociedad es deseable pues la restauración efectiva de los arrecifes también depende de que la población esté consciente de la importancia de la preservación y protección de los ecosistemas y coadyuve a ello.

Los resultados sugieren que la rentabilidad tiene una probabilidad de éxito (el número de veces de cada 100 en que el VPNS es positivo) de 56.2%, lo cual consideramos como bajo, porque casi en la mitad de las veces se obtienen pérdidas. En este sentido, la rentabilidad del proyecto es sensible a cambios en el costo de restauración, en particular, un 10% de incremento en este costo genera una disminución en el beneficio neto social de 22%. Otros conceptos que son sensibles a variaciones, son los beneficios por turismo y los de protección costera, los cuales disminuyen la rentabilidad en 14% y

TABLA 10 Indicadores de rentabilidad de arrecifes

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD DE MEDIDA	
VPNS	8,817	USD/ha	
VPN privado	-5,954	USD/ha	
ICB	0.46	USD ganado/USD invertido	
Valor anualizado	912	USD/ha/año	
Probabilidad de éxito	56.2	%	
TIR	19.0	%	
Plazo en que el flujo de efectivo es positivo	7.4	Años	

Fuente: Elaboración Propia

NOTAS: 1. El color verde en el semáforo indica un resultado positivo, el rojo un resultado negativo.
2. El análisis considera una tasa de descuento de 10%.

TABLA 11 Valor presente neto desagregado y análisis de sensibilidad (arrecifes)

CONCEPTO	VPN (USD)	TOTAL [%]	ELASTICIDAD
Provisión	943.66	3.39%	0.11
Protección costera	13,270.82	47.67%	1.51
Otros de Regulación /Soporte	968.13	3.48%	0.11
Turismo	12,123.24	43.55%	1.38
Otros culturales	532.22	1.91%	0.06
Restauración	-19,021.43	-100%	-2.16
Total	8,816.64		1

Fuente: Elaboración propia

15% cuando estos beneficios son 10% menores (por ejemplo, si el porcentaje de turistas al arrecife decrece en 10%). Dicho de otro modo, la restauración es una medida rentable pero para asegurarla se requiere de cuidar que los costos de restauración se mantengan lo más bajo posible y que se tenga cuidado en que los beneficios que se están considerando (especialmente los que provienen del turismo y de la protección costera, que representan 91% de la rentabilidad – ver Tabla 11) se realicen efectivamente.

Adicional a lo anterior, es importante señalar el principio precautorio, adoptado la Declaración de Río en su principio 15¹⁴, el cual establece que “la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente.” (UN, 1992). En este sentido, la restauración de arrecifes debiera promoverse tanto aun cuando su rentabilidad económica tenga un grado relativamente alto de incertidumbre.

Un aproximado al beneficio neto total

Si consideramos un área de 1 km² de arrecifes en Varadero (ver Cuadro 12), la restauración de los mismos generaría un beneficio neto social de 881 mil USD o 91 mil USD al año. No obstante, como se hizo mención en el

Cuadro 12, se espera que en los próximos 15 años el 20% de los arrecifes puedan desaparecer, por lo que este valor podrá perderse de no realizarse actividades de conservación.

Limitaciones y recomendaciones

Dado que las fuentes de información utilizadas provienen de fuentes secundarias que sistematizan los resultados de múltiples estudios alrededor del mundo, la rentabilidad obtenida es indicativa y es muy recomendable identificar si estos beneficios efectivamente corresponden a la realidad del sitio. Asimismo, los costos de restauración dependen del estado de conservación de los arrecifes, por lo que un diagnóstico más detallado sobre este estado en Cartagena permitirá obtener costos más precisos.

Respecto a los beneficios de turismo se recomienda que se analice si efectivamente hay potencial para generar este tipo de beneficios en el sitio, una opción para ello es llevar a cabo una encuesta de valoración de servicios ecosistémicos (a partir de un método de valoración contingente)¹⁵ que permitiría identificar la disponibilidad a pagar por el valor recreativo que pudieran ofrecer los arrecifes de la zona.

Para el caso de los beneficios de protección costera se sugiere llevar a cabo un análisis a partir de la plataforma InVEST,¹⁶ la cual permite analizar

el grado de protección costera que proveen los arrecifes comparando un índice de vulnerabilidad en la situación con y sin el arrecife con base en información cartográfica que generalmente está disponible (con distintos grados de precisión) para todas las áreas geográficas del mundo, por lo que es posible adaptar el modelo al contexto colombiano.

14. <http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/riodeclaration.htm>

15. Ver <http://www.aboutvalues.net/> para mayores detalles.

16. Ver <http://www.naturalcapitalproject.org/invest/> para mayores detalles.

7.2 Caso de estudio. Techos y paredes verdes

Se analizó como medida de adaptación al cambio climático la instalación de “techos y paredes verdes en edificaciones públicas y privadas para reducir la temperatura, absorber las aguas lluvias y el CO₂, proveyendo a su vez un valor paisajístico” (REF). Esta opción se analizó desde una perspectiva de costo beneficio social.

Identificación de beneficios

Se modeló un techo verde de 1 metro cuadrado de extensión. Para esta unidad de análisis se contabilizaron los siguientes costos y beneficios sociales:

1. Captura de agua.
2. Captura de carbono.
3. Daños a la infraestructura.
4. Reducción del consumo energético.
5. Valor estético.
6. Costos directos del techo verde.

Para cada uno de estos rubros se recopiló información secundaria para asignarles un valor económico. A continuación, se discute cada uno de los supuestos e información que se utilizó para valorarlos económicamente.

Captura de agua

Se consideró que un techo verde capta 10 mm de precipitación por evento, de acuerdo con Cornelissen et al. (2015). La ciudad tiene en promedio 97 días de lluvia. Por tanto, en un año, el techo verde capturaría 970 mm de lluvia, es decir cada m² capta al año 0.97 m³ de

agua de lluvia. Para asignar un valor económico a esta captura se utilizó el Índice del Costo del Agua (Water Cost Index) de la compañía IBM, que establece que el costo real del agua es igual a los costos totales de producción entre el volumen de agua proveído. A nivel global estiman un costo de 1.31 USD/m³.

Captura de carbono

De acuerdo con Getter et al. (2009) un metro cuadrado de techo verde tiene un potencial de capturar 375 gramos de carbono. En términos de dióxido de carbono equivalente, esta captura asciende a 1.375 kCO₂e. Para asignar un valor económico a esta cantidad se consideró un precio de 12.95 USD/tCO₂e, el cuál es el precio del mes septiembre de 2016 en el mercado de California. Consideramos el precio de este mercado por ser el de mayor cercanía geográfica. Para el análisis suponemos que esta captura se paga de una sola vez al segundo año de haber establecido el techo verde.

Daños a la infraestructura

Para asignar un valor económico a este concepto se utilizó información del Global Flood Analyzer (WRI, 2010), que estima costos económicos a nivel urbano y la población afectada por inundaciones en distintos lugares del mundo. En nuestro caso presenta datos para el distrito de Bolívar, donde se encuentra ubicado Cartagena de Indias. Con estos datos se obtuvo un estimado del costo

por inundación per cápita para 2010 y para 2030, los cuales ascienden respectivamente a 739 USD/habitante y 2,194 USD/habitante al año. Posteriormente se extrapolaron esta cifra en términos de metro cuadrado, considerando la densidad de población en la Ciudad de Cartagena. Esta densidad se tomó de Pérez y Salazar (2007), quienes estiman una densidad promedio en la ciudad de 1,717 hab/km², con un mínimo de 901 hab/km² y un máximo de 3,898 hab/km², dependiendo del barrio. Con estos datos se obtuvo un costo por inundación por metro cuadrado, al dividir el costo por habitante entre la densidad poblacional (convertida a habitantes/m²). Esta operación se realizó para la densidad promedio, mínima y máxima, obteniendo un costo por metro cuadrado de 1.27, 0.67 y 2.88 USD/m², respectivamente para el año 2010. Para el año 2030 estos valores ascienden a 3.77, 1.98 y 8.56 USD/m², respectivamente. En el análisis costo beneficio se consideró la evolución de estos costos, los cuales se van incrementando año con año, para identificar este incremento se supuso una extrapolación lineal entre 2010 y 2030.

Para determinar la proporción de costo por inundación que los techos verdes generan se consideró el estimado de Cornelissen et al. (2015) que establece que el techo verde capta 10 mm de precipitación por evento. Además, suponemos que una lluvia intensa que en pocas horas supera los 100 mm genera una inundación. Finalmente, Cornelissen et al. (2015) estiman que una lluvia de

105 mm tiene un periodo de retorno (el número de años entre un evento y otro) de cinco años y una lluvia de 124 mm, sucede cada 10 años. Realizando una extrapolación lineal de estas estimaciones, obtenemos que una lluvia que excede los 110 mm, sucede cada 6.4 años y una lluvia que es igual a 100 mm sucede cada 3.85 años. Por tanto, si el techo verde capta 10 mm de lluvia entonces se reduce la probabilidad de inundación en 40%. Esto es, el techo verde puede evitar los costos de la inundación en 4 de cada 10 casos.

Reducción de consumo de energía

De acuerdo con Garrison y Horowitz (2012) un techo verde tiene el potencial de reducir el consumo energético por el uso de aires acondicionados de entre 10 y 39 por ciento. Además, los autores estiman que en California, el consumo energético promedio de un edificio comercial es de 2.04 kWh/ft²/año. Si consideramos que estos datos son aplicables al caso de Cartagena, esto significaría una reducción de energía de entre 2.2 y 8.6 kWh/m²/año.

Para asignar un valor económico a esta reducción se consideraron las tarifas de Electricaribe a noviembre de 2016 para el Nivel 1, que asciende a 399.38 pesos colombianos por kWh.¹⁷ Se consideró un tipo de cambio de 3,100 pesos por

dólar de acuerdo con información del Banco de la República,¹⁸ por lo que cada kWh que no se consume tiene un valor de 0.13 USD.

Adicionalmente, se consideró la reducción en las emisiones de GEI provenientes de la energía eléctrica que no se consume gracias al techo verde. Para estimar las emisiones no emitidas se consideró el estimado de Herrera (2013), quien estima que cada MWh producido genera 0.374 tCO₂e. Para asignar un valor económico a este parámetro se utilizó el mismo precio por tCO₂e referido con anterioridad de 12.95 USD/tCO₂e.

Valor estético

Una aproximación al valor estético de los techos verdes es documentada por Tomalty y Komorowski (2010), quienes estiman que el valor de la propiedad [en Canadá] se eleva en 4.5% si se cuenta con un techo verde. De acuerdo con el sitio web www.cartagenarealty.com, el precio por metro cuadrado en Cartagena varía entre 201 y 231 USD, lo que implica un valor adicional de 10 USD/m².

Identificación de costos

Para el análisis costo beneficio social consideramos los costos de instalación y de mantenimiento de los pavimentos

permeables con base en información de *Center for Neighborhood Technology* (CNT).¹⁹ Esta organización presenta estimados para el costo de diversas tecnologías de manejo de agua en entornos urbanos,²⁰ entre las que se encuentran los techos verdes. Estos costos están reportados por pie cuadrado y en dólares estadounidenses. Para adaptarlos al contexto de Cartagena se multiplicaron por el Factor de Paridad del Poder Adquisitivo publicado por el Banco Mundial,²¹ el cual asciende a 0.4 para Colombia, esto es, los costos en Colombia representan 40% de los costos en Estados Unidos. Además, se convirtieron las unidades de pies cuadrados a metros cuadrados. Con estas operaciones encontramos que los costos de instalación ascienden a 67.8 USD/m² y están en un rango de entre 38 y 137 USD/m². Con respecto a los costos de mantenimiento, éstos ascienden a 0.11 USD/m² al año en promedio y están en un rango de entre 0.09 y 1.77 USD/m² al año.

Análisis de la información

En la Tabla 12 se presenta la información base que se utilizó para realizar el análisis costo beneficio social. Se consideraron los datos descritos anteriormente y se realizó un análisis Monte Carlo para simular la variación en los indicadores de rentabilidad a partir de la variación en los costos y beneficios.

17. <http://www.electricaribe.com/co/hogar/distribucion+de+electricidad/1297110294230/tarifas+subsidiados+y+contribuciones.html>

18. <http://www.banrep.gov.co/es/trm>

19. Es una organización sin fines de lucro estadounidense dedicada a la investigación y promoción del mejoramiento de la economía y medio ambiente en ciudades

20. http://greenvalues.cnt.org/national/cost_detail.php

21. <http://datos.bancomundial.org/indicador/PA.NUS.PPPC.RF?view=chart>

Los resultados del análisis se presentan en la Tabla 13 e indican que la instalación de techos verdes es una actividad no rentable que genera una pérdida neta social de 26.5 USD/m², que equivalen a un valor anualizado de -2.66 USD/m²/año. El Índice Costo Beneficio indica que por cada dólar invertido se obtiene un beneficio neto social de -38 centavos de dólar. La Tasa Interna de Retorno es de 5.4%; cabe señalar que este último resultado indica que si la tasa de descuento fuera de 5.4%, la medida sería rentable.

Limitaciones y recomendaciones

Si se opta por impulsar esta medida se recomienda que se lleve a cabo un piloto, en el cual se invite a los habitantes y empresas a participar para instalar techos verdes y establecer mediciones de efectividad (volumen de captura de agua y de daños económicos en caso de una inundación). Esto permitiría tener mayor certeza de los beneficios en términos de adaptación de estos sistemas, antes de promover su adopción generalizada.

El análisis no considera las posibles muertes evitadas por esta medida y la razón de ello estriba en que establecer un vínculo de efectividad entre un techo verde y las muertes evitadas es muy especulativo. Si se tiene un estimado más o menos confiable de esta efectividad es posible valorarlo económicamente a partir del valor estadístico de una vida para el contexto de Colombia.

TABLA 12 Costos y beneficios considerados en el análisis (precios en USD) (techos verdes)

Detalles	Frec.	Unidad	Cant.	Cant. mín	Cant. máx	P	P Pesim.	Valor opt.	Fecha inicio	Fecha final
Captura de agua	Anual	m ³	0.97	0.97	0.97	1.31	1.31	1.31	ene-2017	dic-2050
Captura de carbono	Única vez	kCO ₂ e	1.375	1.375	1.375	0.01295	0.01295	0.01295	ene-2017	dic-2050
Daños evitados	Anual	m ²	0.4	0.4	0.4	2.14	4.87	1.12	ene-2017	dic-2050
Ahorro energético	Anual	kWh	5.4	2.2	8.6	0.13	0.13	0.13	ene-2017	dic-2050
Reducción de emisiones	Anual	kCO ₂ e	1.46	0.6	2.3	0.01295	0.01295	0.01295	ene-2017	dic-2050
Valor estético	Única vez	m ²	1	1	1	10	10	10	ene-2017	dic-2050
Costos de instalación	Única vez	m ²	1	1	1	67.8	136.9	37.7	ene-2017	dic-2050
Mantenimiento	Inicial	m ²	1	1	1	0.1	1.77	0.08	ene-2017	dic-2050

Fuente: Elaboración propia con información de Casa Blanca (2010), Cornelissen et al. (2015), Getter et al. (2009), Milenio (2014), Pérez y Salazar (2007) y WRI (2010).

TABLA 13 Indicadores de rentabilidad (techos verdes)

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD DE MEDIDA	SEMÁFORO
VPNS	-26.46	USD/ha	
VPN privado	-39.22	USD/ha	
ICB	-0.39	USD ganado/USD invertido	
Valor anualizado	-2.66	USD/ha/año	
Probabilidad de éxito	22.5	%	
TIR	5.4	%	
Plazo en que el flujo de efectivo es positivo	15.4	Años	

Fuente: Elaboración propia

NOTAS: 1. El color verde en el semáforo indica un resultado positivo, el rojo un resultado negativo. 2. El análisis considera una tasa de descuento de 10%. Los resultados sugieren que la rentabilidad tiene una probabilidad de éxito (el número de veces de cada 100 en que el VPNS es positivo) de 22.5%, lo cual consideramos como muy bajo, porque en 73 de 100 casos se obtienen pérdidas. La rentabilidad negativa de la medida es sensible a los costos de instalación del techo verde, si estos costos aumentan en 10%, la rentabilidad disminuye en 25.4%. Para que la medida sea rentable los costos tendrían que ser 60% menores (ver Tabla 14).

TABLA 14 Valor presente neto desagregado y análisis de sensibilidad (techos verdes)

CONCEPTO	VPN (USD)	TOTAL (%)	ELASTICIDAD
Captura de agua	12.23	-29.35%	0.46
Captura de carbono	0.01	-0.02%	0.00
Daños evitados	12.74	-30.57%	0.48
Ahorro energético	6.70	-16.08%	0.25
Valor estético	9.92	-23.81%	0.38
Reducción de emisiones	0.02	-0.05%	0.00
Costos de instalación	-67.13	98.62%	2.54
Mantenimiento	-0.95	1.4%	0.04
Total	-26.46		1

Fuente: Elaboración propia

7.3 Estudio de caso. Pavimentos permeables

Se realizó un análisis costo beneficio social del uso de pavimento permeable para reducir el riesgo de inundación en la ciudad de Cartagena de Indias, Colombia. Los pavimentos permeables son un tipo de pavimento que permite la infiltración del agua. Para el análisis costo beneficio social se identificaron los beneficios económicos que provee este tipo de infraestructura y los costos económicos que significa esta inversión a partir de un análisis de fuentes secundarias de información.

Identificación de beneficios

El principal beneficio de establecer este tipo de pavimento es la reducción de los daños económicos que causan las inundaciones. De acuerdo con Terhell et al. (2015) los pavimentos permeables tienen el potencial de reducir la escorrentía superficial en alrededor de 98%. Esto implica que este tipo de material puede evitar las inundaciones prácticamente en su totalidad.

De acuerdo a lo que se describió en el

caso de estudio “Techos y paredes verdes”, los costos económicos por inundación ascienden en promedio a 1.27 USD/m² y están en un rango de entre 0.67 USD/m² y 2.88 USD/m². Además, estos costos se irán incrementando conforme se intensifiquen las lluvias por el cambio climático. En este sentido, los costos en 2030 ascenderán en promedio a 3.77 USD/m² y estarán en un rango de entre 1.98 USD/m² y 8.56 USD/m² (ver estudio de caso “Techos y Paredes verdes”).

Identificación de costos

Para el análisis costo beneficio social consideramos los costos de instalación y de mantenimiento de los pavimentos permeables con base en información de Center for Neighborhood Technology (CNT).²² Esta organización presenta estimados para el costo de diversas tecnologías de manejo de agua en entornos urbanos,²³ entre las que se encuentran los pavimentos permeables. Estos costos están reportados por pie cuadrado y en

dólares estadounidenses. Para adaptarlos al contexto de Cartagena se multiplicaron por el Factor de Paridad del Poder Adquisitivo publicado por el Banco Mundial,²⁴ el cual asciende a 0.4 para Colombia (los costos en Colombia representan un 40% de los costos en Estados Unidos). Además, se convirtieron las unidades de pies cuadrados a metros cuadrados. Con estas operaciones encontramos que los costos de instalación ascienden a 30.5 USD/m² y están en un rango de entre 23 y 52 USD/m².²⁵ Con respecto a los costos de mantenimiento, éstos ascienden a 0.15 USD/m² al año en promedio y están en un rango de entre 0.04 y 1 USD/m² al año.

Análisis de la información

En la Tabla 15 se presenta la información base que se utilizó para realizar el análisis costo beneficio social. Se consideraron los datos descritos anteriormente y se realizó un análisis Monte Carlo para simular la variación en los indicadores de rentabilidad a partir de la variación en los costos y beneficios.

TABLA 15 Costos y beneficios considerados en el análisis (precios en USD) (Pavimentos permeables)

Detalles	Frec.	Unidad	Cant.	Cant. mín	Cant. máx	Valor	Valor pesim.	Valor opt.	Fecha inicio	Fecha final
Daños evitados	Anual	m ²	0.98	0.98	0.98	2.14	1.12	4.87	ene-2017	dic-2050
Costo de instalación	Anual	m ²	1	1	1	30.5	51.7	22.8	ene-2017	dic-2050
Costos de Mantenimiento	Anual	m ²	1	1	1	0.15	0.99	0.04	ene-2017	dic-2050

Fuente: Elaboración propia con información de WRI (2010) y del sitio web de CNT.

22. Es una organización sin fines de lucro estadounidense dedicada a la investigación y promoción del mejoramiento de la economía y medio ambiente en ciudades

23. http://greenvalues.cnt.org/national/cost_detail.php

24. <http://datos.bancomundial.org/indicador/PA.NUS.PPPC.RF?view=chart>

25. Cabe señalar que este costo se encuentra en el rango de costos que fueron proporcionados por la empresa Cementos Argos, S.A., la cual opera en la región.

TABLA 16 Indicadores de rentabilidad (pavimentos permeables)

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD DE MEDIDA	SEMÁFORO
VPNS	0,61	USD/ha	
VPN privado	0	USD/ha	
ICB	0.02	USD ganado/USD invertido	
Valor anualizado	0.01	USD/ha/año	
Probabilidad de éxito	51.5	%	
TIR	10.2	%	
Plazo en que el flujo de efectivo es positivo	12.2	Años	

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 17 Valor presente neto desagregado y análisis de sensibilidad (pavimentos permeables)

Concepto	VPN (USD)	TOTAL (%)	ELASTICIDAD
Reducción de daños por inundación	32.25	99.99%	53.5
Costo de instalación	-30.29	-95.70%	-50.23
Costos de Mantenimiento	-1.35	-4.27%	-2.24
TOTAL	0.61		1

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del análisis se presentan en la Tabla 16 e indican que la instalación de pavimentos permeables es una actividad rentable que genera un beneficio neto social de 0.61 USD/m², que equivalen a un valor anualizado de 0.01 USD/m²/año. El Índice Costo Beneficio indica que por cada dólar invertido se obtiene un beneficio neto social de dos centavos de dólar. La Tasa Interna de Retorno asciende a 10.2% al año.

Los resultados sugieren que la rentabilidad tiene una probabilidad de éxito (el número de veces de cada 100 en que el VPNS es positivo) de 51.5%, lo cual es un indicativo de que la rentabilidad del proyecto es sensible a cambios tanto en el beneficio (reducción de daños por inundación) como en los costos de

instalación. En ambos casos, un 10% de disminución en los beneficios (incremento en los costos) genera una disminución en el beneficio neto social de 50%. Esto significa que cualquier variación, por pequeña que sea, tanto en los beneficios, como en los costos de instalación, puede afectar la rentabilidad de la medida. Ver Tabla 17.

La sensibilidad del beneficio neto social depende directamente de la variación de los costos y beneficios considerados. Cuando el rango de variación de algún o algunos costos y beneficios es amplio (esto es, la diferencia entre el valor mínimo y máximo de algún precio o cantidad es grande) la variación del beneficio neto social será igualmente alta.

Si esta variación proviene de informa-

ción limitada se recomienda recopilar mayor información en campo. Por otra parte, si esta variación está relacionada con condiciones reales (por ejemplo, porque hay volatilidad en los precios) entonces, efectivamente la realización de la inversión conlleva riesgos altos y se deberá ser precavido en llevarla a cabo.

Limitaciones y recomendaciones

La medida analizada es muy sensible a variaciones en los costos y beneficios considerados, una pequeña variación afecta la rentabilidad de la medida. En este sentido, es muy importante que de llevarse a cabo la medida se ponga especial cuidado en mantener los costos de instalación lo más bajo que sea posible, porque cualquier costo por metro cuadrado que sea superior a 30.5 USD/m² generará más costos que beneficios para la sociedad.

En este mismo sentido, se sugiere hacer una estimación más precisa de los costos que provocan las inundaciones y de los costos de instalación de este tipo de infraestructura para el caso de Cartagena. Como en los demás casos de estudio aquí expuestos, la información utilizada proviene de fuentes secundarias que probablemente tengan asociado un error de medición. Es especialmente importante en esta medida afinar estas mediciones para determinar si los beneficios exceden a los costos. Los cálculos que se presentan aquí tratan de aproximarse lo más posible a la realidad y con base en ellos la medida es rentable para la sociedad, pero tal rentabilidad deberá validarse en campo. Al respecto, se sugiere hacer un análisis de los costos de instalación con proveedores locales y un análisis de los costos económicos por inundación a partir de datos que disponga la autoridad local, en caso de existir.



8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



A lo largo de este documento se describió el proceso básico para realizar un análisis cualitativo y cuantitativo de medidas de adaptación al cambio climático en ciudades. Se describió paso a paso este análisis y se presentaron ejemplos hipotéticos y reales. El objetivo de este documento es ofrecer una guía práctica, de aplicación simple, que muestre cómo es posible realizar este tipo de análisis con información limitada.

Las herramientas que se describieron en esta guía tienen el objetivo de mejorar los procesos de toma de decisiones en el contexto de la adaptación al cambio climático en ciudades. La primera de estas herramientas, el análisis multicriterio, se describió como una herramienta que permite priorizar medidas de adaptación con un enfoque cualitativo. La ventaja fundamental de este enfoque es que permite establecer un ordenamiento de medidas a partir de criterios que van más allá de lo económico, lo cual es deseable, cuando realizar una medida tiene impactos en otras dimensiones del bienestar, tales como la ambiental y la social. El análisis multicriterio consiste en establecer un conjunto de criterios a partir de la consulta de actores involucrados. El éxito de esta herramienta radica en que todos los actores involucrados estén suficientemente representados y que tengan un papel efectivo en la definición de estos criterios.

Por otra parte, el análisis cuantitativo (análisis costo beneficio o análisis costo efectividad) tiene el objetivo de establecer un orden de prioridad a partir de un criterio económico. Este tipo de análisis es sencillo de llevar a cabo desde la perspectiva privada, pero no siempre así desde la pública, debido a que en el contexto público se requiere de asignar un valor monetario a costos y beneficios que generalmente no tienen un mercado (por ejemplo, la reducción de riesgo de inundaciones).

En el documento se describen algunas fuentes de información que permiten asignar estos valores monetarios. Asimismo, se describen los conceptos fundamentales de este tipo de análisis a partir de ejemplos y casos de estudio. La fortaleza del análisis cuantitativo estriba en que genera una priorización de medidas a partir de un criterio objetivo. El principal reto para realizar un buen análisis cuantitativo es recopilar información lo más precisa posible.

La metodología que proponemos para la priorización de medidas de adaptación al cambio climático en el entorno urbano es una versión híbrida entre el análisis cualitativo y cuantitativo. Específicamente proponemos realizar un análisis multicriterio en una primera fase, el cual permitirá priorizar medidas que son factibles políticamente y consensuadas por parte de los actores involucrados. Posteriormente, se recomienda llevar a cabo un análisis cuantitativo a las medidas que resultaron con mayor puntaje en el análisis cuali-

tativo. La razón de guiar así el proceso de toma de decisiones radica en que los recursos humanos y de tiempo que tienen los tomadores de decisiones son limitados y generalmente no es posible someter a un análisis cuantitativo todas las medidas de adaptación. Así, las medidas priorizadas tanto cualitativa como cuantitativamente cumplirán con los criterios establecidos por los actores involucrados pero también que sean económicamente rentables.

De los casos de estudio se concluye que la restauración de arrecifes y el uso de pavimentos permeables son medidas rentables, siendo menos aconsejable priorizar los techos verdes. A partir de estos resultados se establecieron una serie de recomendaciones:

1. Se recomienda realizar un análisis cualitativo de la función de protección costera que tienen los arrecifes en Cartagena de Indias. Esto puede realizarse con la plataforma InVEST, misma que es suficientemente flexible para adaptarse a distintos contextos del mundo. Esto es importante debido a que el análisis costo beneficio que se realizó está basado en el supuesto de que esta área arrecifal cumple la función de proteger la costa contra inundaciones y por tanto deberá verificarse dicho supuesto.

2. Se recomienda llevar a cabo un análisis del potencial turístico que pudiera tener la restauración de arrecifes, pues



una parte importante de la rentabilidad de esta medida depende de este beneficio.

3. Se recomienda llevar a cabo un programa piloto de techos verdes en un grupo reducido de edificaciones. Es muy recomendable que este programa piloto tenga asociado un mecanismo de medición de los beneficios (reducción de consumo de energía, capacidad de captura de agua). Adicionalmente, se recomienda que este piloto sea realizado de manera conjunta con el sector privado para analizar si este tipo de sistemas le son atractivos en términos de reducción de consumo de energía y de valor estético de las edificaciones. Dados los resultados del análisis costo beneficio social (que

muestran una rentabilidad negativa) se recomienda que se haga este programa piloto antes de promover su adopción generalizada.

4. En un principio se consideró el análisis de construcción de canales para reducir el riesgo de inundación, sin embargo, se optó por analizar la instalación de pavimentos permeables porque los canales elevan la propagación de mosquitos y sus consecuentes efectos negativos en salud y porque los costos de estos canales superaban al de los pavimentos permeables, lo que permitió prever que su rentabilidad era negativa. En este sentido, se encuentra que los pavimentos permeables son una inversión rentable pero esta rentabilidad es muy sensible a pequeñas

variaciones en los beneficios y costos considerados (reducción de daños a infraestructura y costo de instalación), **por lo que se recomienda que, de llevarse a cabo una inversión pública de este tipo de infraestructura, se realice un estudio de mercado en profundidad, considerando los costos que ofrecen proveedores locales. Además es necesario recopilar información de la autoridad local sobre los costos económicos por inundación, en caso de existir.**

Anexo A. Uso de la herramienta de Análisis Costo Beneficio Social

Paso 1. Acceder a la herramienta

La herramienta de análisis usada en este documento se ubica en los sitios <http://financiamientosustentable.alianza-mredd.org/> y www.ecopoliticas.com/cb.

Paso 2. Generar la información

Para utilizar la herramienta usted deberá contar con un archivo de texto con un formato específico. Un ejemplo de este formato lo puede encontrar en la siguiente dirección <http://goo.gl/yAtaSg>. Usted puede usar el archivo ejemplo descargándolo como archivo delimitado por comas (csv) desde el

menú de opciones.

Este archivo de texto contiene datos sobre costos y beneficios de la medida bajo análisis. En la tabla A1 se presentan los datos del ejemplo de archivo de texto mencionado. Los renglones de esta tabla representan los costos y beneficios de un proyecto y las columnas representan las características de los mismos. En total se requiere definir 21 columnas para cada costo o beneficio.

Los valores admitidos para cada columna se presentan en la tabla A2.

Tabla 19A. Valores admitidos para el archivo de texto

TABLA 18A Ejemplo de tabla para el análisis costo beneficio

ID	Tipo	Impacto	Categoría	Detalles	Prop	Frecuencia	U.de medida	Cant.	Cant. pesimista	Cant. optimista	P	P. pesimista	P. optimista	Fecha Inicio	Fecha Final	Exter-nalidad	Modelo	coef1	coef2	coef3
CB01	Económico	Positivo	Ingresos	Venta de productos agrícolas		Anual	Ton	10	8	12	3000	2500	3500	ene 2016	dic 2035		Logarít-mica	0.1	0.16	0.1
CB02	Económico	Negativo	Costos	Costos totales		Anual	Lote	1	1	1	5000	6000	4000	ene 2016	dic 2035		Lineal			
CB03	Económico	Negativo	Inversión Inicial	Inversión Inicial		Inicial (única vez)	Lote	1	1	1	15000	20000	12000	ene 2016	dic 2035		Lineal			
CB04	Ambiental	Positivo	Externalidades	Captura de carbono	1	Anual	tC	8	8	8	355	355	355	ene 2016	dic 2035	1	Bass (Modelo de difusión)	0.0025	0.02	0

Fuente: Elaboración propia

TABLA 19A Valores admitidos para el archivo de texto

Nombre	Descripción	Valores Admitidos
ID	El número identificador del costo o beneficio	Cualquiera (se recomienda usar la nomenclatura CBXX, donde XX es un número consecutivo)
Tipo	Tipo de efecto	{Económico, Social, Ambiental}
Impacto	Identifica si es un costo o beneficio	(Positivo, Negativo)
Categoría	Clasifica los costos o beneficios	Cualquiera (es una categoría general de los costos o beneficios)
Detalles	Clasifica los costos o beneficios con detalle	Cualquiera (es la descripción específica del costo o beneficio)
Prop	Indica cuál es el propósito del proyecto (sirve para obtener el Índice Costo Efectividad)	{0,1} es igual a 1 cuando es el propósito del proyecto
Frecuencia	Indica la frecuencia en que ocurre cada costo o beneficio	{Inicial (única vez), Mensual, Anual, Cada 2 meses, Cada 3 meses, Cada 4 meses, Cada 5 meses, Cada 6 meses, Cada año, Cada 2 años, Cada 3 años, Cada 4 años, Cada 5 años, Cada 6 años}
Unidad de medida	Se utiliza para indicar la unidad de medida del costo o beneficio	Cualquiera (por ejemplo tonelada)
Cantidad	Se registra la cantidad promedio del costo o beneficio	Números positivos
Cant_pesimista	Se registra la cantidad mínima del costo o beneficio	Números positivos
Cant_optimista	Se registra la cantidad máxima del costo o beneficio	Números positivos
P	Se registra el precio promedio del costo o beneficio	Números positivos
P_pes	Se registra el precio mínimo del costo o beneficio	Números positivos
P_opt	Se registra el precio máximo del costo o beneficio	Números positivos
Fecha_inicio	Fecha inicial del costo o beneficio	Valor en la forma mmm-aaaa (por ejemplo ene-2017)
Fecha_final	Fecha final del costo o beneficio	Valor en la forma mmm-aaaa (por ejemplo ene-2017)
Externalidad	Indica qué costos y beneficios son una externalidad	{0,1} es igual a 1 si el costo o beneficio es una externalidad
Modelo	Indica qué comportamiento en el tiempo tiene el costo o beneficio (si no está seguro cuál usar utilice el modelo "Lineal")	{Lineal, Logarítmica, Taylor, Exponencial, Bass (Modelo de difusión)}
Coef1	Se utiliza para modelos diferentes al "Lineal"	Numérico
Coef2	Se utiliza para modelos diferentes al "Lineal"	Numérico
Coef3	Se utiliza para modelos diferentes al "Lineal"	Numérico

Fuente: Elaboración propia

NOTAS sobre algunos campos del archivo de texto

A. Sobre el propósito del proyecto

La herramienta permite calcular el Índice Costo Efectividad (ICE) de un proyecto, este índice expresa los costos totales de un proyecto (no descontados) entre el número de unidades que se utilizan/producen/consumen de un costo o beneficio. En la herramienta es necesario asignar uno y solo un propósito en algún renglón. Si usted no asigna un número 1 en algún renglón la herramienta marcará error, si usted marca un número 1 en dos o más renglones la herramienta marcará error.

B. Sobre las fechas

El formato exacto de las fechas que requiere las herramientas son las tres primeras letras del mes y los 4 dígitos del año, separados por un guión (-). Si usted no registra las fechas tal como se indica la herramienta generará un error. El programa Excel automáticamente quita los primeros dos dígitos del año, por ejemplo la fecha “ene-2017” la modifica a “ene-17”, si usted no tiene cuidado en verificar que su archivo de texto tiene las fechas registradas en el formato “mmm-aaaa” la herramienta generará un error.

C. Sobre la frecuencia de los costos y beneficios

La herramienta requiere que usted registre la frecuencia estrictamente con los valores permitidos, estos valores son:

(i) Mensual. Cada mes se realiza el costo o beneficio.

(ii) Anual. El costo o beneficio que usted registró se divide entre 12 y cada mes se asigna una cantidad igual. Por ejemplo, si la cantidad promedio de su costo es de 10 y su precio es de 12 y usted escoge la frecuencia “Anual” la herramienta multiplicará el precio por la cantidad ($10 \times 12 = 120$) y cada mes registrará que se hace un gasto (o se recibe un ingreso) de 10 pesos.

(iii) Cada X meses. El costo o beneficio se realiza cada X meses. Por ejemplo, si el costo o beneficio es de 100 pesos, usted elige “Cada 3 meses” y la fecha de inicio es “may-2017”, entonces la herramienta registrará a partir de mayo de 2017 una cantidad de 100 pesos, la siguiente cantidad se registrará en agosto de 2017 y así sucesivamente.

(iv) Cada X años. La interpretación es análoga a la frecuencia “Cada X meses” pero en este caso se registra el costo o beneficio cada X años.

D. Sobre las cantidades y precios

Usted solo tiene que registrar cantidades y precios positivos, la herramienta sabe que se trata de un costo o un beneficio (restar o sumar) con el campo “Impacto” que admite los valores “Negativo” y “Positivo”. La herramienta interpreta que un registro que tiene un impacto “Negativo” es un costo y uno “Positivo” es un beneficio.

E. Sobre los caracteres

La herramienta requiere que usted registre los valores admitidos tal como se muestran en la tabla X (arriba), por ejemplo, si la frecuencia de medición “Anual” se escribe como “anual” la herramienta generará un error, esto aplica para los campos: “Impacto, Frecuencia, Fechas, Modelo”.

Es muy importante que evite el uso de comas en todos los campos. Por ejemplo, si usted registra la cantidad 4500, es necesario que la escriba sin comas porque la herramienta genera un error cuando se utilizan separadores con comas. Lo mismo aplica para los campos de texto; por ejemplo, si usted en el campo “Detalles” escribe “Taller, seguimiento y otros” la coma provocará un error. También se debe evitar el uso de caracteres especiales, tales como “/,@,\$” entre otros, pues es probable

que se genere un error.

F. Sobre la Tasa Interna de Retorno (TIR)

La herramienta tiene deshabilitada por defecto la opción de calcular la TIR y esto tiene que ver con dos cosas: primero, para calcular la TIR se requiere de una operación matemática que consume muchos recursos de memoria y si es el caso de que usted elige un número elevado de rondas aleatorias es posible que se agote la memoria del servidor y se genere un error; segundo, en proyectos donde los flujos de efectivo siempre son positivos la TIR no está definida, es decir no se puede calcular y esto provocará que la herramienta genere un error. Por lo anterior, le sugerimos primero correr la herramienta con la opción “No calcular TIR”, verificar que se obtengan los resultados de manera correcta y posteriormente volver a correr la herramienta con la opción “Calcular TIR” y observar si es posible calcular este parámetro.

Si no es posible calcularlo y para usted es indispensable reportarlo le sugerimos utilizar el programa Excel para calcular este parámetro; para ello, primero corra la herramienta escogiendo una tasa de descuento igual a cero (en las 3 tasas de descuento que se pueden escoger), después descargue sus resultados en el botón “Flujo de Efectivo”: se generará un archivo de texto con los flujos de efectivo de su proyecto. En el renglón “Total” (el último renglón de este archivo) aparecen los flujos de efectivo de su proyecto. Seleccione los flujos de efectivo totales desde el Año 1 y hasta el último año y aplique la función TIR en Excel, con esto usted tendrá una estimación de este parámetro.

G. Sobre los modelos

Esencialmente este campo permite

modelar una evolución no lineal de los costos y beneficios. Los modelos disponibles son:

i. Lineal. Este modelo supone que los costos o beneficios permanecen constantes durante todo el horizonte de evaluación. Esta opción es la que más frecuentemente se utiliza.

ii. Logarítmica. Este modelo supone que el costo o beneficio se comporta de la forma

$$X_t = (coef1 + coef2 \ln t) \cdot X_0$$

Donde X_t representa el valor del costo o beneficio en el mes t , $coef1$ y $coef2$ son coeficientes escogidos por el usuario. Por ejemplo, si $coef1=0.1$, entonces en el valor del costo o beneficio en el primer mes que ocurre es igual al 10% del valor X_0 . El valor X_0 es el valor inicial del costo o beneficio (que resulta de multiplicar el precio por cantidad del costo o beneficio). El valor $coef2$ indica el incremento o decremento del costo o beneficio de cada mes.

iii Taylor. Este modelo supone que el costo o beneficio se comporta de la forma:

$$X_t = (coef1 + coef2 \cdot t + coef3 \cdot t^2) \cdot X_0$$

iv. Exponencial. Este modelo tiene la forma:

$$X_t = (coef1 \cdot e^{coef2}) \cdot X_0$$

v. El modelo “Bass (Modelo de difusión)” permite modelar un costo o beneficio que crece de manera exponencial los primeros periodos y posteriormente su crecimiento es menor (es decir, su comportamiento es sigmoïdal).

La forma de este modelo es:

$$X_t = \left(\frac{(coef1 + coef2)^2}{coef1} \cdot \frac{e^{-(coef1 + coef2)t}}{\left(1 + \frac{coef1}{coef2} e^{-(coef1 + coef2)t}\right)^2} \right) X_0$$

Para este modelo escoja los parámetros:

$$coef1 = 0.0025$$

$$coef2 = 0.025$$

Si usted quiere registrar un flujo que sucede cada año:

$$coef3 = 0$$

Si usted quiere registrar un flujo acumulado cada año:

$$coef3 = 1$$

Por ejemplo, si usted está registrando la captura de carbono de una plantación en la que los primeros años es alta y en años posteriores es más baja, es conveniente utilizar el modelo de Bass. Si a usted le pagarán por la captura adicional que se da cada año lo correcto es asignar el $coef3$ igual a 0, porque solo contabilizará el flujo de ese año que se captura. Si usted escoge $coef3$ igual a 1 usted le estaría indicando a la herramienta que cada año le pagarán la captura de ese año más la captura de años anteriores.

El modelo de Bass acumulado ($coef3 = 1$) es útil cuando usted está modelando una tecnología nueva que se irá adoptando poco a poco. En este caso los flujos de efectivo se van acumulando año con año conforme la tecnología se va adaptando por más personas.

Cuando haya subido el archivo de texto, la herramienta mostrará los datos que contiene dicho archivo en la pantalla (Ver Ilustración 14A).

Paso 3. Uso de la herramienta

Una vez que usted tenga un archivo de texto con el formato correcto, usted puede subirlo a la herramienta de análisis (Ver Ilustración 13A)

Ilustración 13A Subir archivo

Si requiere un ejemplo de un archivo .csv puede primero bajar el archivo `cb_ejemplo2.csv` y después subir el archivo.

Si desea crear un archivo en este link puede generarlo a partir de menús de ayuda.

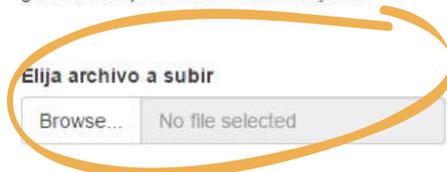


Ilustración 14A Datos para el análisis

Herramienta de análisis Costo-Beneficio
para la implementación de medidas de mitigación ante el cambio climático

Alianza **MéxicoREDD+**
Con la gente por sus bosques

ID	Tipo	Impacto	categoría	Detalles	prop	Frecuencia	Unidad_de_medida	Cantidad	Cant_pesimista
CB01	Económico	Positivo	Ingresos	Venta de productos agrícolas	NA	Anual	ton	10	8
CB02	Económico	Negativo	Costos	Costos totales	NA	Anual	lote	1	1
CB03	Económico	Negativo	Inversión Inicial	Inversión inicial	NA	Inicial (única vez)	lote	1	1
CB04	Ambiental	Positivo	Externalidades	Captura de carbono	1	Anual	tC	8	8

NOTAS: VPN - Valor Presente Neto; ICB - Índice Costo Beneficio; FAE - Flujo Anual Equivalente; ICE - índice Costo Efectividad; TIR - Tasa Interna de Retorno; mdp - millones de pesos; APP - Asociación Público Privada

Para generar un análisis costo-beneficio social con este sistema, usted necesita contar con un archivo de texto que contenga:

- Costos desglosados de su proyecto
- Cuantificación monetaria de los beneficios del proyecto

Para mostrar un ejemplo del análisis oprima el botón "Ejecutar". Si usted ya cuenta con los datos de su proyecto sube el archivo en el botón "seleccionar archivo" y después haga clic en el botón "Ejecutar"

Ejecutar

VPN social

VPN social

Fecha de inicio

Ahora usted deberá escoger:

i. La Fecha de inicio global del proyecto. Esta fecha tiene que ser igual o anterior a la fecha más próxima de todos los costos y beneficios que registró en el archivo de texto.

ii. El número de rondas aleatorias. Depende de la variabilidad de sus costos y beneficios. Si existe mucha variabilidad, el número de rondas que se requerirán deberá ser mayor. No existe un número ideal de rondas, si existe poca variabilidad es posible que usted requiera apenas unas cuantas decenas o centenas de rondas, pero si existe mucha variabilidad es posible que necesite incluso cientos de miles de rondas. Más adelante, se explica cómo determinar si el número de rondas escogido fue suficiente.

iii. La(s) tasa(s) de descuento. La herramienta muestra resultados para 3 distintas tasas de descuento. La tasa de descuento utilizada depende de la fuente de financiamiento de su proyec-

to. Por ejemplo, si es el gobierno quien financiará el proyecto, es probable que el Ministerio de Hacienda u otro organismo de gobierno establezca tasas de referencia para la evaluación de este tipo de proyectos. Como referencia, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) requiere utilizar una tasa de descuento de 12%.

Una vez que haya escogido los parámetros anteriores oprima el botón Ejecutar (Ver Ilustración 15A).

Ilustración 15A Botón Ejecutar

Para mostrar un ejemplo del análisis oprima el botón "Ejecutar". Si usted ya cuenta con los datos de su proyecto sube el archivo en el botón "seleccionar archivo" y después haga clic en el botón "Ejecutar"

Ejecutar

VPN social

VPN social

VPN social

VPN de externalidades

VPN privado

Costos

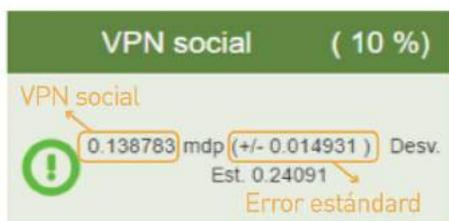
Posteriormente, la herramienta mostrará los resultados en pantalla (Ver Ilustración 16A).

Ilustración 16A Resultados

VPN social (10 %) 0.136783 mdp (+/- 0.014931) Desv. Est. 0.24091	VPN social (4 %) 0.250512 mdp (+/- 0.025373)
VPN social (20 %) 0.061514 mdp (+/- 0.007638)	VPN de externalidades 0.001284 mdp
VPN privado 99.1 %	Costos (10 %) -0.056009 mdp (+/- 0.000298)
Beneficios (10 %) 0.196792 mdp (+/- 0.014928)	ICB (10 %) 2.39 pesos/peso invertido (+/- 0.26)
FAE 4 % 18216 pesos/año	FAE 10 % 15068 pesos/año

NOTA: Para determinar si el número de rondas fue adecuado, usted puede comparar el error estándar del VPN social con el promedio estimado del VPN social. Si el error estándar representa un porcentaje pequeño del VPN social (por ejemplo 5%) entonces el número de rondas fue adecuado (Ver Ilustración 17A).

Ilustración 17A VPN social y Error estándar



Algunas definiciones útiles para interpretar los resultados se presentan a continuación:

i. Beneficio Neto o Valor Presente Neto (VPN): Es la resta de Beneficios Totales menos Costos Totales (descontados)

ii. Beneficio Neto Social o Valor Presente Neto Social: Es la resta de los Beneficios Totales menos Costos Totales (descontados) incluyendo externalidades.

iii. Índice Costo Beneficio (ICB): Es la división del Beneficio Neto entre los Costos Totales (descontados)

iv. Tasa de Descuento: es la tasa que permite transformar dinero del futuro a dinero de hoy.

v. Índice Costo Efectividad (ICE): Es la división de los Costos Totales entre una meta que se quiere alcanzar.

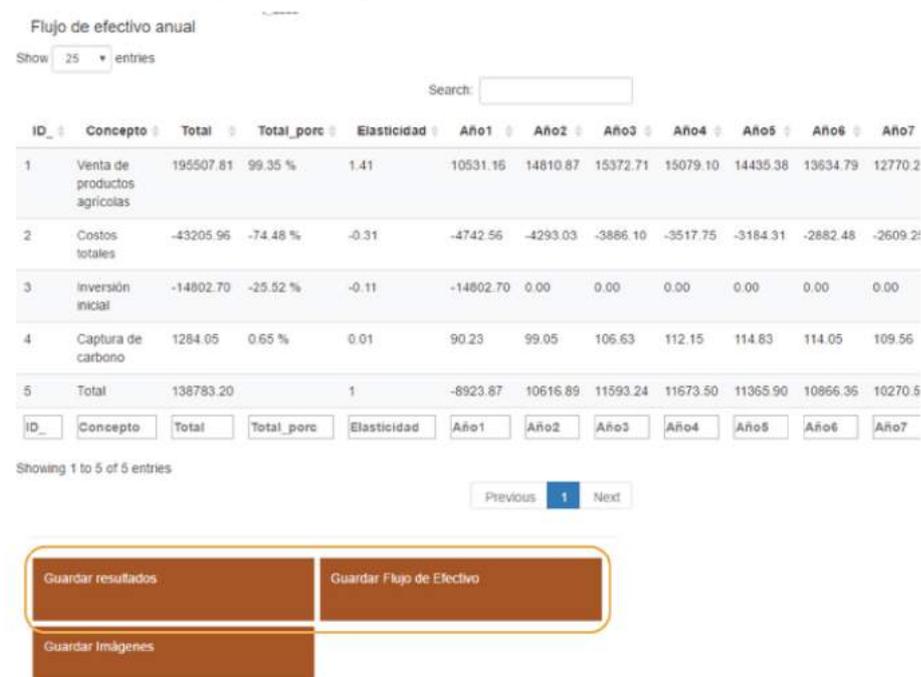
vi. Flujo Anual Equivalente (FAE): Es el pago anualizado promedio que

genera su proyecto (descontado)

vii. Tasa Interna de Retorno (TIR): Es la tasa de descuento a la que el VPNS es igual a cero.

Finalmente, la herramienta permite exportar todos los resultados que se generan, específicamente los indicadores de rentabilidad y el flujo de efectivo calculado (Ver Ilustración 18A).

Ilustración 18A Flujo de efectivo y exportación de resultados



- Alcaldía de Cartagena de Indias-MADS-INVE-MAR-CDKN-Cámara de Comercio de Cartagena (2014). “Plan 4C: Cartagena de Indias Competitiva y Compatible con el Clima”. Publicaciones Generales del INVEMAR (No. 63).
- Bayraktarov, E., M.I. Saunders, S. Abdullah, M. Millis, J. Beher, H.P. Possingham, P.J. Mumby y C.E. Lovelock (2016). “The cost and feasibility of marine coastal restoration”, *Ecological Applications*, 26(4): 1055-1074.
- Cornelissen, D., M. van Miltenburg, K. van Osselen, M. van de Ven, M. de Way y R. Ziel (2015). Report Project Cartagena: A flood free city. Faculty of Civil Engineering and Geosciences, TU Delft.
- DANE (2016) Proyecciones de Población a partir del Censo 2005. Secretaría de Planeación Distrital Cartagena.
- de Groot, R., Brander, L., van der Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F., Christie, M., . . . van Beukering, P. (2012). “Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units”. *Ecosystem Services*, 1(1), 50-61. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.005>
- de Cesare, Claudia (2010) Panorama del impuesto predial en América Latina. Documento de Trabajo. Lincoln Institute of Land Policy. 32p.
- Días, J. M. (2000). Áreas Coralinas de Colombia. Colombia: INVEMAR.
- El Espectador (2016). “La obra que amenaza a los corales gamines”, *El Espectador*, 15 de junio. Recuperado de <http://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/obra-amenaza-los-corales-gamines-articulo-638079> Fecha de última consulta: 30 de enero de 2017.
- ESP (2010). “Ecosystem Services Partnership”, Sitio web de ESP. Recuperado de <http://es-partnership.org/services/data-knowledge-sharing/ecosystem-service-valuation-database/> Fecha de última consulta: 30 de octubre de 2016.
- European Commission (2013). The EU Strategy on adaptation to climate change. European Commission. Recuperado de https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/docs/eu_strategy_en.pdf Fecha de última consulta: 30 de octubre de 2016.
- Garrison, N. y C. Horowitz (2012). “Looking Up: How green roofs and cool roofs can reduce energy use, address climate change, and protect water resources in Southern California.
- Getter, K.L., D.B. Rowe, G.P. Robertson, B.M. Cregg y J.A. Andresen (2009). “Carbon sequestration potential of extensive green roofs”, *Environmental Science and Technology* 43(19): 7564-7570.
- Herrera, H. (2013). Factores de Emisión del SIN Sistema Interconectado Nacional Colombia 2013. UPME.
- Hoornweg, Daniel; Mila Freire, Marcus J.Lee, Perinaz Bhabha-Tata y Belinda Yuen (2011). *Cities and Climate Change. Responding to an Urgent Agenda*. The World Bank. Washington D.C. 328p.
- Lewis, R.R., submitted for publication. Mangrove restoration—costs and benefits of successful ecological restoration. Proceedings of the Mangrove Valuation Workshop, Universiti Sans Malaysia, Penang, April 4–8, 2001. Beijer International Institute of Eco-logical Economics, Stockholm, Sweden.
- Lara, J.A., A. Guevara y C. Arias (2016). “Visible Values of Invisible Values: the economics of ecosystem services in Mexico”. Artículo en proceso de dictaminación.
- López-Victoria, M., Rodríguez-Moreno, M. y Zapata, F. A. (2014). “A paradoxical reef from Varadero, Cartagena Bay, Colombia”, *Journal of the International Society for Reef Studies*, 34(1): 231.
- McKinsey&Company (2009) Pathways to a Low-Carbon Economy: Version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Curve Cost. McKinsey & Company.
- Magrin, Gabriela O. (2015) “Adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe”, *Estudios del Cambio Climático en América Latina LC/W.692*. CEPAL-Unión Europea.
- Milenio (20 de enero de 2014). “El precio de tener una azotea verde en el DF”, *Milenio Diario*, 20 de enero. Recuperado de http://www.milenio.com/df/precio-tener-azotea-verde_0_225577691.html Fecha de consulta: 30 de octubre de 2016
- MVOTMA (2015) Gestión integrada de la zona costera como herramienta de adaptación al cambio climático. Disponible en: <http://www.mvotma.gub.uy/sala-de-prensa/item/10007240-gestion-integrada-de-la-zona-costera-como-herramienta-de-adaptacion-al-cambio-climatico.html> y http://noticias783.rssing.com/chan-5036738/all_p39.html. Última consulta: 6 de noviembre de 2016

- ONU-Hábitat (2012) Estado de las Ciudades en América Latina y El Caribe 2012. Rumbo a una nueva transición urbana. Programa de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos. Comisión Nacional de Vivienda. México. 194p.
- OCDE (2008). Introductory Handbook for Undertaking Regulatory Impact Analysis (RIA). OCDE. Recuperado de <https://www.oecd.org/gov/regulatory-policy/44789472.pdf> Fecha de consulta: 16 de enero de 2017
- OCDE (2010) Cities and Climate Change. OCDE Publishing. Paris. 274p.
- OCDE (2012) México. Mejores Políticas para un Desarrollo Incluyente. Serie “Mejores Políticas” Septiembre 2012. Paris. 74p.
- Pérez, G.J. e I. Salazar-Mejía (2007). “La pobreza de Cartagena: un análisis por barrios”, Documentos de trabajo sobre Economía Regional, No. 94.
- SEMARNAT-GIZ (2015). Metodología para la Priorización de Medidas de Adaptación frente al Cambio Climático. México: SEMARNAT-GIZ.
- Spurgeon, J.P.G. (2001). “Improving the economic effectiveness of coral reef restoration”, *Bulletin of Marine Science*, 69(2): 1031-1045.
- Stern, N. (2006). *Stern Review on the Economics of Climate Change*. United Kingdom.
- Stocker, Thomas; et.al. (2013) Cambio Climático 2013. Bases físicas. Resumen para responsables de políticas. Informe del Grupo de trabajo I del IPCC. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. OMM. PNUMA. 222p.
- The International Disaster Data Base. <http://www.emdat.be>. Última consulta: 9 de junio de 2016.
- Terhell, S., K. Cai, D. Chiu y J. Murphy (2015). “Cost and Benefit Analysis of Permeable Pavements in Water Sustainability”. ESM 121: Final Paper 5/25/2015. Recuperado de http://watermanagement.ucdavis.edu/files/5414/3891/2393/A03_Terhell_Cai_ChIU_Murphy_ESM121_FinalReport.pdf Fecha de consulta: 30 de octubre de 2016.
- Tomalty, R. y B. Komorowski (2010). *The Monetary Value of the Soft Benefits of Green Roofs: Final Report*. Prepared for Canada Mortgage and Housing Corporation.
- UN (1992). Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. UN.
- UN-Hábitat (2011) Las Ciudades y el Cambio Climático. Orientaciones para Políticas. Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos.
- UNISDR y Corporación OSSO (2012) Impacto de los desastres en América Latina y el Caribe, 2990 – 2011. Tendencias y estadísticas para 16 países. Informe. Disponible en http://eird.org/americas/noticias/Impacto_de_los_desastres_en_las_Americas.pdf. Última consulta: 3 de junio de 2016.
- UNEP-WCMC, WorldFish Centre, WRI, TNC (2010). Global distribution of warm-water coral reefs, compiled from multiple sources including the Millennium Coral Reef Mapping Project. Version 1.3. Includes contributions from IMaRS-USF and IRD (2005), IMaRS-USF (2005) and Spalding et al. (2001). Cambridge (UK): UNEP World Conservation Monitoring Centre. URL: <http://data.unep-wcmc.org/datasets/1>
- World Bank (2011) Cities and Climate Change. Responding to an Urban Agenda. Ed. Daniel Hoornweg. Washington, D.C. 306p.
- WRI (2010). “AQUEDUCT: Global Flood Analyzer”, sitio web del World Resources Institute. Recuperado de <http://floods.wri.org/>. Fecha de consulta: 30 de octubre de 2016.



Unión Europea

ONU 
medio ambiente

Programa de las Naciones
Unidas para el Medio Ambiente



ONU Medio Ambiente/ UN Environment
Oficina Regional para América Latina y el Caribe/
Regional Office for Latin America and the Caribbean

Más información:

www.unep.org/es
www.euroclima.org