



Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura



Al servicio
de las personas
y las naciones



Programa de Integración de la agricultura en
los Planes nacionales de adaptación PNA-Ag

*Salvaguardar los medios de vida y promover la resiliencia
a través de los Planes nacionales de adaptación*

Unidad Agropecuaria de
Sostenibilidad y Cambio
Climático



Guía de Análisis Costo Beneficio

Aplicación para medidas
de adaptación al cambio
climático en el sector
agropecuario en Uruguay

Guía de análisis costo-beneficio

Aplicación para medidas de adaptación al cambio climático en el sector agropecuario en Uruguay

Ing. Agr. (Ph.D.) Miguel Carriquiry, profesor titular en el Instituto de Economía de la Universidad de la República.

Ec. (Ph.D.) Matías Piaggio, investigador senior en Environment for Development del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza y Profesor Agregado en la Facultad de Ciencias Económicas y de Administración de la Universidad de la República.

Ec. (M.Sc.) Guillermo Sena, asistente de investigación en el Instituto SARAS.

Publicado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

Montevideo, 2019

FAO Y PNUD. 2019. *Guía de análisis costo beneficio. Aplicación para medidas de adaptación al cambio climático en el sector agropecuario en Uruguay*. Montevideo. 163 pp.
Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) o el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO o PNUD los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista o políticas de la FAO o PNUD.

ISBN 978-92-5-131194-3 (FAO)
© FAO y PNUD, 2019



Algunos derechos reservados. Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Organizaciones intergubernamentales.; https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/deed.es_ES).

De acuerdo con las condiciones de la licencia, se permite copiar, redistribuir y adaptar la obra para fines no comerciales, siempre que se cite correctamente, como se indica a continuación. En ningún uso que se haga de esta obra debe darse a entender que la FAO O PNUD refrenda una organización, productos o servicios específicos. No está permitido utilizar el logotipo de la FAO O PNUD. En caso de adaptación, debe concederse a la obra resultante la misma licencia o una licencia equivalente de Creative Commons. Si la obra se traduce, debe añadirse el siguiente descargo de responsabilidad junto a la referencia requerida: “La presente traducción no es obra de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) O PNUD. La FAO/PNUD no se hace responsable del contenido ni de la exactitud de la traducción. La edición original en inglés será el texto autorizado”.

Toda controversia que surja en el marco de la licencia y no pueda resolverse de forma amistosa se resolverá a través de mediación y arbitraje según lo dispuesto en el artículo 8 de la licencia, a no ser que se disponga lo contrario en el presente documento. Las reglas de mediación aplicables serán las del Reglamento de Mediación de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual <http://www.wipo.int/amc/en/mediation/rules> y todo arbitraje se llevará a cabo de conformidad con el Reglamento de Arbitraje de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional (CNUDMI).

Materiales de terceros. Si se desea reutilizar material contenido en esta obra que sea propiedad de terceros, por ejemplo, cuadros, gráficos o imágenes, corresponde al usuario determinar si se necesita autorización para tal reutilización y obtener la autorización del titular del derecho de autor. El riesgo de que se deriven reclamaciones de la infracción de los derechos de uso de un elemento que sea propiedad de terceros recae exclusivamente sobre el usuario.

Ventas, derechos y licencias. Los productos informativos de la FAO están disponibles en la página web de la Organización (<http://www.fao.org/publications/es>) y pueden adquirirse dirigiéndose a publications-sales@fao.org. Las solicitudes de uso comercial deben enviarse a través de la siguiente página web: www.fao.org/contact-us/licence-request. Las consultas sobre derechos y licencias deben remitirse a: copyright@fao.org.

Índice

Listado de tablas.....	vi
Listado de cuadros.....	viii
Agradecimientos.....	X
1. Introducción.....	1
1.1. Objetivo y estructura de la guía	1
1.2. Impactos del cambio climático en el sector agropecuario	1
1.3. Adaptación al cambio climático en el sector agropecuario.....	2
2. Factores conceptuales del análisis costo beneficio.....	5
2.1. El concepto de eficiencia económica.....	5
2.2. El concepto de bienestar social.....	7
2.3. Función objetivo	7
2.4. Situación base optimizada	8
2.5. Período de análisis	8
2.6. Análisis de flujo de fondos incrementales	10
2.7. Tratamiento de precios	11
2.8. Análisis <i>ex ante</i> y análisis <i>ex post</i>	13
3. Identificación y formulación de proyectos	14
3.1. Justificación para la intervención	14
3.2. Definición del problema y objetivos	15
3.3. Opciones de intervención	18
3.4. Diagnóstico de la situación actual	19
3.4.1. Definición de área de estudio y área de influencia.....	19
3.4.2. Identificación y cuantificación de la población objetivo y la población de referencia	20
3.4.3. Análisis de actores involucrados.....	21
3.5. Determinación de oferta y demanda actual y proyectada	22
3.5.1. Análisis y determinación de la demanda	22
3.5.2. Determinación de oferta actual y oferta proyectada.....	25
3.5.3. Cálculo y proyección del déficit	26
3.6. Identificación de los efectos del proyecto	26
4. Evaluación de proyectos	32
4.1. Particularidades de la adaptación al cambio climático en la determinación de costos y beneficios	32
4.2. Evaluación privada	35

4.3. Evaluación económica	38
4.3.1. Valoración de costos y beneficios a precios de cuenta	39
4.3.2. Consideraciones para la evaluación social.....	42
4.3.3. Externalidades	46
4.3.4. Impactos distributivos	46
5. Tasa de descuento y medidas resumen	48
5.1. La tasa de descuento y la preferencia temporal	48
5.2. Valor actual neto y valor actual neto económico	49
5.2.1. Tasa de descuento privada	52
5.2.2. Tasa de descuento social.....	53
5.2.3. Tasa de descuento para medidas de adaptación al cambio climático	57
5.3. Medidas resumen alternativas.....	60
5.3.1. Tasa interna de retorno	60
5.3.2. Otras medidas resumen	63
6. Valoración económica de cambios en la calidad ambiental.....	65
6.1. Valoración económica antropocéntrica	65
6.2. El valor de los servicios ecosistémicos.....	67
6.3. Métodos de valoración.....	69
6.3.1. Limitaciones de la valoración de bienes de no mercado	71
6.4. Ejemplos de aplicación de las diferentes técnicas de valoración de bienes de no mercado	72
6.4.1. Función de producción	72
6.4.2. Costo de viaje.....	73
6.4.3. Precios hedónicos	74
6.4.4. Valoración contingente.....	75
6.4.5. Experimentos de elección	77
7. Riesgo e incertidumbre.....	78
7.1. Técnicas para incorporar el riesgo y la incertidumbre.....	79
7.1.1. Valor esperado de las variables.....	79
7.1.2. Análisis de sensibilidad	80
7.1.3. Análisis de escenarios.....	82
7.1.4. Análisis Montecarlo.....	83
7.2. Riesgo e incertidumbre en medidas de adaptación al cambio climático	86
7.2.1. Incorporación de cambios en las tendencias de variables climáticas	86
7.2.2. Incorporación de eventos climáticos extremos	88
Anexo 1. Resolución de prácticas	99
A.1.1. Justificación y objetivo del proyecto	100
A.1.2. Características de la obra.....	100
A.1.3. Información financiera del proyecto	101
A.1.4. Características de cultivos	104
A.1.5. Beneficios y costos de los productores.....	105
A.2. Prácticas	106
A.2.1. Práctica 1.....	106

Evaluación privada de proyectos de inversión	106
Resolución	107
A.2.2. Práctica 2	112
Evaluación social de proyectos de inversión	112
Resolución	113
Inversión de productores en equipos para riego	117
A.2.3. Sensibilidad y análisis de escenarios.....	122
Partes a y b.....	123
Parte c	124
A.2.4. Análisis Montecarlo.....	125
Resolución	126
A.2.5. Incorporación de variables meteorológicas	131
A.2.6. Incorporación de variables meteorológicas: Resolución	133
Anexo 2. Conceptos microeconómicos.....	137
A. Preferencias individuales y bienestar	137
A1. Curva de demanda individual.....	140
A2. Excedente compensatorio y excedente equivalente	141
B. Bienestar social	143
B1. Curvas de demanda y excedente del consumidor	144
B2. Curvas de oferta y excedente del productor	145
B3. Excedente social	146
C. Eficiencia económica y cambios en el bienestar social	147

Listado de tablas

Tabla 1. Medidas de adaptación en el sector agropecuario	4
Tabla 2. Períodos de análisis a considerar según el tipo de proyecto para Uruguay	9
Tabla 3. Flujo de fondos incremental	11
Tabla 4. Población objetivo	21
Tabla 5. Efectos tangibles	27
Tabla 6. Efectos intangibles.....	28
Tabla 7. Flujo de beneficios netos para la evaluación privada	35
Tabla 8. Relación de precios de cuenta de la divisa	41
Tabla 9. Relación de precios de cuenta de la mano de obra.....	41
Tabla 10. Flujo de fondos de dos proyectos excluyentes	49
Tabla 11. VAN para diferentes tasas de descuento (TD)	52
Tabla 12. Comparación de flujos de fondo sin descontar de proyectos con duración de largo plazo, en millones de dólares	58
Tabla 13. Tasa de descuento social decreciente usada por el gobierno británico	58
Tabla 14. Medidas resumen complementarias.....	64
Tabla 15. Enfoques para el análisis de la valoración económica de los servicios ecosistémicos.....	66
Tabla 16. Técnicas usualmente empleadas para aproximarse a la valoración económica de servicios ecosistémicos y de cambios en la calidad ambiental	70
Tabla 17. Características físicas del embalse bajo estudio.....	101
Tabla 18. Costos de inversión	102
Tabla 19. Costos del proyecto	103
Tabla 20. Demanda de agua para riego.....	104
Tabla 21. Rendimiento de cultivos con y sin riego	104
Tabla 22. Costos de inversión de los productores	105
Tabla 23. Precio por tonelada de soja y maíz	105
Tabla 24. Costos operativos anuales de los productores con y sin riego.....	106
Tabla 25. Efectos directos privados.....	107
Tabla 26. Flujo de fondos privados para evaluación privada, en miles de dólares	110
Tabla 27. Cálculo de flujo de fondos (FF) descontado	111
Tabla 28. Cálculo de la TIR	111
Tabla 29. Efectos sociales	113
Tabla 30. Inversión inicial valorada a precios sociales	117
Tabla 31. Flujo de fondos para evaluación social, en miles de dólares	120
Tabla 32. Cálculo de flujo de fondos descontado	121
Tabla 33. Cálculo de la TIRE	121

Tabla 34. Cálculo de elasticidad del VANE	124
Tabla 35. Análisis de escenarios	125
Tabla 36. Análisis de escenarios.....	125
Tabla 37. Parámetros para distribución normal de soja y maíz sin riego	130
Tabla 38. Cuartiles del VANE simulado	130
Tabla 39. Relación entre rendimiento esperado de maíz y precipitaciones acumuladas en diciembre, enero y febrero.....	132
Tabla 40. Función dosis respuesta	135

Listado de cuadros

Figura 1. Proyectos con horizonte temporal de análisis (n) menor o igual a la vida útil de los activos (vu)	10
Figura 2. Proyectos con horizonte temporal de análisis (n) mayor a la vida útil de los activos (vu)	10
Figura 3. Ciclo del proyecto	13
Figura 4a. Árbol de causas y efectos	16
Figura 4b. Árbol de medios y fines	17
Figura 5. Población objetivo	20
Figura 6. Demanda del proyecto	23
Figura 7. Demanda de riego suplementario en diferentes escenarios climáticos	25
Figura 8. Costos y beneficios sin medida de adaptación	33
Figura 9. Costos y beneficios con medida de adaptación	34
Figura 10. Beneficios netos incrementales en la evaluación social	39
Figura 11. Componentes del valor económico total de los servicios ecosistémicos	68
Figura 12. Ejemplo de árbol de decisión	80
Figura 13. Función dosis-respuesta	89
Figura 14. Cuenca del río San Salvador	100
Figura 15. TIR	111
Figura 16. TIRE	122
Figura 17. Histograma del VANE, ejercicio 6	129
Figura 18. Histograma de VANE, ejercicio 8	131
Figura 19. Relación entre rendimiento esperado de maíz y precipitaciones	132
Figura 20. Histograma de precipitaciones acumuladas DEF entre 1967 y 2017	134
Figura 21. Histograma de precipitaciones simuladas	134
Figura 22. Función de utilidad individual	139
Figura 23. Maximización de utilidad	139
Figura 24. Cambios en la utilidad ante cambios en el precio	141
Figura 25. Excedente compensatorio	142
Figura 26. Excedente equivalente	143
Figura 27. Curva de demanda	144
Figura 28. Curva de oferta agregada	146
Figura 29. Excedente social	146
Figura 30. Frontera potencial de Pareto	148

Agradecimientos

La elaboración de esta publicación fue posible gracias al Programa Integración de la Agricultura en los Planes Nacionales de Adaptación (NAP-Ag), dirigido por la **Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura** (FAO) y el **Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo** (PNUD), con el apoyo de la Iniciativa Internacional para el Clima (IKI) del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza, Construcción y Seguridad Nuclear (BMU) de Alemania. El proyecto de elaboración del Plan Nacional de Adaptación al cambio y la variabilidad climática para el sector agropecuario en Uruguay es implementado por la **Unidad Agropecuaria de Sostenibilidad y Cambio Climático de la Oficina de Programación y Política Agropecuaria** (OPYPA) del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP) de Uruguay. Los contenidos de esta publicación son responsabilidad de los autores y no reflejan las opiniones de la FAO, el PNUD o el BMU.

Los autores de esta publicación fueron contratados mediante un acuerdo entre la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el **South American Institute for Resilience and Sustainability Studies (SARAS²)** en Uruguay.

Autores

Ing. Agr. (Ph.D.) Miguel Carriquiry, profesor titular en el Instituto de Economía de la Universidad de la República.

Ec. (Ph.D.) Matías Piaggio, investigador senior en Environment for Development del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza y Profesor Agregado en la Facultad de Ciencias Económicas y de Administración de la Universidad de la República

Ec. (M.Sc.) Guillermo Sena, asistente de investigación en SARAS²

Equipo del proyecto

Ing. Agr. (M.Sc.) Walter Oyhançabal, director de la Unidad Agropecuaria de Sostenibilidad y Cambio Climático

Ing. Agr. (M.Sc.) Cecilia Jones, coordinadora nacional del Plan Nacional de Adaptación al cambio y la variabilidad climática para el sector agropecuario

Ec. Carolina Balian, especialista técnico en el Plan Nacional de Adaptación al cambio y la variabilidad climática para el sector agropecuario

Edición

Ec. Carolina Balian

Corrección de estilo

Alejandro Coto

Esta publicación debe ser citada como:

FAO-PNUD (2019). Guía de análisis costo beneficio. Aplicación para medidas de adaptación al cambio climático en el sector agropecuario en Uruguay. 148 pp.

©FAO and UNDP, 2019'

Resumen

Este documento es una guía para la aplicación de la metodología de análisis costo beneficio (ACB), en particular para la evaluación de medidas de adaptación al cambio climático en el sector agropecuario en Uruguay. Esta metodología permite hacer evaluaciones *ex ante* de alternativas de políticas, programas o proyectos de inversión, tanto desde la perspectiva de un agente privado, como de la sociedad en su conjunto.

Además de definir los conceptos teóricos y pasos a seguir para la aplicación del ACB a nivel general, se introducen las particularidades del análisis de medidas de adaptación en el sector. Se brindan ejemplos prácticos para el análisis de flujo de fondos incrementales, el cálculo de indicadores resumen, el uso de tasas de descuento y el análisis de sensibilidad y de riesgo.

1. Introducción

1.1. Objetivo y estructura de la guía

El objetivo de este texto es presentar una guía práctica para la evaluación de políticas y proyectos a través del método de análisis costo beneficio (ACB), en particular, para su aplicación en medidas de adaptación al cambio climático en el sector agropecuario. Está dirigido a los técnicos del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP), de otras instituciones y al público en general que necesite conducir evaluaciones *ex ante* de alternativas de políticas, programas o proyectos de inversión.

En el presente capítulo se introducen los temas de los impactos del cambio climático en el sector agropecuario, así como las políticas y medidas de adaptación al cambio climático en el sector. En el segundo capítulo se definen los conceptos microeconómicos básicos del ACB, como ser la eficiencia económica, bienestar social, período de análisis y análisis de flujo de fondos incrementales. En el tercer capítulo se trata la identificación y formulación de proyectos, que involucra la definición del problema y de las alternativas posibles, la identificación de los involucrados y afectados por el proyecto, y de las categorías de impacto e indicadores de medida. En el cuarto capítulo se detalla la estimación de los impactos a lo largo de la vida del proyecto de forma cuantitativa y la valoración económica de los impactos según la óptica privada y la económica. En el quinto capítulo se describe la aplicación de la tasa de descuento y el cálculo de los indicadores de resumen para cada alternativa. Por último, en el sexto capítulo se trata el análisis de sensibilidad y de riesgo.

1.2. Impactos del cambio climático en el sector agropecuario

Debido al fenómeno del cambio climático (CC), se espera que se incrementen la temperatura media anual y la intensidad y frecuencia de lluvias, que ocurran eventos climáticos extremos (tales como sequías o inundaciones) con mayor frecuencia y severidad, y que se vean alterados los ciclos hidrológicos. Esto tendrá repercusiones directas sobre el sector agropecuario y sobre la disponibilidad de alimentos en el futuro (FAO, 2016). En este sentido, la mayoría de los estudios concluyen que los rendimientos de los cultivos probablemente serán afectados por los efectos del cambio climático, especialmente si la temperatura global aumenta en promedio más de 2 °C (Ignaciuk, 2015). Sin embargo, la magnitud y

el signo de esos efectos dependerán de la región, las características particulares de las diferentes actividades agropecuarias y la capacidad de adaptación del sector.

Cuando se trata del sector agropecuario en Uruguay, existen estudios que prevén para fines del siglo XXI la ocurrencia de cambios en temperatura, precipitaciones y presión atmosférica, así como también eventos climáticos extremos. En cuanto a las variables meteorológicas, cuando se comparan los escenarios climáticos del final del siglo XX con los proyectados para el final del siglo XXI, se espera que la temperatura se incremente de 2 a 3 °C y las precipitaciones acumuladas aumenten entre 10 y 20% (MGAP-FAO, 2013). Por otro lado, cuando se trata de eventos extremos, los impactos son más inciertos. Esto se debe, en primer lugar, a que los modelos climáticos no representan de manera adecuada la ocurrencia de los eventos extremos. En segundo lugar, los impactos no solo dependen de variables meteorológicas, sino también de variables agronómicas o hidrográficas (MGAP-FAO, 2013). Sin perjuicio de esto, cabe destacar que los eventos climáticos más importantes para el sector agropecuario uruguayo son: la sequía, el déficit y el exceso hídrico, las heladas, la inducción de frío y las olas de calor (MGAP-FAO, 2013). De estos, la sequía es el más importante, según productores y expertos, independientemente del sector productivo que se considere.

El mayor conocimiento e información sobre el fenómeno del cambio climático ha permitido a muchos países desarrollar acciones de adaptación para reducir la vulnerabilidad (Galarza *et al.*, 2011). Sin embargo, el conocimiento sobre el impacto del cambio climático así como sobre los costos de la adaptación es aún limitado e impreciso. Esa brecha es más evidente cuando se intenta valorar económicamente los costos asociados a bienes y servicios sin valor de mercado, como son la condición de los ecosistemas y los servicios ambientales (Galarza *et al.*, 2011). Por otra parte, De Bruin, Dellink y Agrawala (2009) argumentan que, desde una perspectiva biofísica, los impactos de corto plazo producidos por el cambio climático ya son irremediables. Esto lleva a que la mitigación sea una estrategia insuficiente (aunque necesaria) y la adaptación una alternativa obligatoria.

1.3. Adaptación al cambio climático en el sector agropecuario

Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2014), la adaptación se define como cualquier ajuste en sistemas naturales o humanos en respuesta a estímulos climáticos o sus efectos, que modera el daño o aprovecha sus beneficios potenciales. Por otra parte, Galarza *et al.* (2011)

argumentan que las medidas de adaptación al cambio climático pueden estar asociadas a los marcos conceptuales de gestión de riesgos o de inversión pública. En este sentido, si estas medidas reducen los riesgos que enfrenta la población asociados a eventos climáticos, pueden ser analizadas desde el marco conceptual de la gestión de riesgos de desastres (GRD). Para sostener la participación del Estado como promotor de medidas de adaptación al cambio climático desde este enfoque, deben darse tres aspectos: i) reconocer que las medidas de adaptación son factores que redireccionan el desarrollo local, regional o nacional, ii) que las medidas de adaptación permitan corregir una externalidad global, como es el caso del cambio climático; y iii) que las medidas de adaptación al cambio climático no sean llevadas adelante de manera privada por la existencia de fallas de mercado o de política.

Según De Bruin, Dellink y Agrawala (2009), existen medidas de adaptación al cambio climático que brindan beneficios económicos a los productores, independientemente de la ocurrencia de cambios en la tendencia y variabilidad climática (estrategias *ganar-ganar*). Es deseable que estas medidas sean implementadas, independientemente de lo que ocurra con las variables climáticas. A continuación, se presentan ejemplos de medidas de adaptación en respuesta a distintos impactos del cambio climático, para el sector agropecuario.

Tabla 1. Medidas de adaptación en el sector agropecuario

	Impacto del cambio climático	Medida de adaptación
Agricultura	Cambios en la productividad de los cultivos. Posibilidad de sequías. Posibilidad de exceso de precipitaciones.	Cambios en las prácticas culturales y de manejo, con especial cuidado en épocas de siembra y largo de los ciclos productivos. Mejora en sistemas de drenaje. Mejora en sistemas de irrigación. Compra de seguros para transferir riesgos fuera del sector.
Agua	Cambio de régimen de lluvias. Cambios en la oferta. Cambios en la calidad de agua.	Construcción de reservorios. Construcción de sistemas de reciclaje de agua. Tecnologías que permitan el ahorro de agua.
Montes	Estrés en áreas degradadas. Cambio en la composición de especies forestales. Incremento de incendios forestales.	Introducción de nuevas especies. Medidas de prevención de incendios. Sistemas de reforestación/repoblamiento de especies. Instalación de bancos de semillas forestales. Cambio de patrón de corte. Uso sostenible del monte.

Fuente: Galarza *et al.* (2011).

Al igual que cualquier estrategia pública o privada, las medidas de adaptación en el sector agropecuario requieren de inversiones e incurrir en costos con el objetivo de reducir los efectos negativos del cambio climático u obtener beneficios de las condiciones favorables. Además, pueden generar efectos que no logren ser capturados a través de las relaciones de mercado y que pueden tener impacto en el bienestar de generaciones futuras. A la luz de esto, el análisis costo beneficio (ACB) se presenta como una herramienta que permite evaluar los cambios en el bienestar de la sociedad por la implementación de medidas de adaptación al cambio climático.

2. Factores conceptuales del análisis costo beneficio

El análisis costo beneficio (ACB) es una herramienta de soporte para la asignación eficiente de recursos para la sociedad (Boardman *et al.*, 2011). Consiste en la cuantificación de los costos y beneficios asociados a la implementación de un proyecto o política para el inversor y/o la sociedad a lo largo de un período de tiempo, y la comparación de estos frente a un escenario alternativo de acuerdo al concepto de eficiencia económica, que se presenta en la siguiente sección. Es decir, el objetivo del ACB es identificar si el proyecto evaluado genera una asignación de recursos más eficiente en relación con otros proyectos alternativos o el *statu quo*.

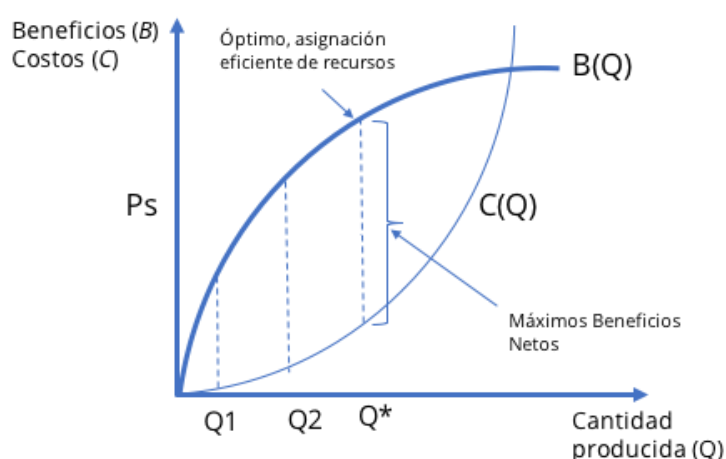
El ACB puede realizarse desde una perspectiva privada o desde una perspectiva social, a través de la evaluación privada o evaluación económica de proyectos, respectivamente. Desde la perspectiva privada se busca determinar la conveniencia de llevar adelante una inversión, según el punto de vista del inversor o accionista. Sin embargo, hay efectos que superan ese enfoque, y que, siendo irrelevantes para el inversor, no lo son para otros involucrados o para la sociedad en su conjunto. La evaluación social se realiza respecto a criterios de bienestar de la sociedad y permite informar si la ejecución del proyecto generará o no mejoras en el bienestar de la sociedad desde el enfoque de la eficiencia económica.

2.1. El concepto de eficiencia económica

Uno de los conceptos centrales del ACB es el de *eficiencia económica*. La eficiencia económica o eficiencia en sentido de Pareto se logra cuando ningún agente económico puede estar en una mejor situación sin empeorar la situación de otro (Perman *et al.*, 2003; Nicholson y Snyder, 2008). En el Gráfico 1 se presenta el concepto de eficiencia desde el punto de vista de una firma, para la cual los niveles de producción Q_1 y Q_2 de determinado bien o servicio generan beneficios netos positivos, pero no tan grandes como el nivel de producción Q^* , que corresponde al óptimo de producción. Es decir, para esa cantidad producida los recursos son asignados de manera eficiente, ya que cualquier otra asignación de sus factores de producción generaría una reducción en el nivel de beneficios netos.

Asociado al concepto de eficiencia anterior, el primer teorema fundamental de la economía del bienestar establece que las economías que funcionan con mercados en condiciones de competencia perfecta asignan de manera eficiente los recursos disponibles (Nicholson y Snyder, 2008). A partir de esto, la ineficiencia se entiende como los problemas por los cuales el mercado no logra asignar de manera eficiente los recursos por sí solo, también llamados *fallas de mercado* (HM Treasury, 2003). Según HM (HM Treasury, 2003), las principales cuatro fallas de mercado son: i) la existencia de bienes no privados, ii) las externalidades, iii) la información imperfecta, y iv) el poder de mercado de algunos agentes (para una descripción más detallada, véase Anexo 2).

Gráfico 1. Asignación eficiente de recursos



Fuente: Boardman *et al.* (2011).

En este sentido, las medidas de adaptación al cambio climático están relacionadas con la existencia de externalidades y la provisión de bienes públicos (Perman *et al.*, 2003). Un ejemplo de una medida de adaptación con externalidades podría ser el desarrollo de un plan de intensificación sostenible de la producción ganadera, el cual tendrá probablemente beneficios ecosistémicos para la sociedad, aunque estos pueden no ser necesariamente percibidos por el productor en términos económicos. Por otra parte, un ejemplo de provisión de bienes públicos como medida de adaptación puede ser el desarrollo de semillas mejor adaptadas al cambio climático en determinada región —lo que requiere una inversión importante en I + D—, que pueden ser utilizadas por todos los productores de la región una vez liberadas, independientemente de si los productores aportan o no para el desarrollo de estas.

2.2. El concepto de bienestar social

Tradicionalmente, la teoría económica define el bienestar social con base en el concepto de utilidad, el cual refiere a la satisfacción percibida por los individuos a partir del consumo de un bien o servicio (Perman *et al.*, 2003). En esta línea, la función de bienestar social se define como una agregación de las utilidades de los individuos, las cuales son reveladas a través de las transacciones de mercado en el caso de los bienes con valor de mercado y, en el caso de los bienes sin valor de mercado, debe ser obtenida a partir de la disposición a pagar o aceptar compensaciones de los agentes (HM Treasury, 2003; Perman *et al.*, 2003).

Sin embargo, la definición hasta aquí presentada no explica cómo resolver casos en los que se generan ganadores y perdedores a la vez. Por ejemplo, un proyecto que agrega valor a la economía haciendo crecer su PIB (como puede ser la implementación una nueva tecnología agrícola), pero que deja sin empleo a una gran masa de trabajadores de baja calificación. ¿Es posible decir que el proyecto anterior aumenta el bienestar social? El ACB desde una perspectiva social puede mostrar el resultado agregado a nivel de toda la sociedad, asumiendo en general el supuesto de que los cambios en el bienestar son ponderados de igual forma para todos los sectores de la sociedad.

En este sentido, la función de bienestar social para el análisis ACB se enfoca en la eficiencia económica. Sin embargo, no se considera la eficiencia en el sentido estricto de Pareto que se definió anteriormente, en donde una asignación sería eficiente cuando genera ganadores sin que ningún otro agente pierda. Se enfoca en un sentido más laxo, denominado *mejora potencial de Pareto* o criterio de compensación potencial de Kaldor-Hicks. Este establece que “la política o proyecto a desarrollarse es eficiente si puede generar ganancias suficientes para compensar a quienes puedan sufrir pérdidas” (SNIP, 2013, p. 12). En otras palabras, se considera que un proyecto aumenta el bienestar social cuando genera una ganancia neta para la sociedad en su conjunto (SNIP, 2013), independientemente de que la compensación finalmente ocurra o no.

2.3 Función objetivo

La función objetivo se define como una “pauta de deseabilidad, contra la cual comparar el impacto de las alternativas del proyecto” (Ortegón, Pacheco y Roura, 2005, p. 111). En otras palabras, la función objetivo define cuáles son los criterios para evaluar que un proyecto sea deseable frente a otras alternativas. Desde el punto de vista privado, la función objetivo refiere a las utilidades del inversor o ejecutor del proyecto en términos financieros, mientras que, desde punto de vista

social, la función objetivo refiere al bienestar social que considera el criterio de Kaldor-Hicks antes presentado.

2.4. Situación base optimizada

La situación base optimizada refiere a la forma en que debe plantearse el escenario *sin proyecto*. Como ya se mencionó en la introducción de este capítulo, el ACB tiene como objetivo evaluar diferentes alternativas de intervención en comparación con la situación *sin proyecto* o situación base. Sin embargo, para no sobredimensionar el proyecto ni sobrevalorar los beneficios incrementales, esa situación base deberá reflejar la realidad optimizada (Ortegón, Pacheco y Roura, 2005). Es decir, deberá considerar la situación real junto con todas las mejoras posibles que se puedan realizar a un costo mínimo y sin tener que incurrir en un proyecto de inversión (Ortegón, Pacheco y Roura, 2005). En este sentido, la optimización podrá consistir en mejoras de tipo administrativo o procedimental que permitan solucionar o menguar el problema original.

2.5. Período de análisis

Es importante tener en cuenta el período en que se generan los beneficios netos del proyecto. Esto es debido a que, a la hora de llevar adelante un proyecto de inversión, la sociedad estará resignando fondos que podría asignar a otro uso en el período actual. De tal manera, para quienes resignan esos fondos en el período actual, no es lo mismo generar un excedente en el bienestar pronto, o muy lejano en el tiempo. Esta dimensión temporal queda reflejada en la tasa de descuento, concepto que es presentado más adelante.

Por una conveniencia metodológica, el período de análisis para proyectos de inversión pública suele calcularse en torno al tiempo estimado de depreciación de la infraestructura. Para el caso de Uruguay, este nunca supera los 30 años, según se puede verse la Tabla 2. Sin embargo, podría ocurrir que, debido a la naturaleza incremental y de muy largo plazo del cambio climático, los impactos de las medidas de adaptación al cambio climático se intensifiquen sobre el final del período. Por tanto, se deberá tener cuidado con la elección del período de análisis ya que, de no considerar un período de análisis lo suficientemente largo, se puede estar subvalorando los beneficios de estas intervenciones (Ortegón, Pacheco y Roura, 2005).

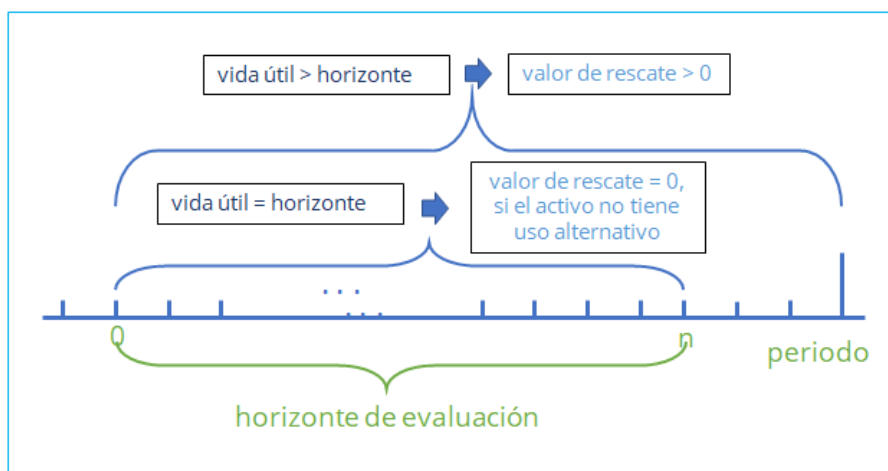
Tabla 2. Períodos de análisis a considerar según el tipo de proyecto para Uruguay

Tipo de proyecto	Períodos a considerar
Electrificación rural	30 años
Defensas, fluviales, riego	30 años
Agua potable, saneamiento y alcantarillado	25 años
Carreteras a nivel de pavimentos con soluciones básicas	20 años
Residuos sólidos domiciliarios y asimilables	20 años
Edificación pública (incluye aeropuertos, puertos, cárceles, hospitales y aulas)	20 años
Otras carreteras asfaltadas o a nivel de afirmado o sin afirmar	10 años
Proyectos viales urbanos	10 años
Material de transporte y maquinaria vial	10 años
Vehículos	10 años
TIC	4 años

Fuente: (SNIP, 2012).

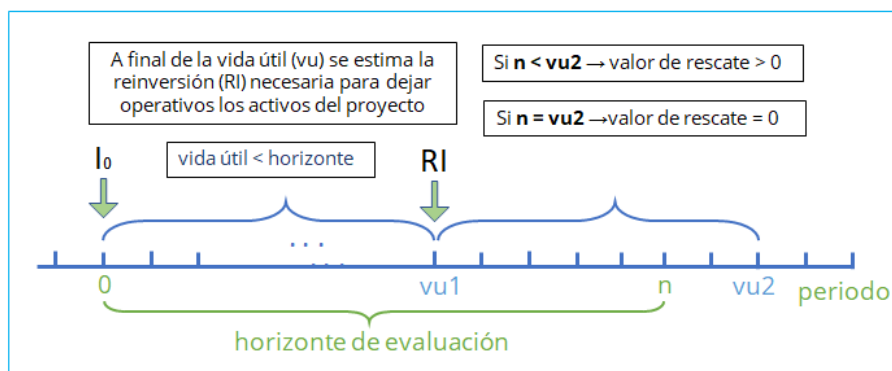
Para el caso en que el período de análisis sea más corto que la vida útil de la inversión se deberá estimar el valor de rescate de la inversión al finalizar el período, para tomarlo en cuenta como un beneficio en el flujo de fondos. El valor de rescate o valor residual de la inversión (VR) es el valor actualizado de los flujos que trascienden el horizonte de evaluación, o el valor de los activos al momento final de dicho horizonte (SNIP, 2014). Tal como se muestra en la Figura 1, cuando el horizonte de evaluación o período de análisis del proyecto es igual a la vida útil de los activos, estos tendrán un valor de rescate igual a cero. Sin embargo, cuando la vida útil de los activos es mayor al período de análisis, se deberá estimar el valor de rescate que tiene el o los activos en el período n y computarse haciendo el supuesto de que este se vende en el período n . Para el caso en que la vida útil de la inversión sea menor al período de análisis, se deberá estimar la reinversión que será necesario hacer al final de la vida útil de los activos para dejarlos operativos, tal como se muestra en la Figura 2 (y descontar el valor de rescate al finalizar el horizonte de evaluación).

Figura 1. Proyectos con horizonte temporal de análisis (n) menor o igual a la vida útil de los activos (vu)



Fuente: Elaboración propia basada en SNIP (2014).

Figura 2. Proyectos con horizonte temporal de análisis (n) mayor a la vida útil de los activos (vu)



Fuente: Elaboración propia basada en SNIP (2014).

2.6. Análisis de flujo de fondos incrementales

La metodología de ACB requiere analizar únicamente los efectos incrementales generados por el proyecto evaluado en comparación a la situación base. En la práctica, eso significa que se deberá construir un flujo de fondos como se especifica en la Tabla 3, en el cual se toman en cuenta cada uno de los costos y beneficios incrementales que ocurren durante el período evaluado. Una consecuencia directa de ello es que no basta con conocer si el proyecto es bueno en sí mismo; se debe establecer si es mejor que i) la situación sin proyecto, o que ii) el mejor proyecto alternativo. Por ejemplo, si el proyecto a analizar

corresponde a la ampliación de una planta de tratamiento de aguas residuales, solo se deberán considerar los costos y beneficios que aumentan o disminuyen respecto a la situación base como consecuencia de dicha ampliación. Aquellos costos y beneficios que no se ven modificados respecto a la situación base no deberán ser considerados. De esta manera, si la ampliación requiere aumentar el horario original del personal empleado en la planta, los costos que se considerarán en la evaluación del proyecto serán únicamente los generados por las horas extras de trabajo a causa de la ampliación (más allá de la inversión, en caso de haberla, para la ampliación).

Tabla 3. Flujo de fondos incremental

Rubro	Período de análisis				
	0	1	2	[...]	n
Inversión inicial	$-I_0$				
[...]					
Costo incremental 1		$-C_{1,1}$	$-C_{1,2}$	[...]	$-C_{1,n}$
Costo incremental 2		$-C_{2,1}$	$-C_{2,2}$	[...]	$-C_{2,n}$
[...]		[...]	[...]	[...]	...
Costo incremental i		$-C_{i,1}$	$-C_{i,2}$	[...]	$-C_{i,n}$
Beneficio incremental 1		$B_{1,1}$	$B_{1,2}$	[...]	$B_{1,n}$
Beneficio incremental 2		$B_{2,1}$	$B_{2,2}$	[...]	$B_{2,n}$
[...]		[...]	[...]	[...]	...
Beneficio incremental j		$B_{j,1}$	$B_{j,2}$	[...]	$B_{j,n}$
Flujo de fondo incremental por año	$-I_0$	$\sum B_{j,1} - \sum C_{i,1}$	$\sum B_{j,2} - \sum C_{i,2}$	[...]	$\sum B_{j,n} - \sum C_{i,n}$

Fuente: Elaboración propia.

2.7. Tratamiento de precios

Existen dos formas de valorar las variables reales (bienes o servicios): a precios corrientes o a precios constantes. Los precios corrientes son aquellos que se observan en la realidad para un período dado; esto es, son los precios que incluyen los efectos de la inflación general. Los precios constantes, por otro lado, están referidos a un año base y por tanto no incluyen los efectos de la inflación. Para el ACB es recomendable usar precios constantes para valorar los diferentes

flujos, tanto en la evaluación privada como la evaluación económica del proyecto (Harrison, 2010).¹ Esto asegura la comparabilidad entre proyectos que eventualmente sean afectados de manera diferente por la inflación, así como también la comparabilidad de los flujos de fondo a través del tiempo (SNIP, 2013).

A su vez, existen dos estrategias para tratar los flujos a precios constantes (Ortegón, Pacheco y Roura, 2005):

- Expresar los costos y beneficios a precios constantes: consiste en fijar como año base el año cero de la inversión y expresar los precios con relación a ese año, sin considerar los efectos de la inflación. Para esta estrategia, las variaciones que existan en los costos y beneficios podrán deberse a dos factores: i) un cambio en las cantidades ofertadas (en el caso de productos) o demandadas (en el caso de insumos), o ii) un cambio en los precios específicos de algún bien determinado (por ejemplo, puede ocurrir que el proyecto genere una mayor oferta del bien o servicio, que resulte en que el precio sea menor en el futuro).
- Considerar los cambios en los precios relativos a causa de la inflación: consiste en proyectar los costos y beneficios a través del tiempo según la inflación de cada uno de los rubros, y luego llevarlos a una moneda constante según un índice general de precios. El índice de precios considerado ha de ser consistente con la periodicidad del horizonte temporal de interés. De esa manera, se verá reflejado el efecto de la inflación sobre la rentabilidad del proyecto a través de cambios en los precios relativos de los bienes.

1 La inflación es una de las razones por las que una misma cantidad de dinero hoy tiene más valor que en el futuro. La aproximación más común en el ACB emplea la moneda en términos constantes. Esto no implica asumir que los precios no varían en el tiempo, ya que es posible, y se debe realizar, un ajuste del cambio de nivel de precios de forma anticipada. Es posible realizar el análisis con medidas alternativas. Sin embargo, se ha de prestar atención a que se utilice la tasa de descuento pertinente para cada caso. Es decir, si se emplean unidades monetarias en términos nominales o corrientes, se ha de utilizar una tasa de descuento nominal, al tiempo que, si los costos y beneficios son expresados en términos reales (ajustados por inflación), se ha de utilizar una tasa de descuento real. A lo largo de la presente guía utilizaremos y recomendaremos siempre unidades monetarias en términos constantes. Esto facilita el análisis, al tiempo que ayuda a homogeneizar las unidades de análisis.

2.8. Análisis *ex ante* análisis *ex post*

El ciclo de proyecto se puede describir en siete etapas, tal como se muestra en la Figura 3. En ese esquema, el ACB puede usarse de manera *ex ante* en la etapa de preparación y estudio de factibilidad del proyecto y de manera *ex post* en la etapa de evaluación. Pearce, Atkinson y Mourato (2006) argumentan que ambos enfoques, *ex ante* y *ex post*, son útiles en las aplicaciones de ACB en temas ambientales. El ACB *ex ante* ayuda a determinar si una política o proyecto de inversión que aún no ha sido implementada debería de ser llevada adelante. El análisis *ex post* es útil para evaluar la precisión de la evaluación *ex ante*, así como para aclarar los mecanismos detrás de la decisión tomada. Sin embargo, no es útil para evaluar la decisión, ya que esta ya ha sido tomada. En general, las decisiones de inversión tienen su componente de costos más importante en los primeros años, durante la fase de inversión. Sin embargo, en proyectos con inversiones iniciales bajas, la evaluación *ex post* es útil para evaluar si se seguirá ejecutando esa medida.

Figura 3. Ciclo del proyecto



Fuente: Elaboración propia.

3. Identificación y formulación de proyectos

Este capítulo tiene como objetivo mostrar de manera sintética las etapas de identificación y formulación de proyectos o políticas, de manera de presentar conceptos básicos necesarios para la evaluación de los costos y beneficios asociados.

A partir de los conceptos descritos en el capítulo anterior, es recomendable realizar el ACB de la medida en cuestión a través de una secuencia de pasos ordenados. Boardman *et al.* (2011) dividen el ACB en etapas, según se detalla a continuación:

1. Definir el problema y las alternativas posibles.
2. Identificar los involucrados y afectados por el proyecto.
3. Identificar las categorías de impacto y los indicadores de medida.
4. Predecir cuantitativamente los impactos a lo largo de la vida del proyecto.
5. Valoración económica de los impactos.
6. Descontar los costos y beneficios para obtener valores presentes.
7. Calcular los indicadores de resumen para cada alternativa.
8. Análisis de sensibilidad y de riesgo.

A lo largo de las siguientes secciones y capítulos se describen estos pasos.

3.1. Justificación para la intervención

Antes de pensar en formular una intervención, debe identificarse claramente una necesidad a cubrir en el marco de la estrategia de desarrollo del Gobierno (SNIP, 2014), así como también preverse que las posibles soluciones a la necesidad sean factibles de llevarse adelante (HM Treasury, 2003). En este sentido, HM Treasury (2003) establece dos razones que justifican la intervención del Gobierno:

1. la solución de fallas o distorsiones existentes en el funcionamiento de los mercados e instituciones de la economía;
2. el cumplimiento de objetivos distributivos o éticos por el Gobierno.

Como se menciona en el Capítulo 2, el ACB se enfoca en el análisis de los proyectos desde el punto de vista de la eficiencia en la asignación de recursos, en

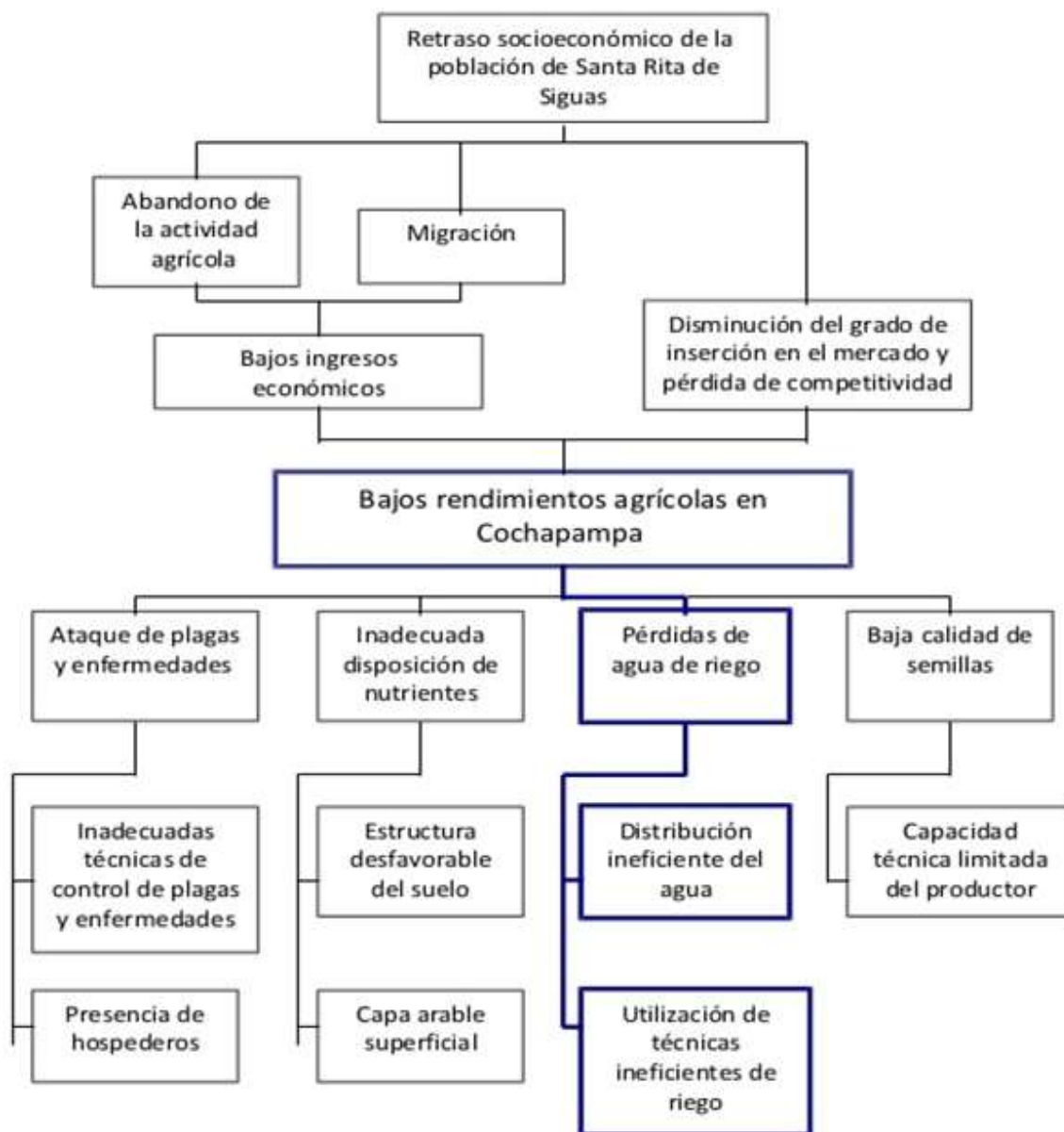
línea con el primer punto. Sin embargo, como se verá más adelante, también se deben estudiar, aunque de forma secundaria, los impactos distributivos del proyecto.

3.2. Definición del problema y objetivos

Una vez justificada la necesidad de la intervención, se pasa a la definición del problema central, así como también de sus causas y sus efectos. El problema central debe ser expresado en términos generales y no como la ausencia de una solución, de manera de dar lugar a múltiples alternativas a evaluar (Ortegón, Pacheco y Roura, 2005). Por ejemplo, no es lo mismo decir: “falta infraestructura de riego en la región X”, que decir: “existe bajo rendimiento de cultivos de secano en la región X y gran variabilidad de la cosecha entre períodos”, ya que la solución más eficiente a la situación quizás no sea la construcción de infraestructura de riego, sino, por ejemplo, introducir cambios en las prácticas o en las variedades de cultivos.

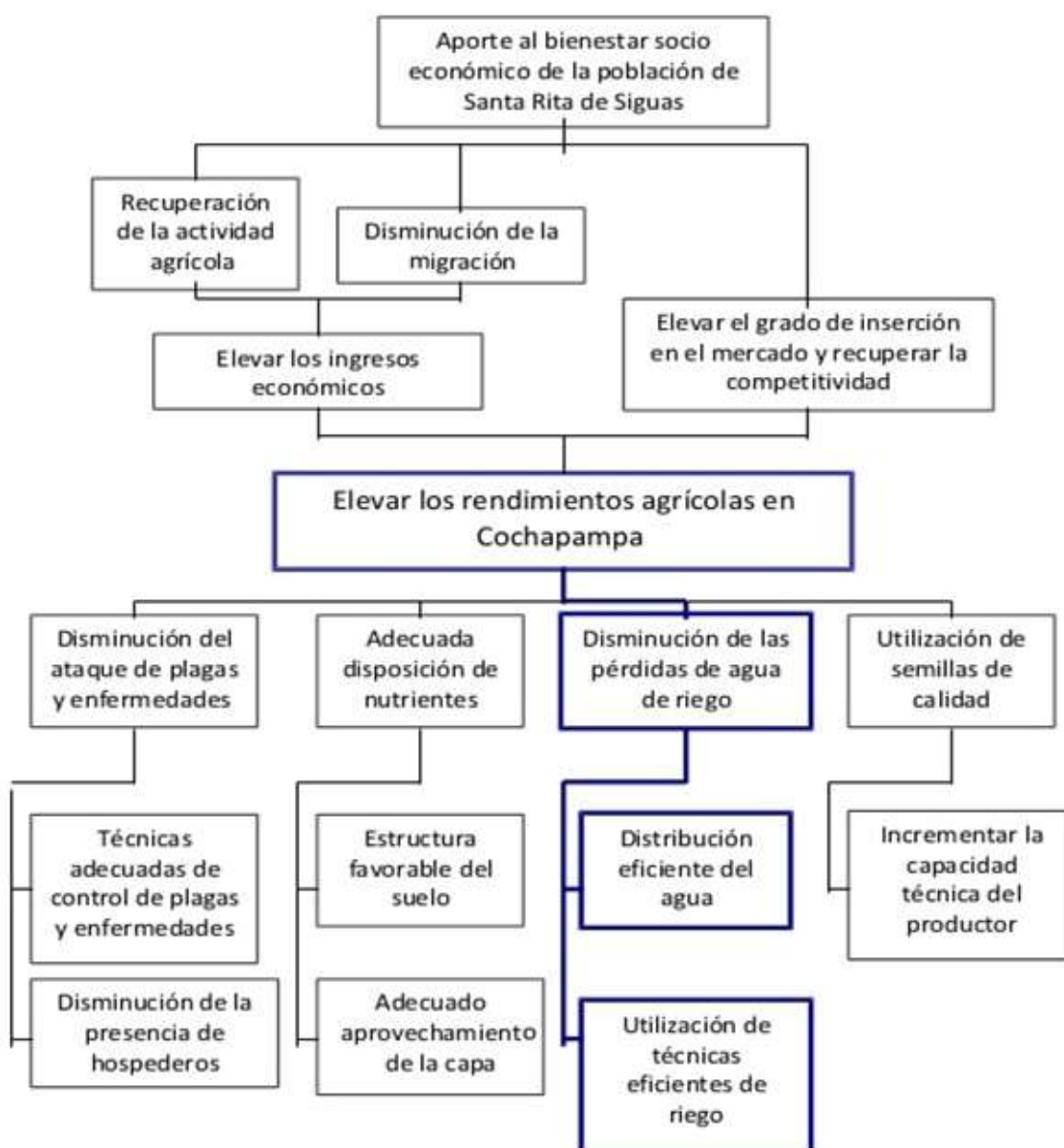
Una vez identificado el problema se deberán determinar sus causas y sus efectos, que serán de utilidad para la formulación de los objetivos y determinar las mejores alternativas a evaluar. Una herramienta útil en este punto es la construcción de un árbol de causas y efectos. Este es un esquema semántico en el cual se enumeran las causas del problema central y sus efectos, como si fuera un árbol cuyo tronco común es el problema central, las raíces son las causas y las ramas los efectos (Ortegón, Pacheco y Roura, 2005). La imagen de la Figura 4a presenta el árbol de causas y efectos para un proyecto de mejoramiento de un sistema de riego en Cochapampa, Perú.

Figura 4a. Árbol de causas y efectos



Fuente: Cáceres (2014).

Figura 4b. Árbol de medios y fines



Fuente: Cáceres (2014).

El paso siguiente es formular el o los objetivos de la intervención a realizar. Algunos autores (Ortegón, Pacheco y Roura, 2005) indican que la forma más simple de definir los objetivos es escribir el problema central solucionado. Por ejemplo, para el caso del problema anterior, el objetivo central de la intervención sería “aumentar el rendimiento de los cultivos de la región y reducir la variabilidad de la cosecha”. De esta manera, el o los objetivos de la intervención corresponden a la proyección de una situación considerada deseable. A su vez, estos objetivos deben tener cuatro características principales (Ortegón, Pacheco y Roura, 2005):

- ser realistas, es decir, alcanzables con los recursos con los que se cuenta;
- ser eficaces; deben no solo generar una solución temporal a los problemas presentes, sino generar una solución de raíz y duradera en el tiempo;
- ser coherentes, es decir, que el cumplimiento de un objetivo no imposibilite el cumplimiento de otro;
- ser medibles o cuantificables a través del tiempo.

Al igual que para la definición del problema, una herramienta útil para determinar los objetivos del proyecto es la construcción de un árbol de medios y fines, el cual se construye como el opuesto al de causas y efectos. La Figura 4b muestra el árbol de medios y fines como una simetría opuesta del de causas y efectos. A su vez, se podrá notar que, así como el problema da lugar al objetivo de la intervención, las causas del problema dan lugar a las posibles alternativas de solución. En la siguiente sección se trata la selección de alternativas con mayor profundidad.

3.3. Opciones de intervención

Luego de definir el o los objetivos de la intervención, se deberá plantear un rango de potenciales acciones como solución al problema identificado. Entre las alternativas definidas se deberá incluir siempre la de *hacer lo mínimo*. Es decir, la no intervención adicional al estado de la naturaleza (*statu quo*). Esta opción servirá de línea de base para comparar las demás alternativas de intervención. La estrategia más usada para la determinación de alternativas se implementa en dos fases. En la primera fase se identifican de manera extensiva todas las alternativas de acción posibles que brinden algún tipo de solución al problema identificado. En la segunda fase se reduce la lista a las alternativas más factibles, según los siguientes criterios: recursos disponibles, viabilidad social y política, intereses de los actores relevantes y fuentes de financiamiento disponibles.

Como se vio al final de la sección anterior, una posible fuente de alternativas de intervención para la primera fase es el árbol de medios y fines, que expresa las alternativas de proyecto como las soluciones a las causas del problema central. Otras posibles fuentes pueden ser: trabajos de investigación existentes sobre el problema a tratar, la opinión de expertos en la materia y los ejemplos internacionales usados para resolver problemas similares (HM Treasury, 2003).

3.4. Diagnóstico de la situación actual

En esta etapa se definirán el área de estudio y el área de influencia, y se identificarán y cuantificarán la población objetivo y la población de referencia.

3.4.1. Definición de área de estudio y área de influencia

El *área de estudio* refiere al área geográfica delimitada por el análisis del problema detectado. La importancia de esta radica en que permite identificar los límites de referencia donde el problema afecta directa o indirectamente. Para definir esta área se deberá identificar y mapear la siguiente información (Ortegón, Pacheco y Roura, 2005):

- los límites geográficos (con base en accidentes geográficos) y los límites administrativos en los que está comprendida el área afectada por el problema;
- las condiciones de accesibilidad al área de estudio, en las que se establecerá: la existencia y estado de vías de acceso, los medios de transporte público, las condiciones climáticas y las condiciones de seguridad ciudadana;
- las características del área de estudio: el tipo de zona, las condiciones socioeconómicas y la ubicación geográfica de las poblaciones en el área, los aspectos culturales, la infraestructura de la zona y las características administrativas.

Además de la información mapeada, para medidas de adaptación al cambio climático se recomienda determinar (Galarza *et al.*, 2011):

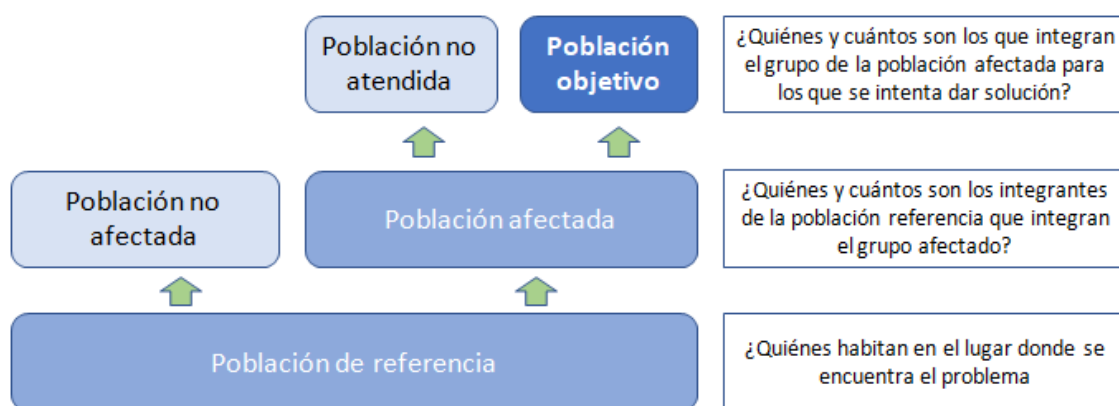
- los impactos relevantes del cambio climático para el área de estudio, a partir de la información científica disponible, desagregada geográficamente, si es posible.

El *área de influencia* está contenida dentro del área de estudio. Por lo general, es aquella en la que el problema afecta directamente a la población y para la que se deberá plantear una solución. El elemento clave para la definición del área de influencia es la determinación de si la población realmente se ve afectada por el proyecto de inversión, directa o indirectamente. Para la identificación del área de influencia se deberá mapear: la ubicación de la población afectada, las condiciones socioeconómicas, las condiciones de accesibilidad y las características administrativas de la zona (Ortegón, Pacheco y Roura, 2005).

3.4.2. Identificación y cuantificación de la población objetivo y la población de referencia

La identificación y cuantificación de la *población objetivo* del proyecto o política permite enfocar la atención sobre sus beneficiarios reales y determinar con precisión las necesidades de estos. Tal como muestra la Figura 5, la población objetivo es un subconjunto de la población total de referencia que es afectada por el problema y corresponde a la parte de la población afectada que será la beneficiaria del proyecto (Ortegón, Pacheco y Roura, 2005). A su vez, la *población de referencia* está conformada por todos aquellos individuos que forman parte del área de estudio antes identificada. Si bien el ideal sería poder atender al total de la población afectada, en muchos casos existirán limitaciones culturales, técnicas o financieras que obligarán a atender a solo una parte de ella (Ortegón, Pacheco y Roura, 2005). En ese caso, deberá seleccionarse la población para la cual el problema pueda ser efectivamente solucionado con los recursos con que se cuenta. Dicho esto, cabe mencionar que la población no atendida pasará a ser una población objetivo postergada, es decir, que deberá ser incluida en futuros planes.

Figura 5. Población objetivo



Fuente: Ortégón, Pacheco y Roura (2005).

La cuantificación de la población objetivo podrá basarse en información secundaria, así como en estudios realizados por organismos especializados. Por ejemplo, las estimaciones brindadas por el Instituto Nacional de Estadística (INE) o, para el caso del sector agropecuario, las estadísticas e informes brindados por el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP). También

se deberá incluir una caracterización socioeconómica de la población objetivo y profundizar en los indicadores directamente relacionados con el problema. La Tabla 4 presenta dos ejemplos básicos de la determinación de la población objetivo.

Tabla 4. Población objetivo

Proyecto	Población de referencia	Población afectada	Población objetivo
Construcción de caminos vecinales en el departamento X	Población del departamento X	Productores rurales del departamento X	Productores del departamento X cuyos predios serán alcanzados por los nuevos caminos vecinales
Construcción de obras para riego para los productores de secano de la región X	Población de la región X	Productores agrícolas de la región X	Productores que podrían conectarse a las obras riego a construir

Fuente: Elaboración propia basada en Ortégón, Pacheco y Roura (2005).

3.4.3. Análisis de actores involucrados

El análisis de involucrados busca identificar a todos aquellos actores clave que resulten afectados por el proyecto, ya sea positiva o negativamente, de manera de conocer sus intereses y opiniones sobre el problema a solucionar. Esto ayuda a obtener una idea de la magnitud en la que serán beneficiados o perjudicados los diferentes actores. En primer lugar, este análisis tiene como objetivo evaluar el apoyo político y social que tendrá el proyecto, para diseñar mecanismos de acompañamiento que compensen los perjuicios a los involucrados. De esta manera, se podrán minimizar las resistencias, ampliar el apoyo de diversos sectores de la sociedad y evitar así la oposición y bloqueo a la realización del proyecto (SNIP, 2014). En segundo lugar, el análisis facilitará la identificación de los costos y beneficios indirectos y externalidades que eventualmente ocurran a partir del proyecto o política.

3.5. Determinación de oferta y demanda actual y proyectada

Una vez identificadas la población afectada y la población objetivo, deberá estimarse el requerimiento o demanda no cubierta de los bienes o servicios prestados por la intervención. A continuación, se detalla cómo analizar la demanda, la oferta y el desequilibrio entre cantidad de oferta y demanda de los bienes y servicios a proveer por el proyecto o política. En esta sección se explica cómo determinar el déficit entre oferta y demanda de manera práctica. En el Anexo 2 se presentan los conceptos de las curvas de oferta y demanda de mercado.

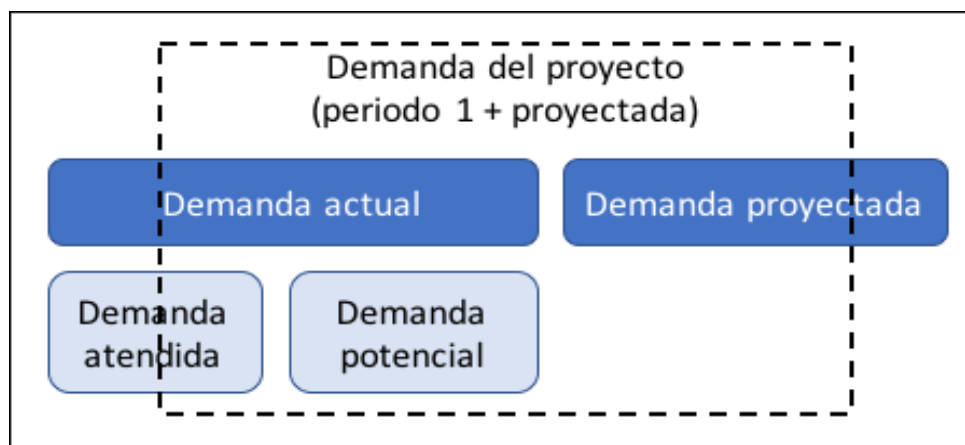
3.5.1. Análisis y determinación de la demanda

El análisis de la demanda tiene como objetivo cuantificar dentro de un área geográfica las necesidades existentes del bien o servicio a proveer por el proyecto (Ortegón, Pacheco y Roura, 2005). Para ello, se deberá calcular la demanda del proyecto, actual y proyectada, a partir de la información identificada anteriormente sobre la población objetivo.

Según Ortégón, Pacheco y Roura (2005, p. 40), “la demanda es una función que relaciona los hábitos y costumbres, el ingreso de las personas y los precios de los bienes o servicios”. Una primera clasificación puede realizarse al distinguir entre la demanda atendida y la demanda potencial. Por un lado, la *demanda atendida* corresponde a la que efectivamente está cubierta en la actualidad, dados un determinado precio y características de los consumidores (capacidad de pago y otros). Por otro lado, la *demanda potencial* del proyecto se define como aquella que no está atendida en el momento previo a la ejecución y puede ser potencialmente cubierta por el proyecto. En otras palabras, la demanda potencial indica la capacidad que tienen los bienes provistos por el proyecto de llegar a la población objetivo.

Una segunda clasificación distingue entre la demanda actual y la demanda proyectada. En primer lugar, la *demanda actual* se define como aquella que existe en el momento en que se está desarrollando la evaluación del proyecto o política, ya sea esta atendida o potencial. Mientras que la *demanda proyectada* refiere a la que podría existir en el futuro, y se obtiene a partir de proyectar qué sucederá con la población objetivo en referencia a las variables que determinan dicha demanda. La Figura 6 muestra de manera gráfica las relaciones entre estos conceptos. La demanda del proyecto es igual a la suma entre una parte de la demanda actual y una parte de la demanda proyectada.

Figura 6. Demanda del proyecto



Fuente: Elaboración propia.

3.5.1.1. Estimación de la demanda

La estimación de la demanda dependerá de una correcta cuantificación y caracterización de la población objetivo en la actualidad y su proyección a futuro. A partir de ello, se pueden usar dos métodos simples para determinar la cantidad demandada del bien o servicio provisto. El primero se basa en calcular la media consumida del bien o servicio, mientras que el segundo parte de series históricas del consumo.

Proyección basada en un factor de consumo. Este método de cuantificación de la demanda consiste en calcular un factor de consumo o media del consumo de la población y multiplicarlo por la población objetivo. Lo difícil aquí será determinar dicha media lo más acertadamente posible. Una forma simple de hacerlo es tomar la media de consumo de una población ya provista con el bien o servicio y que esté estratificada socialmente de manera similar, y suponer que el consumo se comportará de manera análoga para el bien o servicio provisto en esta oportunidad. Dependiendo de la calidad de información con que se cuente y las características de la población, se pueden usar diferentes medias de consumo. Por ejemplo, si se requiere cuantificar la cantidad de energía eléctrica que será demandada para un programa de electrificación rural de una zona desatendida, se deberá buscar cuánto consume en promedio una región de similares características sociales y productivas.

Para el caso del sector agropecuario, se podría pensar este método de manera análoga por unidad de superficie de la población objetivo. Es decir, calcular la media demandada por superficie, estratificada por tipo de superficie o

características socioculturales o productivas de la población objetivo. Sobre esta base se estimaría la demanda total multiplicando el factor de consumo por unidad de superficie por la superficie afectada por el proyecto.

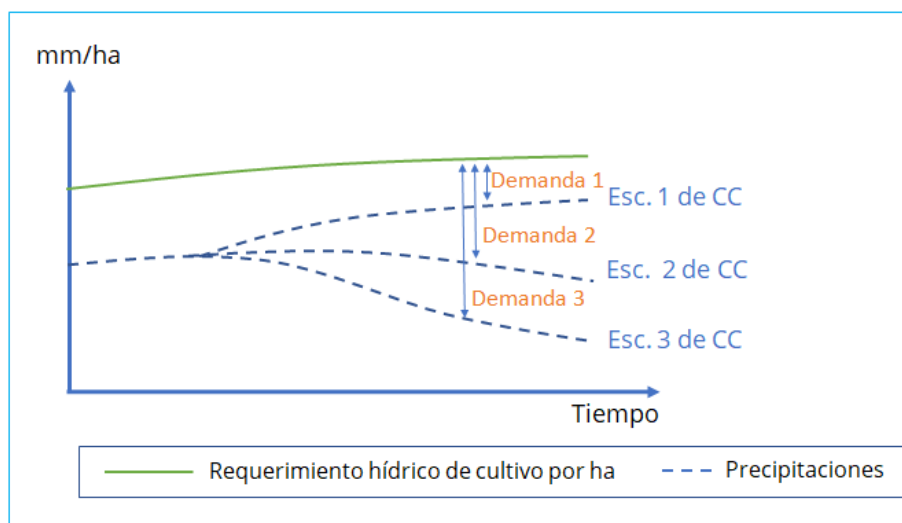
Proyección basada en información histórica. Este método no requiere recurrir a la población objetivo como base de cálculo. Consiste en el uso de regresiones lineales que permiten predecir con confianza la demanda del año uno y las subsiguientes. Esta forma de estimar la demanda se debe complementar con otras fuentes de información para verificar que las estimaciones son confiables o para realizar ajustes pertinentes a la información utilizada.

3.5.1.2. La demanda en el sector agropecuario y el cambio climático

El sector agropecuario tiene la particularidad de que la demanda de insumos depende de las condiciones meteorológicas, y estas se espera que sean afectadas por el cambio climático. En este sentido, habrá que poner particular atención a la variación de la demanda en relación con los efectos del cambio climático sobre las variables meteorológicas a través del tiempo. La Figura 7 presenta un ejemplo simplificado de cómo puede afectar el cambio climático en el caso de un proyecto de riego suplementario.

Supóngase que el cambio climático hará variar las precipitaciones, pero no se sabe cómo. Las líneas azules punteadas presentan tres posibles escenarios climáticos que conllevan distintas variaciones en las precipitaciones (en mm/ha) a través del tiempo en el área de estudio. Por otra parte, la línea verde representa el requerimiento hídrico por hectárea de los cultivos en el área de estudio. Si se define la demanda de riego suplementario como la diferencia entre el requerimiento hídrico del cultivo y las precipitaciones, se tendría que la demanda del bien provisto por el proyecto (agua para riego suplementario) será distinta para cada escenario climático.

Figura 7. Demanda de riego suplementario en diferentes escenarios climáticos



Fuente: Elaboración propia.

3.5.2. Determinación de oferta actual y oferta proyectada

La determinación de la oferta actual y la oferta proyectada se realizará para el área de influencia del proyecto antes definida. Además, la estimación de la oferta actual se deberá determinar la capacidad de la infraestructura y los recursos disponibles para ofrecer los bienes o servicios analizados, de acuerdo con determinado estándar de calidad (SNIP, 2014).

3.5.2.1. Oferta actual

La oferta actual dependerá naturalmente de si en la actualidad existe o no tal oferta de bien o servicio para el área de estudio. En caso de que no exista, el bien o servicio provisto por el proyecto colmará la demanda antes determinada para la calidad del bien o servicio en cuestión. Para el caso de que ya se ofrezca un bien o servicio similar, la determinación de la oferta actual consistirá en el análisis de los siguientes aspectos (Ortegón, Pacheco y Roura, 2005):

La oferta real. Entendida como la cantidad de bien provisto o servicio prestado en el momento de la evaluación, independientemente de la calidad de este.

La capacidad existente. En este paso se deberá analizar la oferta que puede ser provista usando la capacidad plena de las unidades proveedoras en el área de influencia. Si a la capacidad existente se resta la oferta real, se obtiene la oferta potencial y se puede determinar si la provisión del bien o servicio es subóptima.

La calidad de los servicios. Se deberá determinar la calidad de los bienes o servicios ofrecidos en comparación con el estándar de calidad que deben cumplir, ya que, para los casos en que el bien o servicio sea de *mala calidad*, estos no constituirán parte de la oferta.

La oferta total existente. Se deberá determinar el total de la oferta existente para el área de influencia, ya que se evaluará la posibilidad de contar con la oferta de fuentes aledañas en caso de que colapse el servicio a proveer.

3.5.2.2. Oferta proyectada

La estimación de la oferta proyectada deberá realizarse también para el área de influencia, sobre un horizonte de tiempo determinado, para los casos con y sin proyecto o política.

3.5.3. Cálculo y proyección del déficit

A partir de las estimaciones anteriores de la oferta y la demanda actual y proyectada, se podrá determinar el requerimiento actual y proyectado que tiene la población objetivo de los bienes o servicios a proveer por el proyecto, para cada período de la vida de este. La estimación del déficit será un componente más de la justificación del proyecto.

3.6. Identificación de los efectos del proyecto

El análisis de los efectos tiene como objetivo identificar y describir de manera cualitativa los efectos que este (o las alternativas de proyecto o política a evaluar) tendrá sobre los involucrados. A partir de este análisis se podrán determinar los costos y beneficios del proyecto para su posterior valoración.

Los efectos pueden ser clasificados en cuatro tipos: efectos directos, efectos indirectos, externalidades (estos tres son efectos tangibles) y efectos intangibles. En la Tabla 5 y la Tabla 6 se describen cada uno de estos, así como sus relaciones con los costos y beneficios del proyecto.

Tabla 5. Efectos tangibles

	Efectos observados	Beneficios y costos
Efectos directos	Efectos significativos que el proyecto genera de manera directa, afectando positiva o negativamente a los actores o participantes involucrados en la producción o consumo de bienes o servicios que el proyecto directamente genera (o induce directamente a que se generen) o en el de los insumos que utilice (o induce directamente a que se utilicen).	Cuantificación y valoración de los efectos identificados y observados sobre los mercados de los bienes directamente involucrados en el proyecto.
Efectos indirectos	Efectos (positivos o negativos) que el proyecto genera sobre otros actores que no están directamente asociados al proyecto, como es el caso de los efectos significativos que se generan sobre aquellos que intervienen en la producción o consumo de bienes, servicios o insumos sustitutos o complementarios de los que el proyecto produce o genera (o induce a que se produzcan o generen) o utiliza (o induce a que se utilicen).	Cuantificación y valoración de los efectos identificados y observados en los mercados de bienes o insumos que son sustitutos o complementarios de los directamente afectados por el proyecto.
Externalidades	Efectos generados por el proyecto que no se reflejan en el sistema de precios de mercado, esto es, aquellos para los cuales no existen pagos o cobros del responsable de la inversión hacia o desde el agente al que afecta (externalidad negativa) o al que favorece (externalidad positiva).	Los beneficios o costos asociados a externalidades no se pueden observar directamente en los mercados de los bienes producidos o insumos demandados por el proyecto, ni sus sustitutos o complementarios. Sus efectos no se reflejan en ningún mercado en particular. Por este motivo se valoran o cuantifican de forma indirecta.

Fuente: SNIP (2014).

Respecto de los efectos tangibles, lo primero a determinar son los efectos directos e indirectos, los cuales expresan la relación del proyecto con el mercado primario (bienes o servicios que el proyecto genera o insumos que demanda) y

con los mercados secundarios (bienes o servicios sustitutos y complementarios a los del mercado primario), respectivamente. El foco del ACB serán los efectos directos y, de ser posible, se tomarán en cuenta los efectos secundarios cuando estos sean lo suficientemente significativos. Los efectos indirectos (que se dan en los mercados secundarios) pueden ser ignorados si y solo si los cambios en el excedente social en los mercados principales (efectos directos) son correctamente medidos y los precios en los mercados secundarios no cambian en respuesta a estos cambios (Boardman *et al.*, 2011).

Para el caso de la implementación de un sistema de riego, los efectos directos serán, por ejemplo, el aumento de la demanda de agua y del rendimiento de los cultivos. En cuanto a los efectos indirectos de la implementación del sistema de riego, estos podrían ser un aumento en la demanda de fertilizantes y agroquímicos, en caso de afectar el precio de estos. Por otra parte, puede pensarse que los daños o beneficios ambientales causados por el proyecto de riego afecten el mercado primario; sin embargo, son efectos que ocurren por fuera del mercado y que, por tanto, deben ser considerados como externalidades. En el próximo capítulo se brinda una definición más completa de externalidades.

Tabla 6. Efectos intangibles

	Efectos observados	Beneficios y costos
Efectos directos, indirectos o externalidades intangibles	Por su naturaleza, los efectos intangibles son aquellos de muy difícil medición o incluso identificación, pero que ameritan ser incluidos en esta parte por su relevancia, existiendo para ello diversas técnicas disponibles. Al analizarlos, hay que aclarar en qué consisten, demostrar que se producen como consecuencia del proyecto, y tratar de cuantificar diversos aspectos de estos efectos, aunque no se llegue a valorarlos en términos monetarios.	Son de difícil valoración o medición, por lo que únicamente se pueden identificar sus efectos para tenerlos en cuenta en términos cualitativos, para incorporarlos en el análisis de riesgo, y pueden ser tenidos en cuenta en las conclusiones sobre la rentabilidad socioeconómica y la viabilidad del proyecto.

Fuente: (SNIP, 2014).

Por su parte, los efectos intangibles podrán ser considerados como efectos directos e indirectos, y como externalidades. Dada su naturaleza de difícil medición, no podrán ser considerados dentro del ACB de manera cuantitativa, pero siempre deberán ser tenidos en cuenta de manera cualitativa como insumo

para la toma de decisiones. Por ejemplo, la construcción de obras para riego podrá mejorar la confianza de los agricultores a la hora de invertir, lo cual, además de posiblemente aumentar el área de siembra (efecto directo) también podrá tener un impacto en el bienestar del productor. Estos elementos pueden emplearse en evaluaciones del proyecto a través de otras técnicas, por ejemplo, en el *ranking* empleado en un estudio de análisis multicriterio.

Recuadro 1. Análisis de efectos

En el Anexo 1 se presenta el caso de un proyecto de construcción de un embalse de mediano porte para riego de cultivos de secano en la cuenca del río San Salvador en Soriano, Uruguay. El proyecto se concibe como una medida de adaptación al cambio climático, ya que se espera que el uso de riego sobre esa región mejore los rendimientos esperados de los cultivos, disminuya su variabilidad y reduzca o elimine los impactos negativos de fenómenos de sequía que eventualmente afectan a la zona.

El caso bajo estudio asume que el embalse será operado por un tercero (que podrá ser privado o público) que será el que provea de agua para riego a los productores de la zona. Se planea una implementación y alcance gradual del servicio durante de los primeros cinco años hasta llegar a un máximo de 5 448 hectáreas. Por otra parte, se supone por simplicidad que los únicos cultivos bajo riego serán maíz y soja.

A continuación, se presenta el análisis de efectos realizado para el ejemplo presentado:

Tabla A. Efectos del caso de Anexo 1

Tipo de efectos	Beneficios	Costos
Directos – privados	Venta de agua para riego (*)	Inversión inicial Costos de operación y mantenimiento: – Costos fijos – Mano de obra – Consumo de energía Impuestos y subsidios
Directos – sociales	Rendimiento incremental de cultivos (*)	Inversión inicial de productores Compra de agua para riego Costos de operación y mantenimiento de productores
Indirectos		
Externalidades		Pérdida de servicio ecosistémico de secuestro de carbono
Intangibles		Pérdida de servicio de purificación

(*) El subsidio y el impuesto especificado en la letra del ejercicio no han sido incluidos para no generar confusiones, ya que como se detalla en la sección 3.2.2., en la evaluación privada deben ser tomados en cuenta mientras que en la evaluación económica no.

Beneficios privados:

- *Venta de agua para riego.* La empresa encargada de la operación del embalse venderá agua a los productores y obtendrá un beneficio por los ingresos por ese rubro.
- *Subsidio.* Como se discutirá en profundidad más adelante, la obtención de subsidios cuenta como un beneficio desde el punto de vista privado.

Beneficios sociales:

- *Rendimiento incremental de cultivos.* Se espera que el riego mejore el rendimiento de los cultivos de los productores que lo utilizan, quienes son diferentes de la empresa que opera el embalse y, por ende, no son destinatarios del beneficio privado que genera el embalse. Así, este efecto se cuenta como un beneficio social.

Costos privados:

- *Inversión inicial.* Para llevar adelante el proyecto el inversor deberá construir el embalse y el sistema de distribución de agua para riego, lo que cuenta como un efecto directo privado.
- *Costos de operación y mantenimiento.* Los costos necesarios para que el agente privado que lleva adelante el proyecto opere el embalse corresponden a efectos directos privados.
- *Impuesto.* El pago de impuestos cuenta como un costo desde la óptica privada.

Costos sociales:

- *Inversión inicial de productores.* Para conectarse al sistema de riego es necesario que los productores realicen inversiones adicionales a las del embalse. Debido a que no son pagadas por el ejecutante del proyecto pero son costos incrementales en que incurren los productores, se consideran como un costo social.
- *Compra de agua.* Los productores deberán comprar agua para riego a la empresa que opera el embalse.
- *Costo de operación y mantenimiento.* Como consecuencia de la adopción de riego, los productores deberán incurrir en costos de operación y mantenimiento incrementales en la producción de cultivos (insumos y mano de obra).
- *Pérdida del servicio de secuestro de carbono.* Parte del monte ribereño quedará bajo agua una vez construido el embalse. Debido a eso, se perderá el servicio ecosistémico de secuestro de carbono que el monte proveía (asociado al objetivo de mitigación del cambio climático) y por tanto se generará una externalidad local.
- *Pérdida del servicio de purificación.* Al igual que la pérdida del servicio de secuestro de carbono, la pérdida de monte ribereño hará que se pierda el servicio de purificación de agua que evitaba que el suelo perdido por la erosión llegara a los cursos de agua. En teoría esto contaría como una externalidad a nivel local, siempre y cuando se pudiera constatar que perjudica a alguna parte de la sociedad. Sin embargo, debido a que la estimación es muy difícil, se tomará como un efecto intangible.

4. Evaluación de proyectos

Una vez que el proyecto ha sido formulado con sus objetivos, alternativas y análisis preliminares, se pasará a la etapa de evaluación de costos y beneficios. En primer lugar, se deberá identificar de manera cualitativa, para los escenarios *con y sin proyecto*, los diferentes impactos asociados a cada alternativa para cada período del ciclo de vida del proyecto. En segundo lugar, se evaluarán los efectos de las variables físicas de manera de determinar los costos y beneficios del proyecto desde dos puntos de vista distintos: el punto de vista privado o financiero y el punto de vista socioeconómico o económico.

Por un lado, la evaluación privada tiene como objetivo evaluar la rentabilidad financiera del proyecto y la capacidad de este para autosustentarse (HM Treasury, 2003; Ortégón, Pacheco y Roura, 2005; SNIP, 2014). Por otra parte, la evaluación económica o socioeconómica tiene como objetivo examinar cómo cambia el bienestar de la sociedad en su conjunto ante la ejecución de la intervención evaluada (HM Treasury, 2003; Ortégón, Pacheco y Roura, 2005; SNIP, 2014). En consecuencia, la evaluación desde diferentes ópticas requerirá discriminar los costos y beneficios según quién los percibe. Esto implica no solo tomar en cuenta diferentes agentes involucrados en el proyecto, sino también valorar los costos y beneficios de diferente manera.

El presente capítulo se divide en tres partes. En la primera parte se explican las consideraciones particulares que deben tenerse en cuenta a la hora de determinar los costos y beneficios para medidas de adaptación al cambio climático. En la segunda parte se desarrollan los conceptos básicos para la evaluación de proyectos mediante el ACB. En la tercera, se muestra cómo identificar los costos y beneficios en lo que se denomina el análisis de efectos. En la cuarta y última parte se describe cómo deben realizarse la evaluación privada y la evaluación social, tomando como ejemplo el caso presentado en el Anexo 1.

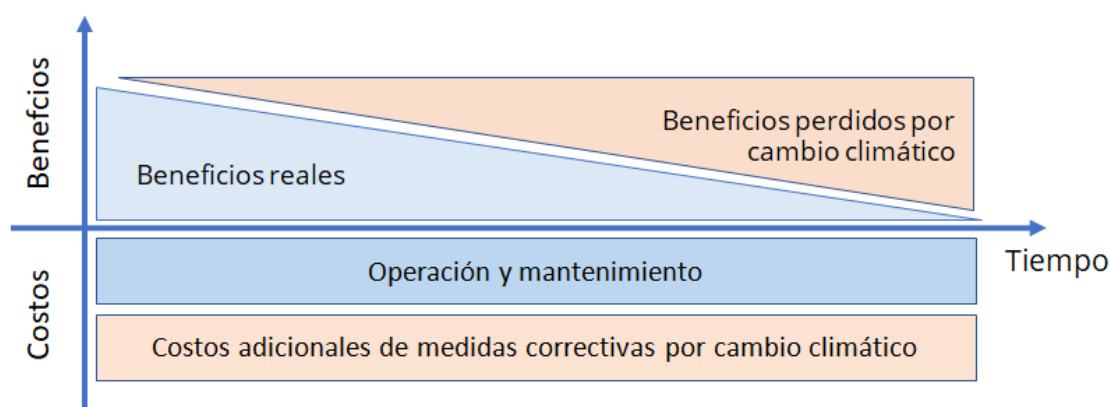
4.1. Particularidades de la adaptación al cambio climático en la determinación de costos y beneficios

Así como el cambio climático presenta desafíos a la hora de determinar la demanda por factores productivos que provienen de la naturaleza, también presenta algunas particularidades a la hora de determinar los costos y beneficios de las medidas de adaptación. Dado que uno de los objetivos de las medidas de adaptación es reducir o evitar los posibles efectos del cambio y la variabilidad

climática, los beneficios principales de estas medidas serán los costos evitados por pérdidas y daños asociados a eventos climáticos. Por lo tanto, una parte fundamental del ACB de medidas de adaptación al cambio climático es identificar la potencial mejora con respecto a la situación sin proyecto o, lo que es lo mismo, los costos evitados por la adaptación al cambio climático.

En la Figura 8 se presenta el escenario *sin proyecto*, en el que se esperan efectos negativos del cambio climático. Como se puede ver, en este escenario se incurre en costos de operación y mantenimiento y se obtienen los beneficios actuales. Sin embargo, según la actividad analizada, puede ocurrir que debido a los efectos del cambio climático los beneficios actuales disminuyan a través del tiempo, así como también se esperan costos adicionales por medidas correctivas frente a los efectos adversos. De esta manera, para la evaluación de medidas de adaptación al cambio climático no interesará estimar los costos del cambio climático, sino qué parte de esos costos puede ser evitada a raíz de la medida de adaptación a implementar.

Figura 8. Costos y beneficios sin medida de adaptación



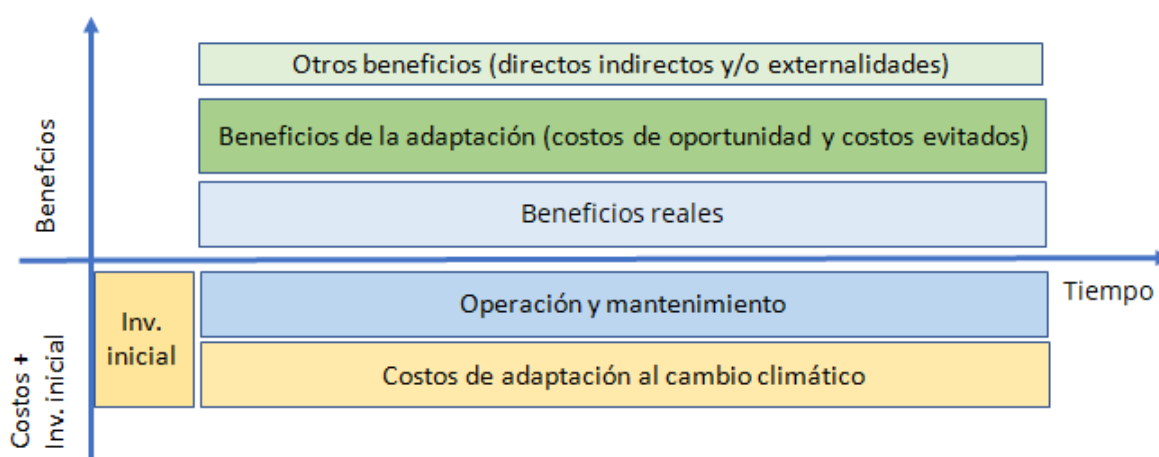
Fuente: Adaptado de Galarza *et al.* (2011).

Partiendo de esto, la implementación de una medida de adaptación al cambio climático requerirá una determinada inversión inicial y también tendrá costos de operación y mantenimiento. A su vez, podrá generar dos tipos de beneficios: aquellos que resulten de la adaptación al cambio climático y otros que sean resultado de esta. Por ejemplo, la implementación de un sistema de riego como medida de adaptación probablemente generaría un mayor rendimiento esperado de los cultivos a partir del período en que se implementa. La Figura 9 muestra el escenario *con proyecto*, es decir, con medida de adaptación. En síntesis, los beneficios de la adaptación corresponden a aquellos que se pueden

obtener como consecuencia directa de la implementación de la medida de adaptación. Es decir, la parte de los costos adicionales por medidas correctivas de cambio climático que se evita, más la parte de los beneficios perdidos por cambio climático que se dejan de perder a causa de la ejecución de la medida de adaptación.

Como se mencionó en la introducción de esta guía, los beneficios de las medidas de adaptación en el sector agropecuario corresponderán a dos fuentes de distinta naturaleza. La primera fuente son efectos graduales del cambio climático, al tiempo que la segunda fuente corresponde a la ocurrencia de eventos climáticos extremos asociados al cambio climático. Por un lado, la primera fuente deberá estar contenida dentro las proyecciones de las variables físicas del proyecto de acuerdo con la información recopilada en el diagnóstico de la situación actual. En caso de existir incertidumbre respecto de los efectos graduales, podrá ser útil plantear diferentes escenarios y tratarlos según se detalla en el Capítulo 6 sobre las técnicas para incorporar el riesgo y la incertidumbre. Por otro lado, los efectos relativos a la ocurrencia de eventos extremos requieren un tratamiento particular, ya que tienen un componente importante de incertidumbre. En el Capítulo 6 se definen los eventos climáticos extremos y se presenta una metodología para el tratamiento y la inclusión de estos en el ACB.

Figura 9. Costos y beneficios con medida de adaptación



Fuente: Adaptado de Galarza *et al.* (2011).

4.2. Evaluación privada

La evaluación privada consiste en analizar la conveniencia de llevar adelante el proyecto o intervención desde el punto de vista del inversor o accionista, pudiendo ser este un agente tanto del sector privado como del sector público (por ejemplo, un municipio o el Gobierno central) (Ortegón, Pacheco y Roura, 2005). En este sentido, la función objetivo será, en general, la maximización de los beneficios del agente en cuestión (aunque puede ser otra distinta, como en el caso de empresas sociales u organizaciones no gubernamentales).

A partir de ello, se deberán tomar en cuenta únicamente los costos y los beneficios que afectan a los ingresos y egresos financieros, es decir, los provenientes de los efectos directos, valorados a precios de mercado. Con este criterio, lo primero será construir el flujo de fondos incrementales según el momento en que realmente ocurre cada uno de los costos o beneficios. Para ello se recomienda distinguir los diferentes costos y beneficios según la siguiente clasificación: costo de la inversión, beneficios, costos de operación y mantenimiento, y valor de rescate. Por último, se deberán calcular los beneficios netos para cada período del proyecto, tal como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Flujo de beneficios netos para la evaluación privada

	Período 0	Período 1	Período 2	...	Período n
(1) Costo de la inversión (-)	$-I_0$	[...]	[...]	[...]	[...]
(2) Beneficios (+)		B_1	B_2	[...]	B_n
(3) Costos de operación y mantenimiento (-)		$-CO_1$	$-CO_2$	[...]	$-CO_n$
(4) Valor de rescate (+)				[...]	VR_n
Beneficio neto -(1) + (2) - (3) + (4)	BN_0	BN_1	BN_2	[...]	BN_n

Fuente: (SNIP, 2013).

A continuación, se detallan los puntos específicos que se deberán considerar dentro de la evaluación privada de costos y beneficios.

Sí se debe incluir en la evaluación privada:

- Los pagos de impuestos y la obtención de subsidios, como costos y beneficios, respectivamente.²

No se deben incluir en la evaluación privada:

- Los pagos que correspondan a la depreciación de activos y al pago de intereses.
- Los costos hundidos en los que ya se haya incurrido como consecuencia de la intervención (por ejemplo, pagos ya realizados por análisis de suelo para estudiar la viabilidad del proyecto).

Recuadro 2. Determinación de costos y beneficios para la evaluación privada

En la resolución de la Práctica 1 que se muestra en el Anexo 1 (ejercicios a, b y c), se identifican los costos y beneficios privados y se muestra paso a paso cómo estimar los costos y beneficios. En este recuadro se presenta un resumen de dicha resolución.

Con base en lo expuesto en la presente sección y del análisis de efectos presentado en el Recuadro 1, se presenta a continuación la construcción del flujo de fondos para la evaluación privada del caso de estudio presentado en el Anexo 1. En este caso, el punto de vista privado de interés es de la empresa proveedora de agua para riego y, por ende, se tomarán los efectos directos privados identificados en el Recuadro 1. Estos son:

1. Costo de la inversión (–)
 - ◇ Inversión inicial en embalse y canales de distribución (Inv. inicial)
2. Beneficios (+)
 - ◇ Venta de agua para riego de soja (Venta p/riego soja)
 - ◇ Venta de agua para riego de maíz (Venta p/riego maíz)
 - ◇ Beneficios fiscales (B. fiscales)

2 Si bien esto puede resultar lógico debido a que los impuestos resultan un egreso de caja y los subsidios un ingreso, el hecho de que se haga referencia aquí se basa en que este punto presenta diferencias respecto al tratamiento que debe realizarse en la evaluación social. En la sección 3.3.2. se explica por qué el tratamiento es distinto para la evaluación social.

3. Costos de operación y mantenimiento (Costos OM) (–)
 - ◇ Costo de electricidad e imprevistos (Costo EI)
 - ◇ Costo de mano de obra (Costo MO)
 - ◇ Costos fijos por arrendamiento de área inundada por embalse (Costos fijos)
 - ◇ Pago de impuestos (Impuestos)
4. Valor de rescate (+)
 - ◇ Valor de rescate de embalse y canales de distribución (Valor rescate)

En la tabla B se detalla el valor por período de cada costo y beneficio para los primeros tres y los últimos dos períodos del análisis. En la última fila de la tabla se muestra el flujo de beneficios netos por períodos; es decir, la suma de los beneficios menos los costos de cada período.

Tabla B. Flujo de fondos para la evaluación privada (en miles de dólares)

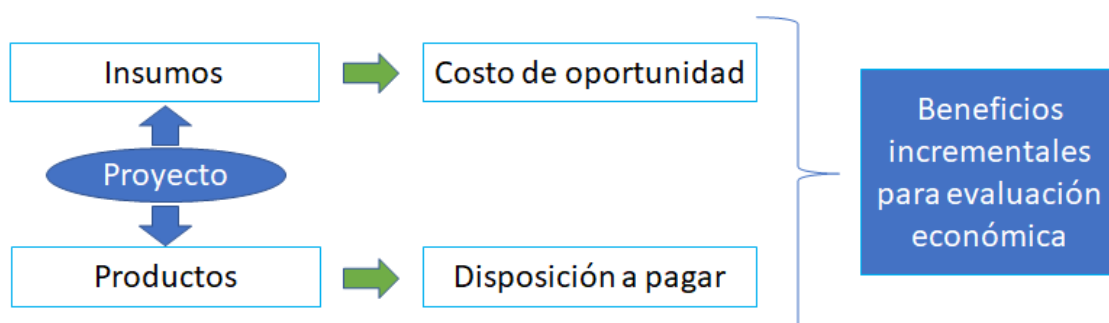
Período	0	1	2	[...]	29	30
1. Costo de inversión	–6 200	–	–	[...]	–	–
Inv. inicial	–6 200	–	–	[...]	–	–
2. Beneficios	–	249	514	[...]	1 247	1 247
Venta p/riego soja	–	108	217	[...]	541	541
Venta p/riego maíz	–	141	282	[...]	706	706
B. fiscales	–	–	15	[...]	–	–
3. Costos OM	–	–351	–406	[...]	–650	–1 425
Costo EI	–	–25	–50	[...]	–125	–125
Costo MO	–	–120	–120	[...]	–120	–120
Costos fijos	–	–207	–207	[...]	–207	–207
Impuestos	–	–	–31	[...]	–199	–974
4. Valor de rescate	–	–	–	[...]	–	3 100
Beneficios netos	– 6 200	–102	108	[...]	597	2 922

4.3. Evaluación económica

En la evaluación social o económica, no solo interesa conocer la rentabilidad del proyecto desde el punto de vista privado, sino que también interesa saber qué impactos tendrá este en la economía en su conjunto y en la sociedad. Para eso, se analizará cómo cambia el bienestar de la sociedad como consecuencia de llevar a cabo la intervención evaluada (Ortegón, Pacheco y Roura, 2005). En este sentido, la función objetivo será la maximización del bienestar social definido como los beneficios netos incrementales de la intervención tomando en cuenta todos los efectos y agentes involucrados. Esto es, considerando todos los efectos cuantificables del proyecto (efectos directos, indirectos y externalidades). La relación directa entre la función de bienestar social anterior y el concepto de *mejora de Pareto* se puede ver de la siguiente manera: si un proyecto o medida genera beneficios netos incrementales, entonces será posible encontrar una reasignación de recursos (a través de transferencias entre agentes) que haga que alguien esté mejor sin empeorar la situación de los demás (Boardman *et al.*, 2011).

Ahora bien, evaluar los costos y beneficios desde una óptica económica o social implica, por un lado, valorar los insumos usados en la medida o política con sus respectivos costos de oportunidad y, por otro lado, valorar los productos del proyecto o medida según la disposición a pagar de los consumidores (Boardman *et al.*, 2011) (véase Figura 10). En primer lugar, el costo de oportunidad de los insumos usados por el proyecto es el valor que estos tienen en el mejor uso alternativo. Es decir, a lo que renuncia la sociedad por utilizar estos insumos en la implementación del proyecto. En segundo lugar, la disposición a pagar se define, de manera simple, como la cantidad máxima que podría llegar a pagar un agente por adquirir un bien o servicio o, en este caso, por llevar adelante el proyecto o la medida evaluada. Cuando ella no resulte beneficiosa para el agente, este no estará dispuesto a pagar para su implementación, sino que demandará una compensación para no verse afectado por el proyecto o la medida (Boardman *et al.*, 2011). En ese caso, lo que se intentará medir será la *disponibilidad a aceptar* por un perjuicio.

Figura 10. Beneficios netos incrementales en la evaluación social



Fuente: Basado en Boardman *et al.* (2011).

El primer punto de referencia para valorar los costos y beneficios desde una óptica social son los precios de mercado, ya que estos tienden a revelar las preferencias de todos los agentes y el costo de oportunidad que los bienes y servicios tienen para la sociedad, en ausencia de fallas de mercado (HM Treasury, 2003). Sin embargo, en la realidad existen distorsiones o fallas de mercado que hacen que los precios de mercado no reflejen lo que los bienes realmente le cuestan a la sociedad y, por lo tanto, es necesario hacerles ajustes y correcciones.

Para los efectos que pueden ser valorados directamente a través del mercado, será necesario ajustar los precios de mercado de manera de corregir las distorsiones en estos, en caso de que existan, de modo que reflejen los verdaderos costos de oportunidad que estos efectos tienen para la sociedad. Para el caso de las externalidades, como se verá más adelante, si estas no se consideran dentro de las correcciones de las distorsiones antes mencionadas, deberán ser determinadas y valoradas (siempre que sea posible) siguiendo alguna de las técnicas provistas en el Capítulo 6.

4.3.1. Valoración de costos y beneficios a precios de cuenta

Como ya se mencionó en el Capítulo 1, es casi imposible encontrar mercados que funcionen en condiciones de competencia perfecta, debido a distorsiones (o fallas de mercado) que pueden ser generadas por impuestos y subsidios, por la presencia de poder de mercado, información imperfecta, o por la existencia de bienes públicos y externalidades. Para el caso de los bienes con valor de mercado, esto implica que los precios de mercado no reflejan el verdadero costo de oportunidad para la sociedad. Por lo tanto, para valorar los bienes y servicios consumidos y producidos por el proyecto, de manera que reflejen los cambios en

el bienestar social, será necesario realizar ajustes a los precios de mercado a través del factor de relación de precios de cuenta (RPC) (SNIP, 2013).

En primer lugar, el precio de cuenta o precio sombra de un bien o servicio representa el costo de oportunidad de este para la sociedad, y pueden ser calculado a partir de diversas metodologías que escapan el alcance de esta guía. Para más detalle sobre las metodologías de cálculo véanse Boardman *et al.* (2011) y SNIP (2012). En segundo lugar, el factor de relación de precios de cuenta se calcula como la división entre el precio de cuenta y el precio de mercado del bien o servicio, tal como se indica en la Ecuación 1. Una vez calculada la RPC, bastará con multiplicarla por el precio de mercado para obtener el precio sombra del bien o servicio.

Ecuación 1. Relación de precios de cuenta

$$RPC = \frac{\text{Precio de cuenta}}{\text{Precio de mercado}}$$

Para el caso de Uruguay, la guía de SNIP (2013) presenta tres precios de cuenta básicos “que juegan un rol clave por su relevancia en el proceso de valuación económica: el precio de cuenta de la divisa (PC-D), el precio de cuenta de la mano de obra (PC-MO) y la tasa social de descuento (TSD)” (SNIP, 2013, p. 55). A continuación, se presentan el PC-D y el PC-MO para el caso de Uruguay, mientras que la TSD será introducida en el Capítulo 5.

Precio de cuenta de la divisa. “El precio de cuenta de la divisa representa el costo de oportunidad, en términos del bienestar (o consumo) que genera a la sociedad disponer de una unidad adicional de la divisa” (SNIP, 2013, p. 56). Las estimaciones realizadas por la Facultad de Ciencias Económicas y de Administración de la Universidad de la República (FCEA) en 2011 arrojaron un valor de 1,21 para la RPC de la divisa. Aquellos bienes que sean importados o exportados por el proyecto deberán ser multiplicados por el valor anterior a la hora de realizar la evaluación económica del proyecto, según el criterio expuesto en la siguiente tabla. En caso de que los insumos o productos sean no transables, se deberá considerar el precio de oferta y demanda, respectivamente, agregando los impuestos pagados y sustrayendo los subsidios obtenidos.

Tabla 8. Relación de precios de cuenta de la divisa

Tipos de bienes		Productos provistos por el proyecto	Insumos utilizados por el proyecto
Transables	Importables	Precio CIF (en moneda local) x RPC-Divisa	
	Exportables	Precio FOB (en moneda local) x RPC-Divisa	
No transables		Precio de oferta + impuestos – subsidios	Precio de demanda + impuestos – subsidios

Fuente: Adaptado de SNIP (2012).

Precio de cuenta de la mano de obra. “El precio de cuenta de la mano de obra refleja el costo de oportunidad para la economía de una unidad adicional de trabajo asignada a proyectos de inversión o a la producción de sus insumos” (SNIP, 2013, p. 56). A su vez, el precio de cuenta dependerá de las condiciones de oferta y demanda del mercado de trabajo existente en el país y del área de influencia del proyecto al tiempo de su realización. Los cálculos realizados por la FCEA a partir de información del año 2010 desagregan los factores de RPC según el nivel de competencia de los trabajadores y las zonas en las que se desarrolla el proyecto, tal como se expresa en la Tabla 9.

Tabla 9. Relación de precios de cuenta de la mano de obra

Mano de obra	RPC global	RPC a utilizar en el proyecto con totalidad de mano de obra exclusiva de estas zonas:		
		Montevideo	Interior urbano	Rural
No calificada	0,64	0,68	0,64	0,55
Semicalificada	0,54	0,59	0,53	0,58
Calificada	1	1	1	1

Fuente: (SNIP, 2012).

Además de los factores presentados anteriormente, la guía de SNIP (2012) provee también factores de RPC para combustibles y lubricantes, materiales de construcción y el tiempo. Este último (el factor de RPC del tiempo) deberá usarse en caso de que el proyecto genere ahorros o gastos de tiempo de las personas afectadas, como puede ser el caso de la construcción de una nueva ruta. Asimismo, la guía especifica que se podrán valorar a precios sociales aquellos bienes que lo requieran y no estén contemplados aquí, para lo cual se deberá

especificar una justificación pertinente y los métodos de cálculo usados (SNIP, 2012).

4.3.2. Consideraciones para la evaluación social

Para la evaluación social se tomarán en cuenta todos los efectos sobre los involucrados, que puedan valorarse. A continuación, se detallan los puntos a tener en cuenta a la hora de realizar la evaluación social de costos y beneficios.

Sí se deben incluir en la evaluación social:

- todos los costos y beneficios resultantes de los efectos directos, indirectos y externalidades, valorados a precios sociales;
- los costos asociados la obtención del resultado del proyecto que no necesariamente sean financiados por la unidad ejecutora. Por ejemplo, para la construcción de un embalse público para riego, deberán considerarse el costo de inversión que deberán hacer los productores agrícolas para conectarse al embalse;
- los costos y beneficios económicos causados por posibles externalidades sobre algún grupo de la sociedad.

No se deben incluir en la evaluación social:

- los costos o beneficios que impliquen transferencias de un agente a otro de la economía, como es el ejemplo de los impuestos y subsidios (del Estado al agente privado). De esta manera se deberán sustraer de la evaluación privada los impuestos y subsidios ya computados. Otro ejemplo de transferencia se da cuando lo que es un costo para un agente es un beneficio para otro, como puede ser el caso de la construcción de un embalse para riego, en el cual el agua es un costo para los productores pero a la vez es un beneficio para el proveedor. Esto hace que se cancelen, desde el punto de vista social. Nótese que, si bien no se consideran como costos o beneficios, sí deberá tenerse en cuenta cómo afectan la distribución del ingreso, según indica la sección 4.3.3. La utilización de relaciones de precios de cuenta de los diferentes factores de producción permite corregir los precios de mercado en función de las consideraciones anteriores.
- los costos hundidos en los que ya se haya incurrido como consecuencia de la intervención (por ejemplo, pagos ya realizados por análisis de suelo para estudiar la viabilidad del proyecto).

Recuadro 3. Evaluación social

En la resolución de la práctica 2 del Anexo 1 (ejercicios a, b y c) se identifican los costos y beneficios económicos y se muestra paso a paso cómo estimar dichos costos y beneficios. En este recuadro se muestra un resumen de dicha resolución:

Sobre la base de lo expuesto en la presente sección y del análisis de efectos presentado en el Recuadro 2, se presenta a continuación la construcción del flujo de fondos para la evaluación social del caso de estudio analizado en el Anexo 1. Para determinar los costos desde el punto de vista social se deberán tomar en cuenta todos los efectos tangibles del análisis de efectos realizado en el Recuadro 2, valorados a precios sociales, sin contar las transferencias que ocurren de un agente a otro. A continuación, se plantean los costos y beneficios que interesan en la perspectiva social, y se tachan aquellos que implican transferencias entre agentes:

1. Costo de la inversión (–)
 - ◇ Inversión inicial en embalse y canales de distribución (Inv. inicial)
 - ◇ Inversión de productores en equipos para riego (Inv. productor)
2. Beneficios (+)
 - ~~◇ Venta de agua para riego de soja (Venta agua p/soja)~~
 - ~~◇ Venta de agua para riego de maíz (Venta agua p/maíz)~~
 - ~~◇ Beneficios fiscales (B. fiscales)~~
 - ◇ Venta incremental de soja por riego (Venta soja riego)
 - ◇ Venta incremental de maíz por riego (Venta maíz riego)
3. Costos de operación y mantenimiento (OM) (–)
 - ◇ Costo de electricidad e imprevistos (Costo EI)
 - ◇ Costo de mano de obra (Costo MO)
 - ◇ Costos fijos por arrendamiento de área inundada por embalse (Costos fijos)
 - ~~◇ Pago de impuestos (Impuestos)~~
 - ◇ Costo incremental de productores por riego de soja (Costo riego soja)
 - ◇ Costo incremental de productores por riego de maíz (Costo riego maíz)

4. Valor de rescate (+)

- ◇ Valor de rescate de embalse y canales de distribución (Valor rescate)

Para valorar los efectos a precios sociales se deberán multiplicar los diferentes componentes de los costos y beneficios por sus respectivos precios de cuenta. En la Tabla C se plantea como ejemplo la determinación del precio de cuenta de la inversión inicial en el embalse y los canales de distribución:

Tabla C. Inversión inicial valorada a precios sociales

Componente	Monto total a precios de mercado (Miles de USD)	RPC	Monto total a precios sociales
MO no calificada (inc. LLSS)	1 000	0,64	640
MO calificada (incl. LLSS)	800	1	800
Materiales importados	1 400	1,21	1 694
Materiales nacionales	2 500	1	2 500
Total antes de impuestos	5 700		5 634
Impuestos	500		
Total después de impuestos	6 200		

Fuente: SNIP (2010).

De manera análoga (véase Anexo 1), se calcula el valor a precios sociales de cada uno de los costos y beneficios, según se detalla, de manera resumida, en la tabla D.

Tabla D. Flujo de fondos para la evaluación social (en miles de dólares)

Período	0	1	2	[...]	29	30
1. Costo de inversión	-5 634	-3 955	-3 955	[...]	-	-
Inv. inicial	-5 634	-	-	[...]	-	-
Inv. productor		-3 955	-3 955	[...]	-	-
2. Beneficios	-	1 179	2 357	[...]	5 893	5 893
Venta soja riego	-	562	1 124	[...]	2 810	2 810
Venta maíz riego	-	617	1 233	[...]	3 083	3 083
3. Costos OM	-	-411	-531	[...]	-989	-989
Costo EI	-	-25	-50	[...]	-125	-125
Costos MO	-	-84	-84	[...]	-84	-84
Costos fijos	-	-207	-207	[...]	-207	-207
Costo riego soja	-	-18	-36	[...]	-91	-91
Costo riego maíz		-97	-193	[...]	-483	-483
4. Valor de rescate	-	-	-	[...]	-	2817
Beneficios netos	-5 634	-3 187	-2 129	[...]	5 004	7 821

4.3.3. Externalidades

Las externalidades de un proyecto se definen como los impactos que su ejecución o implementación tienen sobre la utilidad o el beneficio económico de terceros, sin que estos se vean compensados económicamente (en caso de que la externalidad sea negativa), o que compensen al generador de la externalidad (en caso de que la externalidad sea positiva) (Ortegón, Pacheco y Roura, 2005). Un ejemplo de externalidad negativa puede ser la contaminación de un curso de agua como consecuencia de la exportación de nutrientes al drenar el agua excedente de una chacra, cuando se implementa un proyecto de riego. Un ejemplo de externalidad positiva es la polinización de cultivos agrícolas por un apiario cercano o el mantenimiento de áreas silvestres que son hábitat de polinizadores.

Las externalidades constituyen una fuente de fallas de mercado ya que no se ven reflejadas en las curvas de oferta y demanda, por lo cual el mercado proveerá más bienes que lo socialmente óptimo, en presencia de externalidades negativas, y lo contrario en presencia de externalidades positivas. En términos del bienestar social, la producción de una externalidad negativa hace que el valor social del proyecto sea menor en el mismo monto que la externalidad, si se deja todo lo demás constante. Por otro lado, en el caso de una externalidad positiva, el valor social del proyecto es mayor en un monto igual al de la externalidad, si se deja todo lo demás constante.

Una de las dificultades más grandes que se presenta es la cuantificación del cambio en el bienestar social como consecuencia de las externalidades, ya que por definición estas no se ven reflejadas directamente en los precios de mercado. Sin embargo, debe intentarse una estimación, siempre que sea posible, siguiendo alguno de los métodos de valoración descritos en el Capítulo 6 de esta guía. La decisión sobre si se valora o no la externalidad dependerá de los recursos con que se cuenta para el análisis, la información disponible y el impacto que tengan las externalidades sobre los involucrados. En caso de no poder valorarse las externalidades, estas deberán ser consideradas de forma cualitativa en el proceso de toma de decisiones.

4.3.4. Impactos distributivos

Debido a que no tiene el mismo efecto un peso extra sobre una persona de bajos ingresos que el mismo dinero en una persona con ingresos altos, es importante considerar los impactos que la intervención tendrá en la distribución del ingreso en la sociedad. Sin embargo, no es una parte central del ACB como sí lo es la eficiencia. Esto se debe al hecho de que si un proyecto “es eficiente en términos

sociales, los aspectos distributivos pueden trabajarse de diferentes maneras, incluso renunciando a un cierto grado de eficiencia” (Ortegón, Pacheco y Roura, 2005). En otras palabras, si los beneficios generados superan los costos del proyecto según la evaluación social, parte del margen generado por el proyecto podría usarse para compensar posibles pérdidas en algunos sectores de la sociedad. En consecuencia, el análisis distributivo se realizará con el objetivo de brindar información relevante y complementaria para la toma de decisiones o planificación de posibles planes de que minimicen los impactos distributivos no deseables.

El impacto distributivo se puede tomar en cuenta de múltiples formas. A continuación se describen brevemente dos de ellas: la evaluación del impacto distributivo y el empleo de coeficientes de ponderación.

La evaluación del impacto distributivo consiste en la realización de un análisis de impacto de manera separada a la evaluación económica del proyecto. Una de las formas de hacer esto es estimar un índice de desigualdad social para el proyecto, como puede ser un índice de Gini de la estructura de consumo (SNIP, 2013).³ Los resultados obtenidos dirán si el proyecto mejora o empeora la distribución del ingreso y en qué magnitud.

Por otro lado, el uso de coeficientes de ponderación en la evaluación social permite ponderar de manera distinta una unidad monetaria entre grupos sociales (SNIP, 2013). Por ejemplo, si se quisiera diferenciar dos grupos de beneficiarios —uno de altos ingresos y otro de bajos ingresos—, el incremento de la tarifa de un bien de consumo en una unidad monetaria (\$1) no tendría el mismo efecto sobre uno y otro grupo. Si el ingreso del grupo de altos ingresos es el doble que el de bajos ingresos, desde el punto de vista del bienestar social, el impacto será el doble en el grupo de bajos ingresos que en el de altos ingresos. Si se quisiera expresar estas diferencias en términos contables, se podrían ponderar a la mitad (0,5) los precios del bien de consumo referido del grupo de altos ingresos. Cabe notar que no se puede extraer ninguna conclusión sobre la eficiencia en este tipo de análisis.

3 El índice de Gini es una medida de dispersión estadística y es la más utilizada en economía para medir la desigualdad de ingresos o riqueza.

5. Tasa de descuento y medidas resumen

La implementación de medidas de adaptación al cambio climático competirá por fondos escasos con otras medidas que pueden brindar mayor rentabilidad o que apuntan a diferentes objetivos sociales. Esto implica considerar cuál es el costo de oportunidad de los fondos utilizados en el proyecto evaluado, así como contar con métricas que permitan comparar diferentes proyectos que esperan generar diferentes rentabilidades o ganancias de utilidades en diferentes momentos del tiempo.

Este capítulo tiene cuatro secciones, a través de las cuales se introduce el concepto de valor temporal de los costos y beneficios, y se detallan diferentes técnicas que permiten compararlos para sacar conclusiones sobre la conveniencia o no de implementar proyectos o políticas. En la primera parte, se introduce el concepto de tasa de descuento y de preferencia temporal. En la segunda parte, se define el criterio de valor actual neto para la evaluación privada y la evaluación social. En la tercera parte, se presenta una discusión conceptual respecto a la tasa de descuento en el contexto de medidas de adaptación al cambio climático. En la cuarta y última parte, se presentan ejemplos relevantes para la realidad uruguaya.

5.1. La tasa de descuento y la preferencia temporal

Hasta ahora se han considerado los costos y beneficios distribuidos a través del tiempo sin referir a qué implicancias tiene la dimensión temporal a la hora de comparar alternativas. Sin embargo, el tomador de decisiones no es indiferente respecto al momento del tiempo en el cual se asumen los costos y se reciben los beneficios. A modo de ejemplo, en la Tabla 10 se presenta el flujo de fondos de dos proyectos distintos y excluyentes, es decir, que se debe optar por realizar uno u otro. Si bien el resultado del flujo de fondos es el mismo en ambas opciones, los fondos están distribuidos de manera diferente a través del tiempo y no es posible decidir de manera directa cuál proyecto generará mayor utilidad. En general, los individuos preferirán disponer del dinero hoy que recibir la misma cantidad en el futuro (y en este caso optarán por el proyecto A). Para que esas elecciones sean indiferentes, el monto en el futuro ha de ser mayor que el monto actual. Esto es lo que se denomina, desde la perspectiva privada, el proceso de capitalización del dinero.

Tabla 10. Flujo de fondos de dos proyectos excluyentes

Período	Proyecto A	Proyecto B
0	-\$ 100	-\$ 100
1	\$ 100	\$ 50
2	\$ 0	\$ 50
3	\$ 50	\$ 50
Total	\$ 50	\$ 50

Fuente: Elaboración propia.

Un concepto análogo es el del proceso de descuento. Es decir, expresar en *valores actuales* o *valores presentes* los costos y beneficios de cualquier período del proyecto. La fórmula matemática que permite calcular el valor actual es descrita en la Ecuación 2, donde **n** es el período en el cual se percibe el costo o beneficio, **VF_n** es el valor nominal de este y **r** es la tasa de descuento que representa el *valor que tiene el futuro* o, dicho de otro modo, el valor del dinero en el tiempo para los agentes. La tasa de descuento es en general positiva, lo que hace que los costos y beneficios que se encuentran más cercanos al presente tengan más valor que los mismos costos y beneficios en el futuro (HM Treasury, 2003).

Ecuación 2. Valor actual

$$\text{Valor actual} = \frac{VF_n}{(1 + r)^n}$$

5.2. Valor actual neto y valor actual neto económico

El criterio de valor actual neto (VAN) es una medida resumen que, según SNIP (2013), “representa el indicador de rentabilidad por excelencia en la evaluación de una inversión pública” (SNIP, 2013, p. 59). En caso de que se esté evaluando un proyecto individual, el criterio VAN funciona como un criterio de decisión en sí mismo. En caso de que se comparen dos o más proyectos entre sí, el criterio VAN brinda un indicador que sirve como insumo para determinar cuál de los proyectos es más conveniente (la opción que arroje un mayor VAN). Sin embargo, deberá ser complementado con otros indicadores que se detallan en este capítulo.

En el caso de la evaluación privada, el criterio VAN establece que una inversión es rentable solo si su valor actual neto es mayor que cero. Es decir, si el proyecto de inversión brinda una rentabilidad mayor que invertir el capital en el sistema financiero. En caso de que se estén comparando dos proyectos excluyentes, el proyecto más rentable será aquel que tenga el mayor VAN. Para el caso de la evaluación privada, el VAN se obtiene según la Ecuación 3, donde $-I_0$ es la inversión inicial, BN_t los beneficios netos percibidos en cada período t , n es el período final del horizonte de evaluación, i es la tasa de descuento privada (que se describe más en profundidad en la próxima subsección).

Ecuación 3. Valor actual neto

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t}$$

En el caso de la evaluación social o económica, el criterio VAN se denomina *valor actual neto económico* (VANE) y es un indicador del cambio en el bienestar de la sociedad como consecuencia de llevar adelante el proyecto. La diferencia con el criterio VAN es que el VANE plantea los costos y beneficios representados en términos de bienestar (corregidos mediante las RPC, según se explicó en la sección 4.3.1.) y utiliza la tasa de descuento social para calcular el valor actual. Sin embargo, la interpretación es análoga: en caso de cumplirse que el VANE sea mayor a cero, se concluirá que el proyecto o intervención mejorará la eficiencia en la asignación de recursos, según el criterio de eficiencia ya visto en la sección 2.1. Esto es, creará un excedente que representará un nivel de bienestar mayor a partir del uso más eficiente de los recursos. La Ecuación 4 plantea la fórmula de cálculo del VANE, para la cual el monto de las inversiones y los beneficios netos están corregidos a través de las RPC, y usa como tasa de descuento la tasa de descuento social (TSD). El criterio de decisión es el mismo que para el VAN.

Ecuación 4. Valor actual neto económico

$$VANE = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1 + TSD)^t}$$

Los criterios VAN y VANE, a diferencia de los criterios que se presentan en la siguiente sección, pueden considerarse en muchos casos como criterios suficientes para definir si llevar adelante o no el proyecto en cuestión. Sin embargo, para el caso de que se esté evaluando más de un proyecto a la vez, existen dos situaciones concretas en que el VAN y el VANE deben ser ajustados para reflejar correctamente los cambios en la rentabilidad del inversor y en la eficiencia del uso de los recursos en la economía, respectivamente (SNIP, 2013):

1. *Cuando los proyectos evaluados no son mutuamente excluyentes:* La selección del proyecto respecto al VAN o VANE no siempre es adecuada, ya que una combinación de proyectos de bajo presupuesto puede generar un mayor indicador que la implementación de un solo proyecto de mayor presupuesto y mayor VAN o VANE que el indicador de los proyectos con bajo presupuesto tomados de forma individual.
2. *Cuando los proyectos evaluados consideran diferentes períodos de análisis:* El criterio VAN o VANE sin ningún ajuste podría llevar a decisiones equivocadas, ya que, por ejemplo, no se estará considerando el hecho de que para uno de los proyectos la vida útil de la inversión será más corta y se deberá incurrir en nuevos costos de inversión si se quiere continuar con el proyecto.

A su vez, el valor del VAN o VANE depende de la tasa de descuento elegida, y se puede llegar a conclusiones diferentes para diferentes tasas de descuento. La Tabla 11 presenta un ejemplo en que se evalúa un flujo de fondos utilizando diferentes tasas de descuento. Cuando la tasa de descuento es de 5% es conveniente llevar adelante el proyecto, mientras que para una tasa del 7,5% es indiferente llevarlo o no adelante. El proyecto deja de ser rentable cuando se considera una tasa de descuento mayor a la anterior; por ejemplo, del 10%.

Tabla 11. VAN para diferentes tasas de descuento (TD)

Período	Costo (C)	Bene-ficio (B)	Beneficio neto (BN = B – C)	VAN TD = 5%	VAN TD = 7,5%	VAN TD = 10%
0	100	0	–100	–100	–100	–100
1	10	50	40	38,095	37,209	36,364
2	10	50	40	36,281	34,613	33,058
3	10	45,005	35,005	30,239	28,178	26,300
4	0	0	0	0	0	0
Total			15,005	4,615	0	–4,279

Fuente: Elaboración propia.

5.2.1. Tasa de descuento privada

Como se planteó, la evaluación privada se realiza desde el punto de vista del inversor o ejecutor del proyecto. Por lo tanto, el VAN del proyecto deberá ser calculado de acuerdo al costo de oportunidad que enfrenta el inversor o ejecutor del proyecto, quien puede ser una persona o más de una (por ejemplo, cuando hay más de un accionista). En consecuencia, la tasa de descuento no va a ser única y va a variar dependiendo de quién sea el agente, debido a que cada accionista, inversor, prestamista o ejecutor del proyecto va a tener sus propias alternativas de inversión y, por tanto, su propio costo de oportunidad por su alternativa no emprendida (Ortegón, Pacheco y Roura, 2005). En cualquier caso, si el VAN del proyecto es mayor que cero, el proyecto será más rentable que la mejor alternativa que el inversor tenga para invertir sus fondos.

Otra forma de usar el criterio de VAN a nivel privado es examinar si el proyecto supera el costo que tiene el capital. Supóngase que el total de los fondos para llevar adelante el proyecto proviene de un banco que exige una tasa de interés anual de X%. En ese caso, se podría calcular el VAN usando una tasa de descuento de X% para evaluar si el proyecto puede cubrir el costo del capital. Con lo cual, si el VAN es menor a cero, el proyecto debe ser descartado, ya que no será capaz de cubrir el costo del capital y resultará en una pérdida de riqueza para el inversor. En cambio, si el VAN es mayor a cero, se podrá decir que el proyecto genera riqueza por encima del costo del capital a través del tiempo y se deberá analizar la liquidez del inversor para concluir que el proyecto podrá cubrir el costo del capital o no.

Recuadro 4. Valor actual neto del proyecto de construcción de un embalse

En la resolución del ejercicio C de la Práctica 1 (Anexo 1), se determina el flujo de fondos y se calcula el VAN para la evaluación privada. En el presente recuadro se muestra de manera resumida el cálculo de dicho VAN en miles de dólares. Sobre la base de los costos y beneficios determinados en el Recuadro 2, se plantea el cálculo del valor actual neto a una tasa de descuento privada arbitraria del 10%. En la tabla a continuación se representa de manera esquemática el flujo de fondos (FF), el factor de descuento y el flujo de fondos descontado.

Período	0	1	2	[...]	29	30
FF sin descontar	-6 200	-102	108	[...]	597	2 922
Factor de descuento*	1	1,10	1,21	[...]	15,86	17,45
FF descontado	-6 200	-93	89	[...]	38	167

(*) Factor de descuento = $(1 + i)^t$, siendo $t = 0, 1, 2 \dots n$

A partir de esta información se puede obtener el valor actual neto como la suma de todos los valores del flujo de fondos descontado. El valor actual neto del proyecto desde el punto de vista privado y para una tasa de descuento de 10% es de -1 657 miles de dólares. Por lo tanto, puede concluirse que no sería rentable llevar adelante el proyecto.

5.2.2. Tasa de descuento social

El concepto de tasa de descuento social está basado en dos principios: el de preferencia temporal y el de costo de oportunidad del capital (Ortegón, Pacheco y Roura, 2005). Por un lado, el principio de preferencia temporal refiere al hecho de que, dejando todo lo demás constante, los individuos prefieren satisfacer sus necesidades antes que después. Por ejemplo, ante la opción de recibir \$X hoy o dentro de una semana, dejando todo lo demás constante, los individuos preferirán recibirlos hoy. Esto implica que, para persuadir a los individuos de que difieran su consumo presente planeado, se les debe compensar de alguna manera.

Por otro lado, el costo de oportunidad del capital está definido por la decisión entre inversión y consumo que realiza la sociedad y por la rentabilidad

de los proyectos que tienen necesidad de financiación. De esta manera, los fondos más alejados en el tiempo van a tener menor valor ya que, de generarse en períodos anteriores, pueden ser reinvertidos en otros proyectos y generar utilidades.

De acuerdo con la teoría económica, en una economía con un mercado de capitales bien comportado (sin fallas de mercado), las interacciones entre demandantes y oferentes de fondos de inversión generarán una tasa de interés de equilibrio o, lo que es lo mismo, el costo del capital por unidad de tiempo estará definido por la preferencia temporal de la sociedad y el costo de oportunidad del capital (Perman *et al.*, 2003). Sin embargo, como se vio en el Capítulo 4, en la práctica existen distorsiones que hacen que la tasa de interés de mercado difiera de la tasa de interés social antes definida. Por lo tanto, la tasa de mercado deberá ser *corregida* a fin de que refleje el verdadero costo de oportunidad que tienen los fondos usados en el proyecto evaluado para la sociedad. Es decir, habrá que estimar una tasa descuento que no solo considere a oferentes y demandantes del mercado de capitales tradicional (de cuya interacción surge la tasa de interés privada), sino también a otros actores para los cuales el mercado *tradicional* no refleja la rentabilidad sobre sus inversiones y proyectos ni su tasa de preferencia temporal” (Ortegón, Pacheco y Roura, 2005, p. 147).

Para el caso de Uruguay, en 2011 la Facultad de Ciencias Económicas y de Administración de la Universidad de la República, en convenio con la Oficina de Planeamiento y Presupuesto (OPP) de Presidencia de la República, calculó una tasa social de descuento según la metodología de Harberger (1971) (FCEA-OPP, 2011). Para esto, se tomaron en cuenta tres factores: i) el desplazamiento de la inversión privada mediante la competencia de fondos en el mercado doméstico y sus consecuentes incrementos de la tasa de interés; ii) la postergación del consumo privado corriente al incrementarse su costo de oportunidad en términos de consumo futuro; y iii) el financiamiento externo. De acuerdo con SNIP (2012), la tasa de descuento social calculada es de 5%. Sin embargo, la guía de precios sociales y pautas técnicas para la evaluación socioeconómica del SNIP actualiza la TSD a 7,5% para Uruguay, sin detallar la metodología de cálculo (SNIP, 2014).⁴ Por tratarse de la guía técnica oficial para los proyectos de inversión en Uruguay,

4 El SNIP (2014) actualiza también el precio social de la mano de obra y el precio social de la divisa.

esta última tasa es la que se utiliza en los ejemplos que se muestran en el presente documento.

Recuadro 5. Valor actual neto económico de la construcción de un embalse

En la resolución del ejercicio C de la Práctica 2 (Anexo 1), se determina el flujo de fondos y se calcula el VAN para la evaluación privada. Sobre la base de los costos y beneficios determinados en el Recuadro 3, se plantea a continuación el cálculo del valor actual neto económico a una tasa de descuento social

—determinada por SNIP (2014) para Uruguay— de 7,5%. En la tabla a continuación se presenta, de forma esquemática para todo el período de análisis, el flujo de fondos (FF) sin descontar a precios sociales, los factores de descuento para cada período y el flujo de fondos descontado.

Período	0	1	2	[...]	29	30
FF sin descontar	-5 634	-4 037	-2 998	[...]	4 904	7 721
Factor de descuento*	1	1,075	1,156	[...]	8,144	8,755
FF descontado	-5 634	-3 756	-2 595	[...]	602	882

Factor de descuento = $(1 + TSD)^t$, siendo $t = 0, 1, 2 \dots 30$

A partir de esta información se puede obtener el valor actual neto económico (VANE) como la suma de todos los valores del flujo de fondos descontado. Para este proyecto, desde el punto de vista social y para una tasa social de descuento de 7,5%, el VANE será de 24 232 miles de dólares. Por lo tanto, se puede concluir que llevar adelante el proyecto generará un incremento en el bienestar de la sociedad.

5.2.3. Tasa de descuento para medidas de adaptación al cambio climático

En la sección anterior se definió la tasa de descuento social de acuerdo con dos principios: uno relativo a la preferencia temporal de la sociedad y otro relativo al costo de oportunidad del capital. Ambos principios determinan que los individuos les otorguen más valor a los fondos que están más cercanos en el tiempo. Sin embargo, este criterio puede estar en conflicto con proyectos que afecten en mayor medida el futuro lejano y las generaciones futuras, como pueden ser los proyectos relacionados al cambio climático. Esto es sin desmedro a que estos proyectos también pueden ser planificados para mejorar la adaptación a la variabilidad o a condiciones climáticas actuales o del futuro cercano.

En el ejemplo numérico que se presenta en la Tabla 12 se plantean dos proyectos de largo plazo, evaluados a precios sociales a lo largo de tres períodos diferentes: corto, mediano y largo plazo. Supóngase que el corto plazo corresponde a nuestra adultez, el mediano plazo corresponde a nuestra vejez y la adultez de nuestros hijos, y el largo plazo a la adultez de nuestros nietos. Ambos proyectos compiten por la asignación de los mismos recursos. Sin embargo, existen diferencias en el momento en el que el proyecto reporta sus beneficios netos: el proyecto A tendrá beneficios en el corto y mediano plazo (como puede ser la implementación de un sistema de riego como medida de adaptación), mientras que el proyecto B tendrá impactos sobre el mediano y largo plazo (como puede un proyecto de reforestación). De acuerdo con el criterio de VANE, con una tasa de descuento de 5%, el proyecto A es preferible al B, aunque el proyecto B proporciona mayores beneficios a las generaciones futuras que los que el A proporciona a las generaciones presentes. De esto surgen algunas cuestiones:

- a. ¿Es justo considerar una tasa de descuento constante a través del tiempo, aun para proyectos que implican impactos de muy largo plazo?
- b. ¿Hay evidencia que valide la existencia de una preferencia temporal que sea constante y resulte en un descuento exponencial de los flujos futuros?

Tabla 12. Comparación de flujos de fondo sin descontar de proyectos con duración de largo plazo, en millones de dólares

Período	Proyecto A	Proyecto B
0	10	10
Corto plazo	10	
Medio plazo	10	10
Largo plazo		11
VANE (10% por período)	8,59	8,57

Fuente: Elaboración propia.

Existe una creciente aceptación de la academia y de los gobiernos acerca de que la tasa de descuento social debe ser decreciente a través del tiempo para proyectos cuyos efectos trascienden a la generación actual (Arrow *et al.*, 2014). La cuestión aquí es definir cuándo el horizonte de un proyecto pasa de ser intrageneracional a ser intergeneracional. Según Boardman *et al.* (2011), es razonable tomar como límite un período de 50 años para el cual un proyecto pasa a tener efectos intergeneracionales. Otros autores identifican dicha barrera en un período de 30 años. Por ejemplo, Cline (1999) y Rabl (1996) argumentan que 30 años es el horizonte temporal en el que operan los mercados financieros tradicionales. En este sentido, Cline (1999) recomienda descontar los impactos ocurridos en los primeros 30 años con la tasa resultante del costo de oportunidad del capital, para luego considerar una tasa decreciente en los períodos subsiguientes. Un ejemplo que está en línea con el argumento anterior es el del gobierno británico, que recomienda las siguientes tasas de interés para evaluar los períodos que estén sobre los 30 años (HM Treasury, 2003):

Tabla 13. Tasa de descuento social decreciente usada por el gobierno británico

Período en años	0-30	31-75	76-125	126-200	201-300	+301
Tasa de descuento	3,5%	3,0%	2,5%	2,0%	1,5%	1,0%

Fuente: HM Treasury (2016)

Los argumentos para el uso de una tasa de descuento decreciente a partir de determinado período son varios. Según Boardman *et al.*(2011) existen al menos cuatro argumentos que justifican el uso de tasas decrecientes en el tiempo para proyectos que abarcan varias generaciones:

1. La primera razón es que los individuos tienen preferencias inconsistentes en el tiempo. Existe evidencia empírica que respalda el uso de una tasa de descuento decreciente en el tiempo por los individuos (Correa, 2008). Un interesante ejemplo es un experimento realizado por Cropper, Aydede y Portney (1991), en donde se plantea a un grupo de personas el caso de dos políticas mutuamente excluyentes. Pero, en vez de mostrar los resultados en beneficios materiales, estos se muestran en términos de vidas salvadas. Los resultados de la investigación muestran que solo cerca del 10% de los encuestados favorecen a los programas que salvan menos personas en el futuro que en el presente.
2. La segunda razón está relacionada con la incapacidad que tiene la técnica de descuento para reflejar cambios muy lejanos en el tiempo, ya que, incluso usando una tasa de descuento social pequeña, los daños evitados y beneficios valen cero en el presente. Ejemplos de medidas que enfrentan este problema son los proyectos de reforestación o las medidas de mitigación del cambio climático, la protección de ecosistemas únicos y el almacenamiento de residuos radiactivos (Boardman *et al.*, 2011).
3. La tercera razón radica en el hecho de que el uso de una tasa decreciente en el tiempo brinda mayor ponderación a las generaciones futuras. En este sentido, algunos autores argumentan que los Gobiernos no deberían tener preferencias entre generaciones y, por ende, todas deberían ser ponderadas por igual. Esto implica que la tasa social de descuento debería ser cero en proyectos intergeneracionales.
4. La cuarta y última razón se basa en el hecho de que cuanto más alejados en el tiempo son los impactos, mayor es la incertidumbre respecto a lo que ocurrirá con la tasa de crecimiento de la economía y con las tasas de interés de mercado. Por tanto, para reflejar dicha incertidumbre la tasa de descuento debería ser decreciente en el largo plazo.

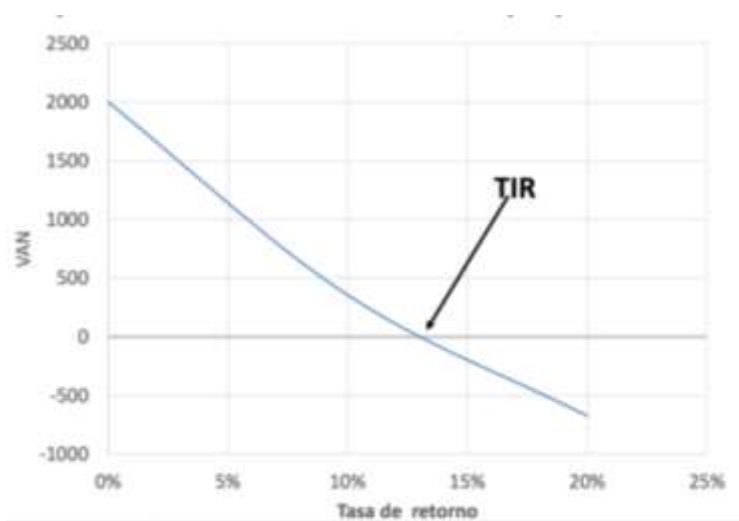
5.3. Medidas resumen alternativas

Además del criterio de VAN existen otros importantes criterios de decisión, complementarios unos de otros. En esta sección se presenta el criterio de la tasa interna de retorno (TIR) y, brevemente, de otras medidas resumen complementarias.

5.3.1. Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno (TIR) es otro de los criterios más empleados en la evaluación económica y financiera de proyectos. Se define como aquella tasa de descuento que hace cero el valor actual neto, tal como se plantea en la Figura 11 (Boardman *et al.*, 2011). O sea, es aquella tasa de descuento para la cual será indiferente llevar a cabo o no el proyecto. El indicador TIR podrá usarse tanto en la evaluación privada como en la evaluación social; en este último caso se la denomina tasa interna de retorno económico (TIRE). De manera similar que para el VAN y el VANE, la diferencia entre la TIR y la TIRE está en que para la primera se tomarán los flujos de fondos desde el punto de vista del inversor, mientras que para la segunda se tomarán en cuenta desde el punto de vista social, es decir, valorados a precios sociales e incluyendo efectos indirectos y externalidades (Ortegón, Pacheco y Roura, 2005). En cualquier caso, se dirá que el proyecto es deseable siempre que la tasa de interés privada o la tasa social de descuento sean menores que la TIR o TIRE, respectivamente.

Figura 11. TIR versus VAN



Fuente: SNIP (2013).

Ecuación 5. Criterio TIR o TIRE

$$-I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} = 0 ; \text{ siendo } i \text{ la TIR o TIRE a calcular}$$

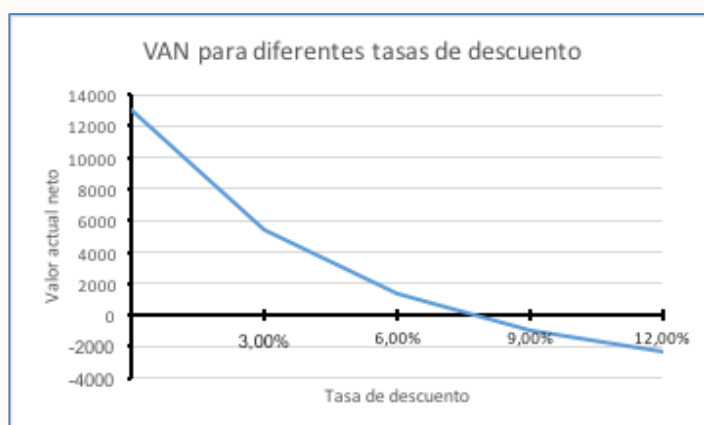
Unas de las principales ventajas de la medida resumen TIR o TIRE es su simplicidad para expresar información sobre la sensibilidad del proyecto ante la tasa de descuento cuando se evalúa un proyecto individual o se comparan dos o más proyectos con perfiles similares e igual período temporal. Sin embargo, cuando las condiciones anteriores no se cumplen, la TIR y TIRE presentan una serie de problemas. Por ejemplo, cuando los beneficios netos cambian de positivo a negativo más de una vez a lo largo del período del proyecto, existirá más de una tasa interna de retorno que haga cero el VAN (Boardman *et al.*, 2011). Un segundo problema puede surgir cuando se comparan proyectos con diferentes períodos de duración, ya que la TIR o la TIRE entran en conflicto con las ratios que se muestran a continuación.

Recuadro 6. TIR y TIRE de la construcción de un embalse

En la resolución de los ejercicios C de las Prácticas 1 y 2 (Anexo 1), se calculan de manera detallada la TIR y la TIRE, respectivamente. En este recuadro se muestra de manera resumida el cálculo de dichas medidas resumen. A partir del ejemplo del Anexo 1 se calculan la TIR para el flujo de fondos planteado en el Recuadro 3 y la TIRE para el flujo de fondos planteado en el Recuadro 4. Estos cálculos de la TIR y la TIRE pueden realizarse fácilmente en una planilla de cálculos usando la fórmula correspondiente, o se pueden calcular manualmente haciendo variar la tasa de descuento hasta que el VAN sea igual a cero. A continuación, se presentan de manera gráfica el VAN y el VANE del proyecto para diferentes tasas de descuento y se indica cuál es el valor de la TIR y la TIRE calculado a partir de la fórmula de Excel.

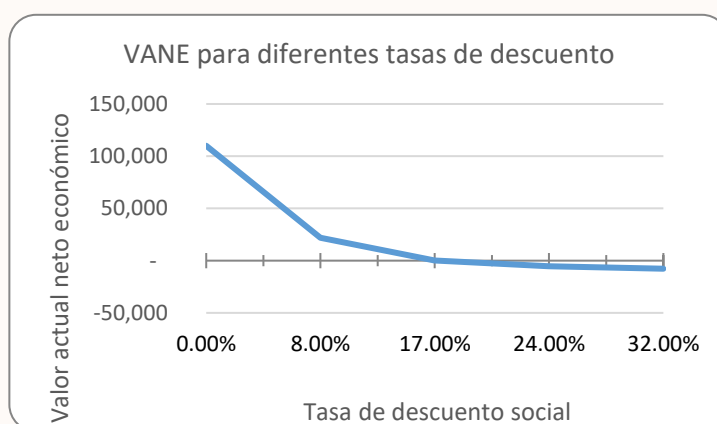
Cálculo de la TIR

	TIR					
Tasa de descuento privada	0,00%	3,00%	6,00%	7,34%	9,00%	12,00%
VAN (miles de USD)	12 796	5 210	1 180	0	-1 117	-2 515



Cálculo de la TIRE

	TIRE					
Tasa de descuento social	0,00%	7,50%	16,00%	16,99%	22,50%	30,00%
VANE (Miles USD)	109 989	24 232	2 635	0	-4 501	-7 298



5.3.2. Otras medidas resumen

A continuación, en la Tabla 14 se presentan otras medidas resumen que pueden usarse como complementarias al VAN(E) y la TIR(E) para obtener más información sobre el proyecto evaluado.

Tabla 14. Medidas resumen complementarias

Características del indicador	Fórmula de cálculo
<p>Valor actual neto promedio económico (VANPE) o valor anual equivalente económico (VAEE)</p> <p>Objetivo: Comparar el valor actual neto económico de diferentes alternativas con el mismo horizonte de evaluación.</p>	$VPNPE = \frac{VANE}{\frac{1 - (1 + i)^n}{i}}$ <p>i = tasa de descuento n = horizonte de evaluación</p> <p>Observación: Debe tenerse especial cuidado con la comparación de VANP para proyectos con diferentes horizontes de evaluación</p>
<p>Beneficio sobre costo o relación beneficio-costeo (RBC)</p> <p>Objetivo: Comparar los ingresos que genera el proyecto con sus costos asociados, expresados ambos en valores del momento cero.</p> <p>Resultado: si el indicador es mayor que 1, el proyecto se considera conveniente individualmente considerado.</p>	$RBC = \frac{\text{Valor actual de beneficios}}{\text{Valor actual de costos}}$ <p>Nota: El valor actual de los costos debe introducirse con signo positivo en la fórmula.</p> <p>Observación: Este indicador no es adecuado para comparar proyectos o seleccionar alternativas; se recomienda usarlo como complemento a otros indicadores.</p>
<p>Tiempo de repago (TR) o período de recuperación de la inversión (PRI)</p> <p>Objetivo: Medir el número de años requeridos para recuperar el capital invertido en el proyecto.</p>	<p>El TR o PRI será el primer período j que cumpla con la siguiente condición:</p> $-I_0 + \sum_{t=1}^j \frac{BN_t}{(1 + i)^t} > 0$ <p>Donde j va tomando los valores 1, 2... hasta encontrar el valor j que hace cambiar el resultado de la desigualdad.</p> <p>Observación: Este indicador solo brinda información sobre el comportamiento de los beneficios netos hasta el período en que se repaga la inversión, por tanto, no debe ser usado independiente de otros indicadores sino como un complemento.</p>

Fuente: Adaptado de SNIP (2014).

6. Valoración económica de cambios en la calidad ambiental⁵

Todo proyecto de inversión genera externalidades que pueden ser positivas o negativas. En análisis de bienestar desde la disciplina económica se entiende una externalidad como un efecto no deseado y no compensado (positivo o negativo) que las decisiones de un individuo o unidad de producción causan sobre otros agentes de la economía.

Un ejemplo de una externalidad negativa es la generación de contaminación de recursos hídricos como consecuencia del incorrecto manejo de los efluentes de riego agrícola. Esta contaminación del agua como consecuencia del proyecto de inversión puede causar deterioro en la salud, pérdida de biodiversidad, incremento en los costos de purificación del agua para consumo humano o deterioro ambiental que no permita el uso del recurso hídrico para actividades recreativas. Un ejemplo de externalidad positiva sería la disminución en el riesgo de sufrir ataques de pestes y malezas como consecuencia de que los productores agrícolas vecinos empleen técnicas de manejo integrado. Si bien el concepto de externalidad trasciende por mucho el de la dimensión ambiental, es en esta donde se generan los mayores desafíos para su cuantificación, debido a la no existencia de mercados para muchos de los cambios en el bienestar que se generan como consecuencia de cambios en la calidad del ambiente y en la cantidad de servicios ecosistémicos. A continuación, se presentan los principales enfoques para la estimación de cambios en el bienestar como consecuencia de cambios en la calidad ambiental.

6.1. Valoración económica antropocéntrica

Dado el rol crucial de los ecosistemas y los servicios que estos proveen, existe un amplio consenso respecto a que estos son *valiosos* y que este valor ha de ser considerado por los tomadores de decisiones (Daily, 1997). Dicho esto, es necesario resaltar que reconocer que los ecosistemas poseen un valor no es lo mismo que afirmar que sea deseable o incluso posible capturarlo a través de un

5 El presente capítulo está basado en Carriquiry y Piaggio (2014).

ejercicio de valoración económica. Este último concepto refiere a la cuantificación del valor (en una cierta métrica acordada, no necesariamente monetaria).

Existen quienes opinan que los bienes y servicios ambientales no deberían estar en el campo del análisis económico. En esta línea, argumentan que la necesidad de proteger el ambiente es algo tan obvio y fundamental que no puede ser analizado o capturado en términos económicos (Sagoff, 1998). Sin embargo, la valoración económica presenta su utilidad en ciertas ocasiones. Pagiola y Bishop (2004) resumen en la Tabla 15 los diferentes enfoques para los cuales puede ser útil llevar adelante un ejercicio de valoración económica desde la perspectiva de los servicios ecosistémicos.

Tabla 15. Enfoques para el análisis de la valoración económica de los servicios ecosistémicos

Enfoque		¿Para qué es útil?
I	Determinar el valor total del flujo corriente de beneficios de un ecosistema	Para entender la contribución que el ecosistema realiza a la sociedad
II	Determinar el beneficio neto de una intervención que altera las condiciones de un ecosistema	Para evaluar cuando una intervención vale la pena (desde la perspectiva económica)
III	Analizar cómo se distribuyen los costos y beneficios de un ecosistema (o intervención)	Para identificar ganadores y perdedores (por razones prácticas y de equidad)
IV	Identificar potenciales fuentes de financiamiento para la conservación	Para contribuir a que la conservación sea sostenible financieramente

Fuente: Pagiola y Bishop (2004).

Las aproximaciones a la valoración económica son antropocéntricas por naturaleza. Esto implica que los elementos de la naturaleza se consideran valiosos siempre que sirvan a los seres humanos de una forma u otra (Goulder y Kennedy, 1997). Un tipo particular del enfoque de valoración económica antropocéntrica es la visión utilitarista, que asume los componentes de la utilidad son potencialmente sustituibles. Es decir que una fuente de bienestar puede ser reemplazada por otra fuente de bienestar.

La posibilidad de intercambiar un bien o servicio por otro, así como la tasa a la que los individuos estarían dispuestos a hacerlo (disposición marginal a

pagar) refleja sus preferencias. Las preferencias individuales pueden agregarse de forma tal de obtener el valor social.⁶

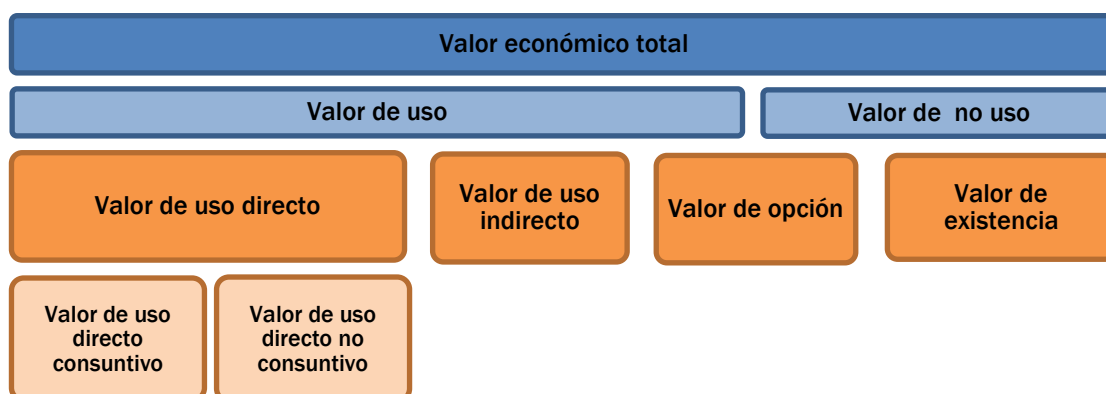
Es necesario resaltar que las preferencias individuales (y por lo tanto las sociales que surgen de su agregación) están influidas por diversos factores que pueden variar en el tiempo (por ejemplo, culturales o de información). Por lo tanto, el valor que se obtiene a través de ejercicios de valoración es específico a un momento determinado en el tiempo y a un contexto. En este sentido, es esperable que cuando los ingresos cambien, las preferencias y los resultados de la valoración también lo hagan. Esto tiene fuertes implicancias respecto a los supuestos que se han de asumir para poder utilizar las estimaciones de los diferentes estudios a través de diferentes técnicas en el ACB, ya que este implica valorar los efectos del proyecto de inversión evaluado en cambios en la calidad del ambiente, tanto hoy como en el futuro.

6.2. El valor de los servicios ecosistémicos

Los cambios en la calidad ambiental y en la cantidad de bienes y servicios ecosistémicos puede afectar diferentes dimensiones del bienestar. Para ilustrar este concepto, es útil recurrir a la definición de valor económico total (VET) introducido por Pearce y Watford (1993). El VET, a pesar de no incluir todas las fuentes posibles de valor, es mucho más amplio que el de valor comercial o financiero. Este marco se basa en la premisa de que los ecosistemas pueden tener valores múltiples para los individuos. En su forma más simple, distingue entre valores de uso y de no uso, como muestra la Figura 10.

6 Cabe aclarar que desde la literatura económica y de la filosofía ecológica no existe consenso respecto a cómo se han de agregar las preferencias individuales para alcanzar la función de bienestar social, e incluso algunos autores argumentan que no es ético ni posible reflejar el bienestar de la sociedad a través de una función de bienestar social. Para poder llevar adelante ejercicios de valoración económica del bienestar que los servicios ecosistémicos brindan a la población, hemos de tomar como válidos los supuestos antes mencionados.

Figura 11. Componentes del valor económico total de los servicios ecosistémicos



Fuente: Elaboración propia basada en Pearce y Watford (1993) y Daily *et al.* (2011).

El *valor de uso* deriva de servicios provistos por el ecosistema. Estos pueden ser de uso directo (implican una interacción) o indirecto. A su vez, los primeros pueden clasificarse como consuntivos (incluyen extracción del ecosistema: cultivos, carne) o no consuntivos (incluyen servicios sin extracción: transporte, recreación, etc.). Los servicios de uso indirecto son aquellos provistos sin una interacción directa con los humanos. Ejemplos de ello son el control de plagas, la polinización, la prevención de inundaciones.

El *valor de no uso* incluye el valor de existencia (como el valor filantrópico, que genera satisfacción saber que se mantiene, de herencia para otra generación; o de altruismo, dentro de la generación y para la biodiversidad). Por último, el valor de opción refiere a la posibilidad (u opción) de no usar el servicio ahora y de preservar el recurso para su uso en el futuro. En otras palabras, sería posible reservar el uso del recurso en una etapa posterior en que se vuelva más necesario. Tanto los beneficios relacionados al valor de uso como al de no uso pueden tener una dimensión vinculada al valor de opción. Por ejemplo, una persona puede obtener beneficio de respaldar actividades de conservación porque en el futuro obtendrá un bienestar de saber que esa área se encuentra conservada (valor de opción asociado al no uso), como el caso de ciudadanos uruguayos que realicen donaciones para la conservación de las islas Galápagos por entender que en el futuro ese lugar santuario para diversas especies será clave para sostener la vida humana en el planeta. Esto representa un tipo de valor de opción asociado al valor de no uso. Sin embargo, una persona puede estar interesada en respaldar actividades de conservación en las islas Galápagos porque tiene planeado ir a

visitar el lugar en el futuro. Este último es un tipo de valor de opción asociado al valor de uso.

6.3. Métodos de valoración

El objetivo de la valoración económica de los servicios ecosistémicos es estimar la disposición a pagar o a aceptar una compensación por los cambios en el bienestar como consecuencia de cambios en la calidad ambiental o de la cantidad de bienes y servicios ecosistémicos. Cuando existen mercados en los que los bienes y servicios son transados, y estos se comportan de manera perfecta, el libre mercado brinda buena información de los costos y beneficios que esos bienes y servicios transados representan para los individuos. Sin embargo, los servicios ecosistémicos están sujetos a diversas fallas de mercado (derechos de propiedad no claramente definidos y externalidades) que hacen que no emerjan mercados para algunos de estos bienes y servicios o, en el mejor de los casos, que esos mercados sean imperfectos y realicen asignaciones ineficientes de los recursos. Perman *et al.* (2003) presentan un claro desarrollo de la relación entre fallas de mercado y la asignación eficiente de recursos para el caso de la calidad ambiental y los bienes y servicios ecosistémicos.

La existencia de estas fallas de mercado implica que, más allá de la no deseabilidad de algunas asignaciones, que se puedan considerar desde el punto de vista normativo, estas resultarían ineficientes en el sentido económico. En otras palabras, aún sería posible mejorar el bienestar de algunos miembros de la sociedad sin que ello implique pérdidas de bienestar para otros miembros.

Dadas la multiplicidad de posibles valores, la falta de mercados (o falla de estos) u otros observables desde los cuales obtener precios, los economistas han destinado grandes esfuerzos a buscar alternativas para cuantificar el valor económico que los individuos asignan a diferentes servicios ecosistémicos y cambios en la calidad del ambiente. En la Tabla 16 se presenta un resumen de las técnicas usualmente empleadas con este fin y la aplicabilidad de estas.

Tabla 16. Técnicas usualmente empleadas para aproximarse a la valoración económica de servicios ecosistémicos y de cambios en la calidad ambiental

Metodología	Enfoque	Aplicación
Preferencias reveladas		
Función de producción (o cambio en productividad)	Mira el impacto de cambios en los servicios ecosistémicos sobre los bienes producidos	Cualquier impacto que afecte la producción de bienes
Costo de enfermedad (capital humano)	Mira el impacto de cambios en los servicios ecosistémicos sobre la morbilidad y mortalidad	Impactos que afecten la salud humana
Costo de reemplazo	Emplea el costo de reemplazar el servicios ecosistémico afectado	Cualquier cambio de servicio ecosistémico
Costo de viaje	Estima la curva de demanda a partir de información del costo de viaje	Servicios ecosistémicos de recreación (por ejemplo, visitas a parques nacionales)
Precios hedónicos	Extraer el efecto de factores ambientales en el precio de bienes que incluyen esos factores	Bienes cuyo precio está afectado por la calidad del aire, el paisaje, los beneficios culturales (por ejemplo, sector inmobiliario)
Preferencias declaradas		
Valoración contingente (CV)	Estima directamente el cambio en el ingreso de los individuos necesario para compensar (o evitar) un cambio en la calidad o precio de un servicio ecosistémico específico	Cualquier servicio ecosistémico
Modelos de elección	Pregunta por la opción preferida entre un grupo de alternativas con atributos particulares	Cualquier servicio ecosistémico
Otros métodos		
Transferencia de beneficios	Extrapolando resultados de un contexto a un otro diferente	Cualquier estudio para el cual exista una comparación razonable

Fuente: Pagiola y Bishop (2004).

En general, las técnicas de valoración de bienes de no mercado se clasifican en dos grandes grupos. Las técnicas de preferencias reveladas, o métodos indirectos, buscan desagregar el cambio en el bienestar como consecuencia de cambios en la calidad ambiental o la cantidad de servicios ecosistémicos sobre el valor de bienes o servicios que sí se transan en los mercados. Por ejemplo, se podría aproximar al cambio en el bienestar de la población como consecuencia de cambios en la productividad de la tierra a través del estudio de la relación entre

cambios en el índice de productividad y el precio de transacciones de la tierra. Por otro lado, los métodos de preferencias declaradas, o directos, estiman los cambios en el bienestar a partir de preguntar directamente a los individuos su disposición a pagar por una mejora ambiental (o a aceptar una compensación por un perjuicio). Mientras que las técnicas de preferencias reveladas permiten estimar el cambio en el bienestar solamente relacionado al valor de uso de los servicios ecosistémicos, a través de las técnicas de preferencias declaradas es posible aproximarse al valor de no uso. Sin embargo, las segundas han sido objeto de múltiples críticas respecto a los sesgos que pueden llegar a presentar.

6.3.1. Limitaciones de la valoración de bienes de no mercado

Las técnicas de valoración presentan varias limitaciones y supuestos que el analista debe tomar en cuenta para trabajos empíricos. Siguiendo el razonamiento de Daily *et al.* (2000) se pueden destacar:

En el caso de los métodos de valoración directos, las preferencias individuales dependen del contexto institucional y de los conocimientos que tenga el individuo del ambiente sobre el que se le está preguntando. Es sabido que las preferencias individuales y el valor asignado a diferentes servicios ecosistémicos pueden ser influenciados por diversos factores, entre los que se incluyen aspectos culturales y de información. Por ejemplo, la disposición a intercambiar bienes y servicios está vinculada con la disponibilidad de estos en determinado contexto, y puede depender del ingreso de los individuos. En este sentido, si el ingreso cambia con el tiempo, también puede esperarse que cambien las medidas económicas de valor.

Con respecto a la práctica de agregar las preferencias de los individuos para aproximarse al valor social, se debe poner atención a los ponderadores que se asignan a los diferentes miembros de la sociedad para realizar esta estimación. La estimación de valores marginales es más precisa cuando los cambios en la calidad ambiental son pequeños y es posible asumir que los impactos de los cambios se mantienen dentro del ecosistema analizado. Este supuesto es difícil de justificar cuando se trata de servicios en ecosistemas interdependientes. Las modificaciones pequeñas, en principio, generarían menores impactos de derrame en otros ecosistemas (o en otros servicios dentro del mismo ecosistema), lo que derivaría en una estimación más precisa del valor. En ambientes o situaciones en que este supuesto es difícil de sostener, habrá más incertidumbre asociada a un determinado ejercicio de valoración.

En situaciones en que las intervenciones o cambios se extienden a lo largo del tiempo, esta dimensión debe ser tomada en cuenta para la valoración de los servicios ecosistémicos. En este caso, es necesario sopesar costos y beneficios actuales y futuros, para lo que es necesario definir una tasa de descuento apropiada.

En definitiva, los ecosistemas proveen una serie de bienes y servicios que proporcionan bienestar, los cuales se intentan valorar en términos económicos con diferentes fines y a través de numerosas técnicas. Mientras que todos estos métodos tienen sus limitaciones, e incluso hay quienes cuestionan la necesidad o validez de los valores obtenidos a través de ellos, la valoración económica aporta elementos útiles respecto a la eficiencia en el uso de los servicios ecosistémicos y es relevante para el proceso de toma de decisiones. Para que este instrumento sirva para informar a los tomadores de decisiones, es necesario dejar en claro las limitaciones de las técnicas de valoración económica en cada caso. A su vez, esta aproximación ha de ser usada como un insumo más en la toma de decisiones, siendo un complemento a otra información y criterios disponibles al tomador de decisiones. Por otro lado, siguiendo el razonamiento de Daily *et al.* (2000), negar la relevancia de la valoración económica de los servicios ecosistémicos alentaría a tratarlos como *gratuitos* y su explotación no representara costos.

6.4. Ejemplos de aplicación de las diferentes técnicas de valoración de bienes de no mercado

6.4.1. Función de producción

Las condiciones ambientales pueden afectar la producción de diversos bienes a través de diferentes formas, en la cantidad de bienes producidos o en la calidad de estos. Así, es posible considerar al ambiente como un insumo para las empresas. Por ejemplo, la producción de un cierto cultivo es función de las prácticas agrícolas, el clima y la calidad del suelo, esta condicionada por la erosión. La captura de la actividad pesquera es función del esfuerzo de quien realiza la actividad, su tecnología, el *stock* de peces disponibles, el que, a su vez, es función de la calidad del ambiente. Bockstael y McConnell (2007) y Vincent (2011) presentan un detallado desarrollo teórico que dan soporte a estos modelos.

Los modelos de valoración de bienes de no mercado a través de la función de producción han recibido un gran empuje en los últimos años gracias a la

disponibilidad de nueva información satelital, tanto sobre aspectos de uso del suelo como de calidad del ambiente, así como climática, muy detalladas, que han permitido empalmarse con la información de las empresas y así entender el rol del ambiente como insumo para la producción. Una reciente aplicación de estos modelos es desarrollada en Vincent (2016), y estudia el rol de los bosques como proveedores del servicio de purificación de agua potable disminuyendo los costos de purificación de esta en las plantas de tratamiento. El impacto de la calidad ambiental en los costos de producción puede entenderse como el problema dual respecto a la producción, en que las empresas que buscan maximizar su beneficio buscan, análogamente, minimizar sus costos.

Los autores analizan cómo determinados cambios en la cobertura de bosque cuenca arriba de cada una de las 41 plantas de tratamiento de agua para consumo humano en el estado de Perak, Malasia, afectan los costos de tratamiento del agua. Un incremento de 1% en la cobertura boscosa de las cuencas disminuye 0,48% los costos de tratamiento. Esto representa el 7% del valor agregado del sector *abastecimiento de agua* y 5% del valor agregado del sector *forestación y aserradero* en el estado de Perak. Hay que tener en cuenta que esta es una medida conservadora, ya que analiza solamente la relación entre la cobertura boscosa y los costos corrientes de potabilización del agua, sin considerar posibles beneficios en la infraestructura, que disminuyan su depreciación.

6.4.2. Costo de viaje

El método de costo de viaje es utilizado para estimar la demanda para recreación y el valor por usos recreacionales del ambiente, tales como actividades de pesca, visita a playas, caza, etc. En esencia, busca estimar el valor de estos usos recreacionales a partir del gasto que los individuos realizan para visitar un lugar. Eso permite aproximar a una medida del excedente del consumidor marshalliano. Parsons (2017) presenta una detallada guía que permite una primera aproximación a la aplicación de este método.

Por lo general, estos estudios son realizados a partir de la recolección de información de los visitantes que concurren a cierto lugar con fines recreativos. Dalrymple y Hanley (2005) analizan el valor para uso recreativo en el lago Lomond, Escocia. En la actualidad, el lago es utilizado con diferentes fines, desde actividades recreativas motorizadas como *jet ski*, o como sitio para pesca, el que se ve perjudicado por las actividades motorizadas. Para el análisis realizan encuestas en diferentes puntos del lago, en las que se pregunta el número de visitas en los últimos 12 meses, así como la distancia recorrida para llegar.

Concluyen que cada viaje brinda un incremento en el bienestar equivalente a 20,53 libras esterlinas.

Si bien el método de costo de viaje presenta una forma intuitiva de valorar los servicios recreacionales provistos por el ambiente, presenta una gran cantidad de observaciones que han de ser tratadas con cuidado a la hora de desarrollar el análisis. Por ejemplo, si los visitantes realizan un viaje durante el cual visitan más de un lugar, se ha de tener cuidado en cuanto a la proporción del costo de viaje que se asigna a cada lugar visitado. Existe otro debate respecto a cómo incorporar en el análisis el tiempo de viaje y qué tipos de gastos suntuarios. Parsons (2017) brinda detalles de todos estos elementos.

Por último, este método ha sido utilizado no solo para estimar la demanda recreacional, sino también las preferencias de los individuos por visitar un lugar u otro. El análisis se lleva adelante de forma similar, con la recopilación de información respecto a número de visitas, costo y tiempo para cada uno de los lugares, y se modela a través de un modelo de elección.

6.4.3. Precios hedónicos

El método de precios hedónicos fue propuesto por Ridker y Henning (1967) para estimar el impacto en el bienestar de los individuos a consecuencia de cambios en atributos específicos que se reflejan en el precio, en el mercado de la vivienda. Rosen (1974) sugirió estimar el impacto en dos etapas: i. estimar funciones de precios hedónicos para un vector de atributos urbanos, y ii. estimar funciones de demanda para calcular los cambios en el bienestar. Mientras que la estimación de la primera etapa requiere solamente información del precio de transacción de las viviendas, características de estas y el atributo ambiental a valorar (por ejemplo, calidad del aire, ruido de una carretera o aeropuerto, etc.), la segunda etapa requiere también características socioeconómicas de los hogares para recuperar los parámetros de la función de utilidad. En general, los trabajos de precios hedónicos estiman solo la primera etapa, debido al gran requerimiento de información para estimar la segunda etapa. Sin embargo, esta limitante se ve cada vez más superada gracias a la disponibilidad de nuevas bases de datos (Taylor, 2017). El cambio neto en el bienestar puede medirse directamente a partir de la primera etapa si no existen costos de transacción asociados al cambiarse de una vivienda a otra. Este supuesto casi nunca se cumple.

Una reciente aplicación del modelo de precios hedónicos es implementada por Muehlenbachs, Spiller y Timmins (2015) para estimar el impacto de cambios en la calidad del agua como consecuencia de la construcción de pozos para la

extracción de gas de esquisto en el estado de Pennsylvania, Estados Unidos. Estos autores utilizan una estrategia de identificación de triple diferencia, en que controlan los valores de transacción antes y después de la aparición de un pozo, la distancia a este y si la vivienda depende de agua subterránea o está conectada a cañería (las técnicas de extracción del gas de esquisto en esta zona podrían contaminar las napas subterráneas y así afectar más a aquellas viviendas que dependen de este recurso para el consumo). Los autores encuentran que el valor de las viviendas con dependencia de agua subterránea baja cuanto más cerca se encuentran de la extracción, al tiempo que el valor de las viviendas conectadas a cañería aumenta (debido a los alquileres).

Una interesante aplicación de este modelo en Uruguay fue desarrollada por Segovia (2011), quien encuentra una relación inversa entre la erosión del suelo y los precios de transacción de los inmuebles rurales. El estudio combina información de transacciones inmobiliarias y biofísica.

Esta técnica ha ganado mucha validez en los últimos tiempos, gracias al surgimiento de nuevas bases de datos y a la capacidad de vincular la información de transacciones de las viviendas con información biofísica útil para aproximarse a los atributos ambientales. Taylor (2017) brinda una detallada guía de cómo llevar adelante un estudio de este tipo. Un minucioso desarrollo del marco teórico se encuentra en Bockstael y McConnell (2007).

6.4.4. Valoración contingente

El método de valoración contingente pertenece al grupo de métodos de preferencias declaradas. Es decir, se pregunta al entrevistado directamente por su disposición a pagar contingentemente a una mejora en la calidad ambiental de un servicio ecosistémico que afecta su bienestar. De esta manera, la respuesta está sujeta a un escenario hipotético que es planteado por el entrevistador. Carson y Hanemann (2005) presentan un detallado desarrollo teórico y aspectos prácticos de este método, y su relación con el análisis de bienestar.

Si bien el método de valoración contingente tiene larga data, se produjo un incremento muy grande en la producción de este tipo de estudios a partir de caso de *Exxon Valdez*, el buque petrolero de la compañía Exxon que colisionó con el arrecife Bligh en el estrecho del Príncipe William en el año 1989. La magnitud de este evento estalló en un desacuerdo entre la empresa y los gestores de los recursos respecto a la compensación que la empresa debía de pagar por la pérdida en el bienestar de la población y dio lugar a una explosión de estudios, encargados por ambas partes, para determinar dicha compensación. Más allá del valor a

pagar por la compensación, surgió el acuerdo respecto a que esta debía basarse en la pérdida real que representaba para la sociedad, definida mediante la medición de los daños por perjuicios a los recursos, en función de la compensación que los individuos en la sociedad requirieran para restablecer su bienestar (Bockstael y McConnell, 2007). Esto tiene, implícitamente, el reconocimiento del valor de no uso.

Uno de los estudios más reconocidos que informó este proceso fue el desarrollado por Carson y Hanemann (2005). Fue dirigido a la población de habla inglesa de los Estados Unidos (de modo de no tener que incurrir en costos de traducción), y se les consultaba su disposición a pagar a través de un impuesto que se cobraría una sola vez, para implementar un programa de barcos escolta que acompañaran a los grandes buques y los ayudaran a desviar el camino en caso de que se atravesara algo contra lo que pudieran colisionar, al tiempo que podrían también ayudar a contener el derrame, minimizando su impacto en el ambiente. El estudio arrojó como resultado que cada individuo estaba dispuesto a pagar en promedio 97 dólares y su mediana era de 30,3 dólares. Esto multiplicado por la población de Estados Unidos en 1990 representaba un total de entre 24 y 7,5 billones de dólares. La compañía finalmente fue condenada a pagar un total de 5 billones de dólares, cifra que apeló durante 20 años. Finalmente, en 2008, hizo un pago de 507,5 millones de dólares, que se utilizaron para pagar compensaciones a los damnificados.⁷

El método de valoración contingente ha sido muy cuestionado por su extrema sensibilidad a diversos sesgos que se pueden presentar según la forma en que se realicen las preguntas. La Administración Nacional de Océanos y la Atmósfera (NOAA) de Estados Unidos encargó a dos grandes economistas, Kenneth Arrow y Robert Solow, la conformación de un panel para validar la utilidad de este método para informar procesos de litigios. Este dio lugar al Informe NOAA (Arrow *et al.*, 1993). Una interesante crítica a las guías del panel de la NOAA fue presentada por un panel de expertos en 1996 (Carson *et al.*, 1996). Boyle (2017) presenta una pauta detallada para la aplicación de estas guías.

7 <<https://www.seattletimes.com/seattle-news/exxon-valdez-victims-finally-getting-payout>>.

6.4.5. Experimentos de elección

Los experimentos de elección son otra técnica dentro del grupo de preferencias declaradas. A diferencia del método de valoración contingente, que permite estimar la disposición a pagar por una mejora en la calidad ambiental o por una intervención a través de un programa o política, el método de experimentos de elección permite desagregar las preferencias de los individuos según diferentes atributos de ese programa. Por ejemplo, si un programa de conservación analiza enfocarse en restaurar áreas verdes densas o, alternativamente, en restaurar áreas más enfocadas a la recreación, los experimentos de elección le permitirán examinar cuáles son las preferencias respecto a cada tipo de intervención.

El fundamento detrás de estos modelos son los modelos de maximización de utilidad aleatoria desarrollados por Lancaster (1966), McFadden, Train y Tye (1977). Estos indican que un individuo prefiere una elección a otra si esta le brinda mayor utilidad. Los experimentos de elección presentan al entrevistado un menú de opciones con diferentes niveles para cada uno de los atributos que conforman el programa; por ejemplo, distintas extensiones del área dedicada a conservación o a recreación. En general, uno de los atributos planteados se encuentra definido en dinero. De esta manera, es posible estimar la máxima disposición a pagar por cada uno de los atributos y un precio implícito para cada uno.

Surgieron como una evolución más sofisticada respecto al método de valoración contingente, a partir de la adaptación de técnicas de estudios de mercado, en que se analizaban las preferencias de los clientes por diferentes tipos de productos, como tamaño y marca de coches, o etiquetas y envases de refrescos. Las primeras aplicaciones en valoración de bienes de no mercado se remontan a mediados de la década de 1990 (Adamowicz, Louviere y Williams, 1994; Adamowicz *et al.*, 1998; Hanley, Wright y Adamowicz, 1998).

El diseño de este instrumento está sujeto a los mismos sesgos que el método anterior. Holmes y Adamowicz (2017) brindan una detallada guía de cómo llevar adelante este tipo de análisis. Louviere, Swait y Hensher (2000) presentan un preciso desarrollo de los fundamentos teóricos. Train (2009) aborda una revisión exhaustiva de los métodos más avanzados para estimación de modelos de elección.

7. Riesgo e Incertidumbre

Los términos *riesgo* e *incertidumbre* suelen usarse como análogos, aunque en realidad son conceptos distintos. El riesgo refiere a situaciones inciertas en las que se pueden establecer de forma clara los posibles resultados de una acción (por ejemplo, el lanzamiento de una moneda hacia arriba) y puede asignarse una probabilidad de ocurrencia a estos resultados (Knight, 1921). La incertidumbre, en cambio, refiere a situaciones en las que no es posible asignar probabilidades objetivas a distintos resultados, debido a que el conocimiento del fenómeno en cuestión es limitado (Knight, 1921). En este sentido, en términos de la evaluación económica de medidas de adaptación al cambio climático, se pueden identificar dos fuentes de incertidumbre: una relativa al cambio climático y sus efectos, y otra relativa al resto de las variables que afectan el flujo de fondos del proyecto que no están directamente relacionadas al cambio climático.

Con respecto a la incertidumbre relacionada con el cambio climático, esta se traduce en dos clases distintas: la incertidumbre inherente al fenómeno del cambio climático y la causada por la falta de información acerca de sus efectos. Con respecto a la primera clase, la efectividad de las medidas de adaptación al cambio climático en el sector agropecuario se encuentra sujeta a la ocurrencia de eventos climáticos extremos y de cambios de más lento desarrollo (en el largo plazo). En este sentido, la incertidumbre se encuentra relacionada con la evolución de los flujos económicos a incorporar, así como también al momento en el cual ocurran estos eventos. Respecto a la segunda clase de incertidumbre, si bien existe un consenso sobre la existencia del cambio climático y sus efectos sobre las tendencias de algunas variables climáticas (precipitaciones, temperaturas mínimas y máximas) y la ocurrencia de eventos extremos, hay menos acuerdo sobre la magnitud de esos efectos, sobre todo a nivel local y regional (World Bank, 2010). Para lidiar con estas limitaciones, el ACB se deberá basar en supuestos sobre cambios y tendencias en las variables climáticas y económicas, así como también sobre el comportamiento de estas a través de distribuciones de probabilidad que permitan considerar la incertidumbre como un proceso estocástico conocido.

Este capítulo se divide en dos partes: en la primera, se describen las técnicas habituales usadas en el ACB para el tratamiento del riesgo y la incertidumbre; en la segunda, se describe cómo considerar la incertidumbre asociada al cambio climático en la evaluación de medidas de adaptación y cómo utilizar las técnicas descritas en la primera parte.

7.1. Técnicas para incorporar el riesgo y la incertidumbre

En esta sección se presentan cuatro técnicas para la incorporación del riesgo y la incertidumbre en el ACB: el valor esperado de las variables, el análisis de sensibilidad, el análisis de escenarios y el análisis Montecarlo.

7.1.1. Valor esperado de las variables

Una forma de considerar los riesgos dentro del flujo de fondos es a través del uso de los valores esperados de los costos y beneficios en los períodos en los que estos ocurren. El valor esperado toma en cuenta la dependencia de costos y beneficios en la ocurrencia de contingencias específicas o estados de la naturaleza a las que los analistas puedan asignar una probabilidad. El cálculo del valor esperado se define como la sumatoria de la probabilidad de ocurrencia del estado de la naturaleza en cuestión multiplicado por el valor que pueda tomar la variable analizada ante dicho estado de la naturaleza (HM Treasury, 2003), tal como se detalla en la Ecuación 5, donde el valor esperado $E(X)$ se calcula como la suma de los n posibles valores que puede tomar la variable discreta X , multiplicados por la probabilidad de ocurrencia de cada posible valor P .

Ecuación 5. Valor esperado de las variables

$$E(X) = \sum_{i=1}^n (X_i * P_i)$$

En caso de querer analizar múltiples riesgos independientes sobre una variable, una herramienta útil son los árboles de decisión. Estos permiten visualizar gráficamente los estados de la naturaleza posibles asociados a una determinada variable y calcular fácilmente el valor esperado de esta. El ejemplo presentado en la Figura 11 plantea un árbol de decisión en el que los ingresos por hectárea de una unidad productiva (variable analizada) varían en función del rendimiento del cultivo y el precio (variables aleatorias), que pueden tomar distintos valores con cierta probabilidad de ocurrencia. En este caso, las variables aleatorias que representan un riesgo se suponen independientes; es decir, se supone que el rendimiento y el precio son independientes. Sin embargo, el mismo esquema puede ser utilizado para riesgos que no son independientes, para lo cual se debe introducir la correlación existente entre las variables para los cálculos de probabilidad.

Figura 12. Ejemplo de árbol de decisión

Riesgo 1 (Rendimiento)	Riesgo 2 (Precio)	Probabilidad	Ingreso por hectárea
Ingresos por ha (\$) 2,5 ton/ha con 0,8 de probabilidad 3 ton/ha con 0,2 de probabilidad	300 USD/ton con 0,6 de probabilidad	$0,8 \times 0,6 = 0,48$	$2,5 \times 300 = 750 \text{ USD/ha}$
	200 USD/ton con 0,4 de probabilidad	$0,8 \times 0,4 = 0,32$	$2,5 \times 200 = 500 \text{ USD/ha}$
	300 USD/ton con 0,6 de probabilidad	$0,2 \times 0,6 = 0,12$	$3 \times 300 = 900 \text{ USD/ha}$
	200 USD/ton con 0,4 de probabilidad	$0,2 \times 0,4 = 0,08$	$3 \times 200 = 600 \text{ USD/ha}$
Valor esperado total = $(0,48 \times 750) + (0,32 \times 500) + (0,12 \times 900) + (0,08 \times 600) = 676 \text{ USD/ha}$			

Fuente: Elaboración propia.

7.1.2. Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad consiste en la evaluación del impacto de las posibles variaciones de las variables de análisis sobre un resultado, por ejemplo, el valor esperado del VAN. Permite analizar la vulnerabilidad que tienen las diferentes opciones evaluadas ante la incertidumbre del futuro, así como también identificar las variables cuyo componente de incertidumbre puede afectar en mayor medida la rentabilidad de los proyectos evaluados (SNIP, 2013). Es importante tener en cuenta durante este análisis que, al modificar variables en forma individual, se pueden estar modificando posibles correlaciones existentes entre variables, y es necesario ser especialmente cuidadosos en la interpretación de resultados en dichas situaciones. La forma de cálculo consiste en aumentar o disminuir los valores de las variables de interés, de manera independiente (una por vez), en un porcentaje fijo (por ejemplo, 10%) y calcular el VAN para cada variable con esta variación, para luego calcular el cambio porcentual en el VAN respecto a su valor de base. Esto se puede observar en la Ecuación 6, donde X es la variable de interés y VAN base es el valor actual neto que toma los valores esperados de todas las variables.

Ecuación 6. Sensibilidad del VAN respecto a la variable X

$$\Delta\%VAN = \frac{VAN(\pm 10\% \text{ de } X) - VAN \text{ base}}{VAN \text{ base}}$$

Cuando el objetivo del análisis es determinar la vulnerabilidad de los proyectos ante las diferentes variables, el análisis de sensibilidad indicará cuánto debe caer o aumentar el valor de estas para hacer que el proyecto no sea rentable (HM Treasury, 2003). Esto se puede realizar alternando los los valores de las variables de interés hasta el punto en que el VAN sea cero o negativo. En cambio, cuando el objetivo es analizar los componentes de incertidumbre, el análisis de sensibilidad servirá para identificar las variables que tienen más impacto sobre el VAN, lo cual será de utilidad a la hora de realizar el análisis de escenarios o el análisis Montecarlo. Para ello, será de utilidad el cálculo de elasticidad de las variables según la Ecuación 7 (a partir de los resultados obtenidos en la Ecuación 6), lo que permite expresar la sensibilidad de todas las variables en una unidad común (Mideplan, 2012). El valor de la elasticidad indicará cuánto varía en porcentaje el VAN ante cambios en una unidad porcentual de la variable en cuestión.

Ecuación 7. Elasticidad del VAN respecto a la variable X

$$Elasticidad_{VAN,X} = \frac{\Delta\%VAN}{\pm 10\%}$$

Recuadro 7. Cálculo de elasticidades

En la resolución de los ejercicios A y B del Práctico 3 (Anexo 1), se muestra paso a paso el cálculo de la sensibilidad y la elasticidad del VANE respecto a las distintas variables de interés. A continuación, se resumen los resultados obtenidos de las elasticidades para tres variables de interés: el rendimiento incremental de soja por riego (Rend. soja riego), el rendimiento incremental de maíz por riego (Rend. maíz riego) y el costo por electricidad e imprevistos (Costos EI). Este último ya fue detallado anteriormente como uno de los costos de operación y mantenimiento, mientras que los rendimientos incrementales definen las variables de venta adicional de los cultivos y se calculan como la diferencia entre el rendimiento esperado sin riego y el rendimiento esperado con riego.

Variable (X)	VANE Base	VANE (+10% de X)	% de variación	Elasticidad (valor absoluto)
Rend. maíz riego	24 232	27 062	11,7%	1,17
Rend. soja riego	24 232	26 129	7,8%	0,78
Costos EI	24 232	24 105	-0,5%	0,05

Del cuadro anterior, surge que el VANE es más sensible a variaciones en el rendimiento incremental del maíz que a variaciones en las otras variables consideradas. Se espera que el VANE varíe en 1,17% ante cambios de 1% en el rendimiento incremental del maíz.

7.1.3. Análisis de escenarios

A diferencia del análisis de sensibilidad, el análisis de escenarios consiste en evaluar cómo varía el VAN (o el criterio de decisión analizado) ante diferentes valores factibles de más de una variable de interés, en forma individual o simultánea. Los escenarios a evaluar serán definidos para considerar incertidumbres técnicas, económicas o políticas, para los cuales se deberán suponer los valores que podrán tomar las diferentes variables y calcular el VAN de acuerdo a esos insumos (HM Treasury, 2003). Puede ser útil también realizar un análisis de sensibilidad considerando a su vez diferentes escenarios futuros

(HM Treasury, 2003). Ejemplos prácticos de análisis de escenarios se encuentran en la resolución de la parte C de la Práctica 3 (Anexo 1).

7.1.4. Análisis Montecarlo

El análisis Montecarlo es una técnica de modelización de riesgos a partir de variables con incertidumbre, que permite obtener como resultado un rango de valores presentes netos con sus respectivas probabilidades de ocurrencia (HM Treasury, 2003; SNIP, 2013). El análisis consiste en asociar distribuciones de probabilidad a las diferentes variables que interesa testear, simular (por ejemplo, 10 000 veces para cada una, con el apoyo de una computadora) los posibles valores que estas puedan tomar, y calcular el VAN para cada una de las simulaciones (HM Treasury, 2003). Esto permitirá estimar rangos de valores entre los cuales se encontrará el VAN y la probabilidad de que el VAN caiga en cada uno de esos rangos. Por ejemplo, es de gran utilidad estimar con qué probabilidad el VAN será mayor (o menor) que cero, ya que ello indicaría la probabilidad de que el proyecto sea rentable (o no).

7.1.4.1. Distribución de probabilidad de las variables

El mayor desafío del análisis Montecarlo es determinar la distribución de probabilidad de los diferentes componentes de costos y beneficios. Algunos costos o beneficios que son conocidos con antelación (por ejemplo, el valor de la inversión) serán tomados como determinísticos, pero la mayoría de los parámetros de interés tendrán algún grado de incertidumbre. En este punto, puede ser útil tomar en cuenta las variables que en el análisis de sensibilidad hayan sido identificadas con mayor impacto en los resultados, es decir, aquellas cuya elasticidad del VAN es mayor.

Para determinar las distribuciones probabilísticas de las variables, usualmente se recomiendan dos opciones:

- *Determinar la distribución a partir de datos históricos.* Es posible obtener distribuciones de probabilidad (paramétricas o no paramétricas) para variables de interés en función del comportamiento observado en el pasado. Por ejemplo, examinando los precios de los cereales en el último año se puede suponer que se comportará de igual manera en el período del proyecto. Esta forma de determinar las distribuciones asume que la variable se comportará en el futuro como ya lo ha hecho en el pasado.
- *Determinar la distribución a partir de recomendaciones de informantes calificados.* En caso de no existir información histórica

o de que esta sea imperfecta, la distribución de probabilidad puede definirse tomando supuestos de la literatura en el tema o a partir de opiniones de informantes calificados sobre el comportamiento de la variable en cuestión.

Otro punto a tomar en cuenta en el análisis Montecarlo es la correlación entre las variables. Por ejemplo, para el caso analizado de la construcción de un embalse, se puede establecer que existe una correlación positiva entre el rendimiento del maíz y el rendimiento de la soja ya que, como ambos se cultivan en la misma área y se encuentran en la misma estación de crecimiento, serán afectados de manera similar por las condiciones climáticas. Por simplicidad, en forma frecuente los analistas asumen que las variables de interés se comportan de forma independiente (la correlación es cero). Esto hace que se consideren todas las posibles alternativas, incluso las más irreales. Por ejemplo, que el rendimiento simulado del maíz en un período para determinada simulación sea el máximo posible y que, para la misma simulación y el mismo período, la soja presente el rendimiento mínimo. Asimismo, y en caso de que el supuesto de independencia no sea correcto, se estará caracterizando de manera errónea (subestimando o sobreestimando) la variabilidad del resultado de interés, como puede ser el VAN.

En el caso del ACB, existen tres tipos de correlaciones posibles: entre dos o más variables para un mismo período, a través del tiempo para una sola variable y a través del tiempo para dos o más variables. Al igual que la distribución probabilística de las variables, la correlación entre variables puede obtenerse a partir de análisis estadísticos o tomando en cuenta sugerencias de informantes calificados o asumiendo ciertos supuestos de la literatura específica del tema. Los equipos informáticos actuales y las técnicas desarrolladas permiten incorporar al análisis estas variantes de correlaciones entre las variables.

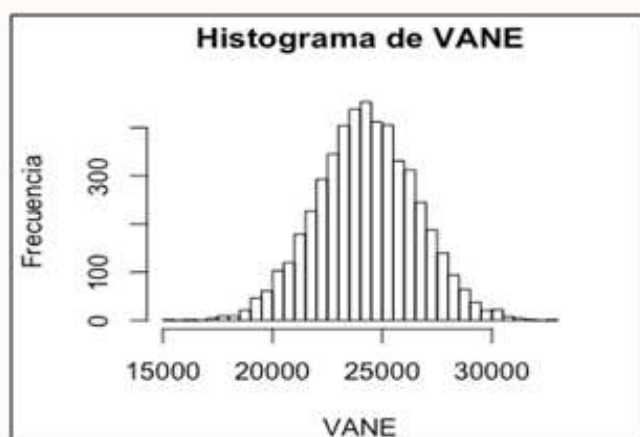
Recuadro 8. Análisis Montecarlo

Sobre la base del análisis de sensibilidad presentado en el Recuadro 10, en la Práctica 4 (Anexo 1) se plantea realizar un análisis Montecarlo del VANE, tomando como variables estocásticas el rendimiento de la soja sin riego y el rendimiento del maíz sin riego. Para simplificar el ejercicio, se supone que el rendimiento de ambos cultivos con riego se mantiene constante en todo el período de análisis e igual al valor esperado. En la misma línea, se asume que el rendimiento de ambos cultivos es independiente, lo cual, como se explica en el Anexo 1, es un supuesto conservador. Se supone que el comportamiento del rendimiento de los cultivos sin riego corresponde a una distribución normal, con los siguientes parámetros:

Parámetro	Rend. Soja	Rend. Maíz
Media (ton/ha)	2,159	5,096
Desvío estándar	0,442	1,371

Para la información brindada anteriormente, se realizan 5 000 simulaciones del VANE del proyecto usando el paquete estadístico R. En el Anexo 1 se muestra información detallada sobre los pasos realizados en R para el análisis Montecarlo. A continuación, se muestra el histograma de las 5 000 simulaciones e información de los cuartiles de los valores simulados, además del mínimo y máximo obtenidos:

Cuartil	0%	25%	50%	75%	100%
VANE (miles de USD)	15 088	22 771	24 237	25 813	32 601



El mínimo valor del VANE simulado fue 15,1 millones de dólares, y el máximo, 32,6 millones de dólares. A partir de cálculos adicionales, se puede concluir además que, con un 90% de probabilidad, el VANE del proyecto se encontrará entre 20,5 y 28 millones de dólares.

7.2. Riesgo e incertidumbre en medidas de adaptación al cambio climático

Como se mencionó en el Capítulo 1, los efectos del cambio climático para el sector agropecuario se pueden clasificar en dos categorías. Por un lado, se encuentran los efectos graduales como consecuencia de cambios en las tendencias de las variables climáticas y, por otro lado, se encuentran los *shocks* relacionados a la ocurrencia de eventos climáticos extremos. A partir de eso, y tal como se indicó en la sección 4.1, interesa aquí evaluar cómo se modifican los efectos del cambio climático sobre la actividad agropecuaria en cuestión, a partir de la implementación de la medida de adaptación considerada. La sección se divide en dos partes. En la primera se describe cómo incorporar en el análisis los cambios en las tendencias de las variables climáticas con un ejemplo simple, y en la segunda parte se define el concepto de eventos climáticos extremos y se ilustra una posible forma de tenerlos en cuenta a través del análisis Montecarlo.

7.2.1. Incorporación de cambios en las tendencias de variables climáticas

Con respecto a los efectos graduales del cambio climático, la dificultad está en contar con información fiable sobre los impactos graduales en la actividad agropecuaria en cuestión o en la definición de supuestos creíbles. Una vez obtenida dicha información, podrá ser incorporada de manera directa sobre el flujo de fondos. En el Recuadro 9 se plantea un ejemplo ficticio de un cambio en las precipitaciones esperadas y su efecto sobre la demanda de riego.

Recuadro 9. Incorporación de efectos tendenciales

En la Práctica 5 del Anexo 1 se plantean ejercicios para incorporar de manera estocástica cambios en la tendencia de las variables a través del tiempo. Esto es muy útil a la hora de analizar los efectos del cambio climático en los proyectos de inversión, dada la naturaleza incierta de este fenómeno. Por ejemplo, supóngase que las proyecciones sobre cambio climático indican que las precipitaciones anuales aumentarán en un 5% a partir del período 15 del proyecto evaluado (cuyo horizonte temporal es de 30 años). Si la demanda esperada de agua para riego se define como la diferencia entre el requerimiento de agua del cultivo durante su ciclo y las precipitaciones en ese período, entonces un aumento en las precipitaciones esperadas tendrá un efecto negativo directo sobre la demanda esperada de agua para riego. De esa manera, terminará impactando en el flujo de fondos privado y en la rentabilidad del proyecto desde el punto de vista privado.

$$E(\text{Demanda de agua para riego}_t) = E(\text{Requerimiento del cultivo}_t) - E(\text{Precipitaciones}_t)$$

Para el caso del Anexo 1 se definió la demanda de agua para riego de maíz en 540 mm/ha. Supóngase ahora que la precipitación esperada en la región bajo estudio para el ciclo de cultivo es de 300 mm/ha y que a partir del período 15 aumenta en un 5%. Con base en esta información se puede establecer que las precipitaciones y la demanda anual de agua para riego de maíz evolucionarán según la tabla siguiente:

Período	[...]	14	15	16	17	18	[...]	26	27	28	29	30
Precipitaciones p/ ciclo maíz (mm/ha)	[...]	300	300	315	315	315	[...]	315	315	315	315	315
Demanda de agua p/ riego maíz (mm/ha)	[...]	540	540	525	525	525	[...]	525	525	525	525	525
Venta de agua p/ riego maíz	[...]	324	324	315	315	315	[...]	315	315	315	315	315

En este ejemplo ficticio y esquemático se ve claramente cómo los cambios en las tendencias de las variables climáticas pueden afectar el flujo de fondos evaluado. El ejemplo presenta un cambio puntual en el nivel, aunque este podría tomar cualquier otra forma.

7.2.2. Incorporación de eventos climáticos extremos

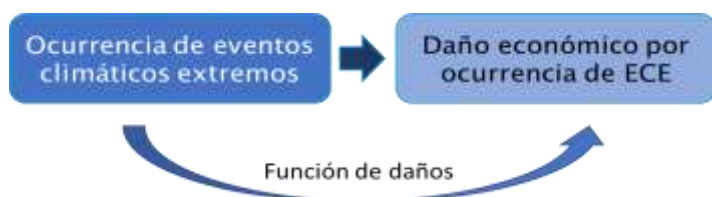
En relación con la incorporación de los eventos climáticos extremos (ECE) como *shocks* en el análisis, la dificultad es mayor a la que se presenta cuando se consideran los cambios en las tendencias de variables climáticas, ya que no solo contiene un factor de incertidumbre respecto a su efecto sobre la evolución de los flujos económicos, sino también respecto a la ocurrencia de estos eventos en el futuro. Esta parte se concentrará en mostrar cómo definir los eventos climáticos extremos y cómo incorporarlos al flujo de fondos analizado.

Para la actividad agropecuaria, los eventos climáticos extremos se definen como cambios inusuales, severos o fuera de estación de los patrones de las variables meteorológicas que, a su vez, pueden causar costos para la sociedad (Leeds y Adas, 2013). Esta definición incluye situaciones de déficit hídrico severo, sequías, olas de calor, inundaciones, tormentas, entre otras. Sin embargo, la ocurrencia de estos eventos es difícil de prever por los modelos climáticos.

El primer desafío entonces será identificar los eventos climáticos extremos que tengan capacidad de afectar el flujo de fondos incrementales de la medida de adaptación evaluada como proyecto. Para ello se recomienda realizar una revisión de la ocurrencia de eventos en el área de influencia en el pasado, seleccionar aquellos cuyo impacto pueda potencialmente ser evitado total o parcialmente por la medida de adaptación, y documentar los daños físicos y económicos causados según la información histórica existente (Leeds y Adas, 2013). En este punto se debe tener en cuenta que un evento extremo que es negativo para una actividad agropecuaria (o económica en general) puede no afectar a otra actividad. En este sentido, los eventos extremos relevantes deberán ser planteados y definidos específicamente para cada proyecto en particular, según las actividades agropecuarias y el área de estudio involucradas.

Una vez identificados los eventos relevantes para la medida de adaptación evaluada, se deberá construir una función dosis-respuesta o función de daños, que vincule la ocurrencia de eventos extremos y su severidad con la pérdida de bienestar económico de los afectados. Esto podrá realizarse en dos fases, como se muestra en la Figura 12. En la primera fase se modela la probabilidad de ocurrencia de eventos climáticos extremos, y en la segunda fase se cuantifica el impacto en términos físicos y económicos de la ocurrencia de estos eventos. Una vez obtenida esta información, el siguiente paso será incorporar la incertidumbre en la evaluación económica, a partir del análisis Montecarlo detallado en la siguiente sección.

Figura 13. Función dosis-respuesta



Fuente: Elaboración propia.

7.2.2.1. Ocurrencia de eventos climáticos extremos

Partiendo de la base de que los eventos climáticos extremos de interés ya han sido identificados, el objetivo de esta fase es definir los eventos extremos a partir de escenarios de variables climáticas observables. Por ejemplo, establecer que una situación de déficit hídrico para el cultivo X ocurrirá cuando las precipitaciones acumuladas del mes Y sean menores que Z. Para esto existen dos dificultades: decidir qué variables se deben tomar en cuenta para la definición de cierto evento climático extremo y definir la cota a partir de la cual se dispara el evento. En este caso se recomienda basarse, conjuntamente, en la información documentada anteriormente al definir los eventos extremos y en la opinión de informantes calificados sobre la actividad en cuestión en el área de influencia. Nótese que también pueden considerarse otras variables más complejas, resultados de la interacción de varias variables climáticas y situaciones particulares (por ejemplo, balances hídricos). Asimismo, pueden considerarse períodos más prolongados a un mes; por ejemplo, una estación de crecimiento de un cultivo puede configurar la situación relevante.

7.2.2.2. Función de daño

Una vez definida la ocurrencia de eventos climáticos extremos, se deberá determinar la función de daños económicos asociados a la ocurrencia de estos eventos. Al igual que la definición de la ocurrencia de eventos extremos, también podrá haber desacuerdo en los daños económicos generados como impacto de estos. Parte de esta información podrá extraerse de la revisión inicial de la ocurrencia histórica de eventos extremos. Sin embargo, se recomienda complementarla con la opinión de informantes calificados en la materia o entrevistas semiestructuradas a los afectados por eventos extremos en el pasado. Leeds y Adas (2013) recomiendan realizar un proceso iterativo en donde se simulen los resultados de la evaluación de la medida de adaptación con las distintas opiniones de informantes calificados sobre la ocurrencia y los daños

generados por los eventos extremos. Luego, amerita discutir si los resultados son realistas o si se deben redefinir los parámetros del modelo.

Cabe notar que los eventos extremos que tienen impacto sobre la producción agropecuaria exportable del Uruguay no tendrán impacto sobre los precios de los bienes, en el supuesto de que los volúmenes producidos en el país no modifican de manera significativa los precios internacionales y que no se cambia la posición exportadora del país. Sin embargo, para el caso de la producción agropecuaria destinada al consumo interno, como la producción de hortalizas, la ocurrencia de un evento extremo podría generar no solo un impacto físico en la producción, sino que también podría alterar el precio de los bienes. Por ejemplo, una inundación de un área hortícola puede reducir la oferta de estos productos a nivel nacional y generar un alza en los precios. Por lo tanto, además de los daños físicos, deberá estimarse el impacto en los precios de los bienes afectados si se desata un evento climático extremo determinado.

Recuadro 10. Ejemplo de función de daño

Como ya se mencionó, los eventos climáticos extremos pueden afectar al proyecto de inversión de manera incierta a lo largo del tiempo. Además, debido al concepto de descuento de fondos expuesto en el Capítulo 4, para el proyecto no significa lo mismo que el evento climático extremo ocurra en el primer período o en el último período. En este sentido, el análisis Montecarlo se presenta como una herramienta muy útil para medir y evaluar el impacto de todas las posibilidades de ocurrencia de eventos climáticos extremos a lo largo de la vida útil del proyecto. Sin embargo, la validez del análisis siempre dependerá de la calidad de la información disponible acerca de la ocurrencia de estos eventos y de su impacto.

A continuación, se presenta un resumen del ejercicio B de la Práctica 5 (Anexo 1), en el cual se evalúa un caso ficticio de ocurrencia de un evento climático extremo relevante para la producción. El ejercicio plantea la construcción de una función de daño y posteriormente la realización de un análisis Montecarlo sobre la evaluación económica del proyecto.

El evento que interesa evaluar es la sequía, ya que sus impactos podrían ser mitigados por la implementación de sistemas de riego. A continuación, se presenta una posible función de daño que vincula la variable climática precipitaciones acumuladas en diciembre, enero y febrero (DEF) con el rendimiento esperado del maíz sin riego.

	Evento extremo	Simulaciones a partir de DSSAT					
Precipitaciones DEF acumuladas (mm)	0-100	100-150	150-250	250-300	300-350	350-400	400 o más
Rendimiento esperado (ton/ha)	0	2,858	3,443	4,343	4,658	4,883	5,018

7.2.2.3. Incorporación de eventos climáticos extremos al análisis

La incorporación de los efectos de los eventos climáticos extremos se realiza mediante el análisis Montecarlo. En las secciones anteriores se indicó cómo definir los eventos climáticos extremos a partir de escenarios para determinadas variables climáticas y se mostró cómo estimar el daño económico causado por la ocurrencia de estos. Partiendo de esto, la forma de incorporarlo al análisis será simulando la ocurrencia de el o los eventos extremos identificados como relevantes a lo largo del período de análisis, determinar los costos asociados a la ocurrencia de cada evento extremo para los períodos en que ocurra, y calcular el VAN en conjunto con la simulación de los parámetros del flujo de fondos que se desea analizar.

Esto puede ser expresado en siete pasos, de la siguiente manera:

1. Determinar, para el horizonte temporal, las distribuciones de probabilidad (a través del tiempo) de las variables climáticas que definen los eventos extremos.
2. Simular los valores de las variables climáticas determinadas en el paso 1 para todo el horizonte temporal.
3. Identificar los períodos en los cuales ocurrirían los eventos climáticos extremos según el valor que toman las variables climáticas durante el horizonte temporal, como se muestra en el punto 7.2.1.1.
4. Estimar el daño causado por los eventos extremos a través de la función de daño determinada en el punto 7.2.1.2.
5. Simular los valores de los costos y beneficios (no relacionados a eventos extremos) que se desean examinar en el análisis Montecarlo.
6. Calcular el VAN del proyecto, tomando en cuenta los costos generados por los eventos climáticos extremos.
7. Volver a iterar el proceso la cantidad de veces que se considere apropiada para el análisis.

El paso 1 podrá depender de diferentes escenarios de cambio climático. Cuando esto sea así, será conveniente combinar el análisis de escenarios con el análisis Montecarlo. Es decir, realizar un análisis Montecarlo para cada escenario de cambio climático, expresado en las variables climáticas. A su vez, si se asignan probabilidades a cada uno de los escenarios climáticos, estos pueden ser incorporados directamente al análisis Montecarlo. Una aplicación práctica paso a paso se encuentra en la resolución de la parte C de la Práctica 5 en el Anexo 1.

Referencias

- ADAMOWICZ, W., *et al.* 1998. "Stated Preference Approaches for Measuring Passive Use Values: Choice Experiments and Contingent Valuation", *American Journal of Agricultural Economics* 80(1): 64-75.
- ADAMOWICZ, W., LOUVIERE, J., y WILLIAMS, M. 1994. "Combining Revealed and Stated Preference Methods for Valuing Environmental Amenities", *Journal of Environmental Economics and Management* 26(3): 271-292. doi: <https://doi.org/10.1006/jeem.1994.1017>.
- ARROW, K., *et al.* 1993. Report of the NOAA panel on Contingent Valuation, Federal Register.
- ARROW, K.J., *et al.* 2014. « Should governments use a declining discount rate in project analysis?», *Review of Environmental Economics and Policy* 8(2): 145-163. doi: 10.1093/reep/reu008.
- BOARDMAN, A.E., *et al.* 2011. *Cost Benefit Analysis: Concepts and Practice*. 4.^a ed. Boston: Pearson.
- BOCKSTAEL, N.E., y MCCONNELL, K.E. 2007. "Environmental and resource valuation with revealed preferences: a theoretical guide to empirical models", *The Economics of Non-Market Goods & Resources* 7: 56-99. doi: 10.1007/s10640-008-9240-x.
- BOYLE, K.J. 2017. "Contingent Valuation in Practice". En *A Primer on Nonmarket Valuation*, editado por CHAMP, P.A., BOYLE, K.J., y BROWN, T.C., 111-169. 2.^a ed. Springer Netherlands.
- CÁCERES, R. 2014. "Instalación de sistema de riego tecnificado Cochapamba". Perfil de proyecto. www.slideshare.net.
- CARRIQUIRY, M., y BAETHGEN, W. s.f. "Seasonal Climate Forecasts and Agricultural Risk Management: Implications for Insurance Design". Inédito.
- CARRIQUIRY, M., y PIAGGIO, M. 2014. "Valoración económica de servicios ecosistémicos: Algunas consideraciones básicas". En *II Foro sobre Servicios Ecosistémicos en Uruguay presentations*, organizado por IICA, septiembre.
- CARSON, R.T., *et al.* 1996. Was the NOAA Panel Correct About Contingent Valuation?
- CARSON, R.T., y HANEMANN, W.M. 2005. "Chapter 17 Contingent Valuation", *Handbook of Environmental Economics*. Elsevier 2: 821-936. doi: 10.1016/S1574-0099(05)02017-6.

- CLINE, W. 1999. "Discounting for the Very Long Term". En *Discounting and Intergenerational Equity. First*, editado por PORTNEY, P.R., y WEYANT, J., 131-141. Washington: Resources for the Future.
- CORREA, F. (2008). "Tasa de descuento ambiental Gamma: una aplicación para Colombia", *Lecturas de Economía* 69 (julio-diciembre): 141-162.
- CROPPER, M.L., AYDEDE, S.K., y PORTNEY, P.R. 1991. "Discounting Human Lives", *American Journal of Agricultural Economics* 73(5): 1410-1415. doi: 10.2307/1242393.
- DAILY, G.C. 1997. *Nature's Services: Societal dependence on natural ecosystems*. doi: 10.1017/S1367943098221123.
- DAILY, G.C., et al. 2000. "The Value of Nature and the Nature of Value", *Science* 289 (julio): 395-396.
- DAILY, G.C., et al. 2011. "Mainstreaming natural capital into decisions", Natural capital: theory and practice of mapping ecosystem services". En *Natural Capital: Theory and Practice of Mapping Ecosystem Services*, editado por KAREIVA, P., TALLIS, H., RICKETTS, T.H., DAILY, G.C., y POLASKY, S., 3-14. Nueva York: Oxford University Press. doi: 10.1093/acprof:oso/9780199588992.001.0001.
- DALRYMPLE, G., y HANLEY, N. 2005. Using economic valuation to guide the management of outdoor recreation resources. *Tourism* 53: 105-114.
- DE BRUIN, K., DELLINK, R., y AGRAWALA, S. 2009. *Economic Aspects of Adaptation to Climate Change. Integrated Assessment Modelling of Adaptation Costs and Benefits*. OECD Environment Working Papers, n.º 6. París: OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/225282538105>.
- FAO. 2016. *El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Cambio climático, agricultura y seguridad alimentaria*. (disponible en www.fao.org/3/a-i6030s.pdf). Acceso: 28 de mayo de 2018.
- FCEYA-OPP. 2011. Convenio OPP-FCEYA (Udelar). *Fortalecimiento del Sistema Nacional de Inversión Pública. Componente: Precios de cuenta. Subcomponente: Tasa Social de Descuento. Docente Responsable: Gabriel Oddone*, http://eva.fcea.edu.uy/pluginfile.php/95645/mod_folder/content/o/UY%20Precios%20de%20Cuenta/FCEA-OPP-2012-TSDescuento.pdf?forcedownload=1. Acceso: 28 de mayo de 2018.
- GALARZA, E., et al. 2011. *Costos y beneficios de la adaptación al cambio climático en América Latina*, Lima: GIZ.

- GOULDER, L.H., y KENNEDY, D. 1997. "Valuing Ecosystem Services: Philosophical Bases and Empirical Methods". En *Nature's Services: Societal Dependence On Natural Ecosystems*, editado por Daily, G.C., pp. 23-47.
- HANLEY, N., WRIGHT, R.E., y ADAMOWICZ, V.I.C. 1998. "Using Choice Experiments to Value the Environment", *Environmental and Resource Economics* 11(3-4): 413-428.
- HARBERGER, A. C. 1971. "Three basic postulates for applied welfare economics: an interpretive essay", *Journal of Economic literature* 9(3): 785-797. doi: 10.2307/2720975.
- HARRISON, M. 2010. "Valuing the Future: the social discount rate in cost-benefit analysis The Productivity Commission" (disponible en: <http://www.pc.gov.au/research/supporting/cost-benefit-discount/cost-benefit-discount.pdf>). Acceso: 28 de mayo de 2018.
- HM TREASURY. 2003. *The Green Book. Appraisal and Evaluation in Central Government*. Londres: TSO. (disponible en www.fao.org/ag/humannutrition/33236-040551a7cfbcoe73909932192db580c4.pdf). Acceso: 20 de agosto de 2018.
- HOLMES, T.P., y ADAMOWICZ, W.L. 2003. "Attribute-Based Methods". En *A Primer on Nonmarket Valuation*, editado por CHAMP, P.A., BOYLE, K.J., y BROWN, T.C., 171-219. 1.^a ed. Dordrecht: Kluwer.
- IGNACIUK, A. 2015. "Adapting Agriculture to Climate Change: a Role for Public Policies", *OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers* 85. doi: 10.1787/18156797.
- IPCC. 2015. "Annex: Glossary". En *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 117-130. doi: 10.1017/CBO9781107415324.
- KNIGHT, F. 1921. "Risk, Uncertainty and Profit". En *Climate Change 2013 - The Physical Science Basis XXXI*, 1-30. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- LANCASTER, K.J. 1966. "A New Approach to Consumer Theory", *Journal of Political Economy* 74(2): 132-157. doi: 10.1086/259131.
- LOUVIERE, J.J., SWAIT, J.D., y HENSHER, D.A. 2000. *Stated choice methods: analysis and application*. Cambridge. Cambridge University Press.
- MCFADDEN, D., TRAIN, K.E., y TYE, W.B. 1977. "An application of diagnostic tests for the independence from irrelevant alternatives property of the multinomial logit model", *Transportation Research Record* 637: 39-46.

- MGAP-FAO. 2013. *Clima de cambios: nuevos desafíos de adaptación en Uruguay*. Montevideo.
- MIDEPLAN. 2012. *Guía metodológica para la identificación, formulación y evaluación de proyectos de infraestructura en pequeñas áreas de riego en Costa Rica*. San José.
- MUEHLENBACHS, L., SPILLER, E., y TIMMINS, C. 2015. "The Housing Market Impacts of Shale Gas Development", *The American Economic Review* 105(12): 3633-3659. doi: 10.3386/w19796.
- NICHOLSON, W., y SNYDER, C. 2008. *Microeconomic theory: basic principles and extensions*. 9.^a ed., México, D.F.: Cengage.
- ORTEGÓN, E., PACHECO, J.F., y ROURA, H. 2005. *Metodología general de identificación, preparación y evaluación de proyectos de inversión pública*. Serie Manuales, 39. Santiago de Chile: ILPES.
- PAGIOLA, S., von Ritter, K., y BISHOP, J. 2004. *Assessing the Economic Value of Ecosystem Conservation*. Environment Department Papers. Environmental Economics; n.º 101. Washington, DC: World Bank. (disponible en <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/18391>).
- PARSONS, G.R. 2017. "Travel Cost Model". En *A Primer for Nonmarket Valuation*, editado por CHAMP, P.A., BOYLE, K.J., y BROWN, T.C., 187-233. 2.^a ed. Dordrecht: Springer Netherlands.
- PEARCE, D., y WATFORD, J.J. 1993. *World Without End*. Nueva York: Oxford University Press.
- PEARCE, D., ATKINSON, G., y MOURATO, S. 2006. *Cost-Benefit Analysis and the Environment: Recent Developments*. OECD.
- PERMAN, R., et al. 2003. *Natural Resource and Environmental Economics*. 3.^a ed. Harlow: Pearson.
- RABL, A. 1996. "Discounting of long-term costs: What would future generations prefer us to do?", *Ecological Economics*, 17(3): 137-45. doi: 10.1016/S0921-8009(96)80002-4.
- RIDKER, R.G., y HENNING, J.A. 1967. "The Determinants of Residential Property Values with Special Reference to Air Pollution", *The Review of Economics and Statistics*. The MIT Press, 49(2): 246-57. doi: 10.2307/1928231.
- ROSAS, F., ACKERMANN, M., y BUONOMO, M. 2014. "Modelo de análisis para la evaluación privada de proyectos de inversión en riego: Una aplicación estratégica a embalses en la cuenca hidrográfica del río San Salvador, Soriano". En *Riego en Cultivos y Pasturas. Tercer Seminario Internacional. Paysandú, Uruguay*, editado por

- GIMÉNEZ, L., et al. Montevideo: INIA. (disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4496/1/Riego-en-cultivos-y-pasturas-2014.pdf>). Acceso: 28 de mayo de 2018.
- ROSEN, S. 1974. "Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition", *Journal of Political Economy* 82(1): 34-55 (disponible en http://www.jstor.org/stable/1830899?seq=1#page_scan_tab_contents). Acceso: 20 de noviembre de 2015.
- SAGOFF, M. 1998. "Aggregation and deliberation in valuing environmental public goods: A look beyond contingent pricing", *Ecological Economics*, 24(2-3): 213-30. doi: 10.1016/S0921-8009(97)00144-4.
- SEGOVIA, O. 2011. *El precio implícito de la erosión en Uruguay. Método de precios hedónicos y sistema de información geográfico*. Universidad de la República (Uruguay).
- SNIP. 2012. *Metodologías sectoriales de proyectos: Infraestructura vial*, pp. 1-42.
- SNIP. 2013. *Metodología general de formulación y evaluación económica de proyectos de inversión pública*.
- SNIP. 2014. *Guía para la formulación y evaluación de proyectos de inversión*.
- TAYLOR, L.O. 2017. "The hedonic method". En *A primer on nonmarket valuation*, editado por CHAMP, P.A., BOYLE, K.J., y BROWN, T.C., 331-93, 2.^a ed. Springer Netherlands.
- TRAIN, K.E. 2009. *Discrete choice methods with simulation*. Nueva York: Cambridge University Press. doi: 10.1016/S0898-1221(04)90100-9.
- UNIVERSITY OF LEEDS, y ADAS. 2013. *Climate Change and Extreme Weather Events; Establishing a Methodology for Estimating Economic Impacts on Agriculture*. Londres.
- VINCENT, J.R. et al. 2016. "Valuing Water Purification by Forests: An Analysis of Malaysian Panel Data", *Environmental and Resource Economics*, mayo, vol. 64, n.º 1, pp. 59-80. Doi: 10.1007/s10640-015-9934-9.
- VINCENT, J.R. 2011. "Valuing the Environment as a Production Input". En *Environmental Valuation in South Asia*, editado por HAQUE, A.K.E., MURTY, M.N., y SHYAMSUNDAR, P., 36-78. Cambridge: Cambridge University Press. doi: DOI: 10.1017/CBO9780511843938.004.
- WORLD BANK. 2010. *Economic Evaluation of Climate Change Adaptation Projects: Approaches for the Agricultural Sector and Beyond* (disponible en

<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/27752>). Acceso: 28 de mayo de 2018.

Anexo 1. Resolución de prácticas

En el presente anexo se presenta y analiza desde la óptica de ACB el caso de un proyecto de construcción de un embalse de medio porte para riego de cultivos de secano en la cuenca del río San Salvador en Soriano, Uruguay. El proyecto se concibe como una medida de adaptación al cambio climático, ya que se prevé que el uso de riego sobre esa región mejore los rendimientos esperados de los cultivos, disminuya su variabilidad y reduzca o elimine los impactos negativos de fenómenos de sequía que eventualmente afectan a la zona. Se espera que el embalse sea operado por un tercero (que podrá ser privado o público) que será el que provea de agua para riego a los productores de la zona.

El anexo está dividido en tres partes. En la primera parte se describe el caso de estudio y se plantean sus características técnicas y financieras. En la segunda parte se exponen los ejercicios prácticos presentados durante el dictado del curso sobre análisis costo beneficio aplicado a medidas de adaptación al cambio climático realizado entre los días 2 y 6 de octubre de 2017, en el marco del proyecto de elaboración del Plan Nacional de Adaptación al cambio y la variabilidad climática para el sector agropecuario en Uruguay. En la tercera y última parte se plantea paso a paso la resolución de los ejercicios prácticos presentados en la segunda parte.

A.1. Caso de estudio

El siguiente ejemplo está basado en el trabajo de evaluación privada de la implementación de embalses estratégicos en la cuenca hidrográfica del río San Salvador en Soriano, realizado por Rosas, Ackermann y Buonomo (2014). Con fines didácticos para esta guía y para el curso sobre análisis costo beneficio aplicado a medidas de adaptación al cambio climático, el proyecto ha sido acondicionado para ser presentarlo como medida de adaptación al cambio climático y poder evaluarlo desde un punto de vista social. Adicionalmente, con el fin simplificar la exposición de las técnicas de análisis y conceptos para medidas de adaptación al cambio climático, los costos y beneficios del proyecto originales fueron modificados, aunque se mantiene la estructura básica y los principales supuestos usados en el informe de referencia.

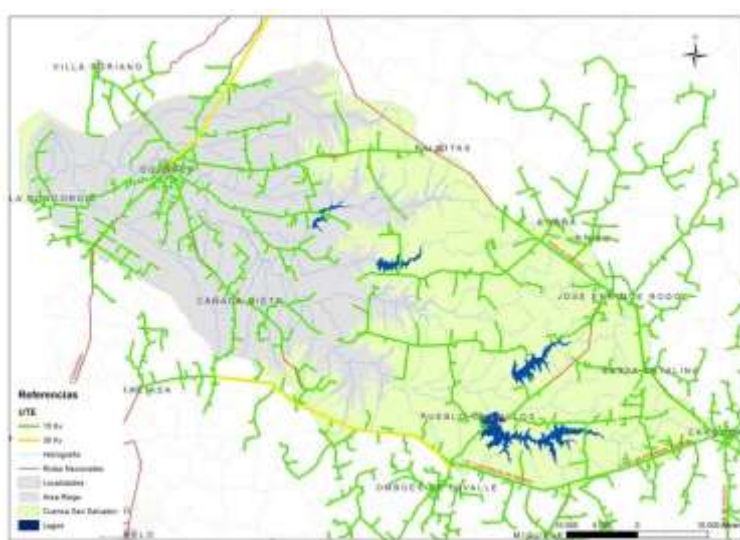
A.1.1. Justificación y objetivo del proyecto

En línea con la Agenda de política para el desarrollo integral del riego hacia un Uruguay agrointeligente, del MGAP, se desea evaluar desde el punto de vista privado y social el desarrollo de riego suplementario a partir de la construcción de un embalse ubicado en la cuenca hidrográfica del río San Salvador en Soriano. El objetivo de la obra es mejorar el rendimiento esperado de los cultivos, reducir la variabilidad de los rendimientos y evitar pérdidas debido a la ocurrencia de fenómenos de déficit hídricos.

A.1.2. Características de la obra

La obra a evaluar consiste en la construcción de un embalse —el embalse 1 del trabajo de Rosas, Ackermann y Buonomo (2014)— en la cuenca del río San Salvador, en Soriano, el que ha sido identificado por la Dirección General de Recursos Naturales del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (RENARE-MGAP) como técnicamente factible. Según las especificidades técnicas de la obra, se espera que la vida útil de esta sea de 30 años, lo cual está alineado con la recomendación de SNIP (2014). A continuación, se presenta en la Figura 14 y en la Tabla 17 la información técnica del proyecto. Se planea una implementación y alcance gradual del servicio durante de los primeros 5 años hasta llegar a un máximo de 5 448 hectáreas.

Figura 14. Cuenca del río San Salvador



Fuente: Rosas, Ackermann y Buonomo (2014).

Tabla 17. Características físicas del embalse bajo estudio

Descripción	Embalse a construir
Espejo de agua (ha)	590
Volumen del embalse (Hm ³)	33
Volumen movimiento de tierra (m ³)	630 487
Imprevistos mov. tierra: 30% adicional (m ³)	189 146
Altura de la represa (m)	17
Suelos cultivables (ha)	9 882
Área por regar (ha)	5 448

Fuente: Adaptado de Rosas et. al (2014).

A.1.3. Información financiera del proyecto

A partir de la información técnica detallada anteriormente se estima la información relativa a los costos de inversión, costos fijos y operativos, e ingresos del proyecto, y esta se presenta a precios constantes, al tiempo que se asume que no hay variación en los costos e ingresos, más allá de la inflación.

Los costos de inversión se clasifican en:

1. *Inversión fija al inicio de la obra.* Corresponde a los egresos que se realizan al inicio del proyecto para la construcción de la obra civil y los canales de riego.
2. *Inversión fija a lo largo de la vida útil del proyecto.* La inversión en los canales, bombas, obras accesorias y tendido eléctrico.
3. *Valor residual.* Se considera un valor residual de 50% del monto invertido, que se recupera al final del período.

Tabla 18. Costos de inversión

Rubro	Componentes	Monto a precios de mercado	Moneda
Construcción de embalse	Mano de obra no calificada (incluidas leyes sociales)	1 000	Miles de USD
	Mano de obra calificada (incluidas leyes sociales)	800	Miles de USD
	Materiales importados	1 400	Miles de USD
	Materiales nacionales sin impuestos	2 500	Miles de USD
	Total antes de impuestos	5 700	Miles de USD
	Impuestos	500	Miles de USD
	Total después de impuestos	6 200	Miles de USD

Fuente: Elaboración propia.

Los costos fijos y variables se clasifican en:

1. *Costos de operación y mantenimiento.* Corresponden a energía eléctrica, mano de obra e imprevistos.
 - ◇ *Energía e imprevistos.* Se supone que la energía eléctrica y los imprevistos son un 10% de los ingresos brutos del proyecto.
 - ◇ *Mano de obra.* La operación del sistema de riego requiere 10 empleados a tiempo completo: dos técnicos calificados en el manejo de embalses para riego, a los que se pagan USD 20 000 anuales, incluidas cargas sociales; operarios no calificados, a los que se pagan USD 10 000 anuales, incluidas cargas sociales.
2. *Costos fijos.* Corresponden al arrendamiento del área inundable. Se supone que el proyecto arrienda la superficie que se inunda por el embalse a un costo de USD 350 por hectárea al año.⁸
3. *Pago de impuesto.* El impuesto gravado se corresponde al 25% del resultado contable de cada período, cuando este es positivo. Para el

⁸ Se asume que el área inundada es arrendada al propietario en vez de ser adquirida por el proyecto. En el país han existido casos de ambas situaciones, con sus correspondientes ventajas y desventajas.

cálculo del resultado contable se supone que la depreciación de la inversión inicial se hace de manera lineal durante los 30 años del proyecto.

Tabla 19. Costos del proyecto

Concepto	Unidad	Valor	Período (años)
Costos de operación y mantenimiento	% de los ingresos (por electricidad e imprevistos)	10%	Del 1 al 30
	Miles de USD (por mano de obra)	100	Del 1 al 30
Costos fijos	USD por ha	350	Del 1 al 30

Fuente: Elaboración propia.

Los ingresos del proyecto:

- *Venta de agua.* El proyecto proveerá riego suplementario. Se deberá determinar la demanda de los productores para estimar los ingresos.
- *Subsidio.* Se supone que de acuerdo con la Ley de Inversiones se exonera el 50% del pago del impuesto durante 10 años.

El proyecto comienza a generar ingresos desde el año 1 de operación y alcanzará la capacidad plena a partir del año 5. Además, los ingresos están directamente relacionados a la incorporación del área bajo riego, la cual se asume linealmente en los primeros 5 años (es decir, 20% por año).

Supuestos:

- El precio del agua para riego se supone constante en 0,6 USD/mm para todos los períodos.
- Inicialmente, la demanda de agua para riego se supone constante para cada cultivo, según la Tabla 20.
- Se supone por simplicidad que los únicos cultivos bajo riego serán maíz y soja.

Tabla 20. Demanda de agua para riego

Demanda de agua para riego en mm/ha (*)				
Parámetro	Soja	Maíz	Sorgo	Trigo
Demanda	276	540	540	240

(*) La demanda de agua incluye 20% pérdida por ineficiencia de conducción (fuente: entrevistas a informantes calificados).

Fuente: Rosas *et al.* (2014).

A.1.4. Características de cultivos

El rendimiento bajo riego se caracteriza por tener una media mayor y una variabilidad menor que los mismos cultivos sin riego. La Tabla 21 presenta la media y los coeficientes de variación para los cultivos típicos de la zona —recabados a partir de entrevistas a informantes calificados en el trabajo de Rosas *et al.* (2014)—.

Tabla 21. Rendimiento de cultivos con y sin riego

Parámetro	Soja	Maíz	Sorgo	Trigo	Cebada	Arroz
Rendimiento sin riego						
Media (ton/ha)	2 159	5 096	4 546	2 981	2 858	8 172
Coeficiente de variación	0,20	0,23	0,16	0,17	0,18	0,08
Rendimientos con riego						
Media (ton/ha)	3 639	9 773	10 107	-	-	8 173
Coeficiente de variación	0,09	0,09	0,06	-	-	0,08

Fuente: Rosas *et al.* (2014).

- Se supone que los cultivos de invierno no se riegan.
- Se supone que la rotación promedio para la cuenca del río San Salvador, construida sobre la base de los Planes de uso y manejo de suelos, es la siguiente: 60% de la superficie cultivada con soja y 40% de la superficie con maíz, mientras que en invierno se cultiva 60% y 20% de cobertura de invierno y barbecho.

- Se supone que el proyecto puede proveer agua para riego incluso en situaciones más severas de déficit hídrico para el área a implementar bajo riego.

A.1.5. Beneficios y costos de los productores

Una vez estén contruidos los canales, los productores podrán hacer uso del agua bombeada mediante inversión en equipos de riego los tienen un costo estimado según la Tabla 22.

Tabla 22. Costos de inversión de los productores

Concepto	Unidad	Valor	Detalle
Costo del equipo de riego	USD/ha	3 000	Costo por ha/año 2013-2014

Fuente: Rosas *et al.* (2014).

A su vez, la Tabla 23 muestra los precios a partir de los cuales se calculan los ingresos de los productores.

Tabla 23. Precio por tonelada de soja y maíz

Concepto	Unidad	Valor
Precio FOB de la soja	USD/ton	480
Precio FOB de la maíz	USD/ton	250

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, se espera que los costos de los insumos para la producción con y sin riego varíen de acuerdo Tabla 24.

Tabla 24. Costos operativos anuales de los productores con y sin riego

Concepto	Unidad	Soja	Maíz	Sorgo	Pasturas
Costos sin riego					
Insumos	USD/ha	550	937	406	196
Labores	USD/ha	111	130	83	78
Agua para riego	USD/ha	0	0	0	0
Costos con riego (*)					
Insumos	USD/ha	573	1 120	406	236
Labores	USD/ha	111	130	83	78
Agua para riego (*)	USD/ha	113	221	221	98

(*) La demanda de agua incluye 20% pérdida por ineficiencia de conducción (fuente: entrevistas a informantes calificados).

Fuente: Adaptado de Rosas *et al.* (2014).

Supuestos:

- La categoría insumos de los productores se considera como bienes importados.
- El 100% de la producción es exportada por los productores.
- Se considera que las labores se realizan con mano de obra no calificada.
- La inversión en riego de los productores está exonerada de impuestos.

A.2. Prácticas

A.2.1. Práctica 1

Evaluación privada de proyectos de inversión

Tomando en cuenta los puntos A.1.1, A.1.2, A.1.3 y A.1.4 del caso de estudio presentado, evalúe financieramente la construcción del embalse planteado en la cuenca del río San Salvador desde el punto de vista del inversor.

- a. Identifique los costos y beneficios relevantes para el estudio financiero de la implementación del sistema de riego.

- b. Determine el valor de los costos y beneficios para el período de vida del proyecto según la información brindada en la letra del caso.
- c. Construya el flujo de fondos a partir de los costos determinados en el punto b.
- d. Calcule las siguientes medidas resumen: VAN, TIR y ratio costo-beneficios para diferentes tasas de interés.
- e. Con base en la información obtenida realice una recomendación final sobre si realizar o no el proyecto de inversión.

Resolución

Parte a) Identifique los costos y beneficios relevantes para el estudio financiero de la implementación del sistema de riego.

De acuerdo con la caracterización presentada en el punto 2.6, el primer paso para determinar los costos y beneficios del proyecto será identificar los efectos directos-privados del proyecto bajo análisis. A continuación, se presentan los efectos identificados en el caso de estudio de la sección A.1.

Tabla 25. Efectos directos privados

Tipo de efectos	Beneficios	Costos
Directos - privados	Venta de agua para riego Subsidio	Inversión inicial Costos de operación y mantenimiento: – Costos fijos – Mano de obra – Consumo de energía Impuestos

A continuación, se identifican los costos y beneficios relevantes para el estudio financiero, es decir los costos y beneficios privados.

Beneficios privados:

- *Venta de agua para riego.* La empresa encargada de la operación del embalse venderá agua a los productores obteniendo un beneficio por los ingresos por ese rubro.
- *Subsidio.* La obtención de subsidios cuenta como un beneficio desde el punto de vista privado ya que afecta los movimientos de caja.

Costos privados:

- *Inversión inicial.* Para llevar adelante el proyecto, el inversor deberá construir el embalse y el sistema de distribución de agua para riego, lo cual cuenta como un efecto directo privado.
- *Costos de operación y mantenimiento.* Los costos necesarios para operar el embalse por el agente privado que lleva adelante el proyecto, corresponde a efectos directos privados.
- *Impuesto.* El pago de impuestos cuenta como un costo desde la óptica privada.

Parte b) Determine el valor de los costos y beneficios para el período de vida del proyecto según la información brindada en la letra del caso.

Siguiendo la recomendación de la sección 3.2, se clasifican los costos y beneficios como: costo de inversión, beneficios, costos de operación y mantenimiento y valor de rescate.

1. *Costo de la inversión (–)*

- Inversión inicial en embalse y canales de distribución (Inv. inicial)

De acuerdo con la información del caso de estudio, el costo de inversión asciende a 6,2 millones de dólares.

2. *Beneficios (+)*

- Venta de agua para riego de soja (Venta p/riego soja)
- Venta de agua para riego de maíz (Venta p/riego maíz)

Para calcular la venta de agua para riego de soja y maíz es necesario recopilar tres parámetros para cada uno de los períodos: el área cultivada de cada uno de los cereales, la cantidad de agua de riego demandada por cada uno y el precio del agua. Una vez determinados el valor de todos los parámetros, la magnitud de los beneficios se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Superficie bajo riego} \times \text{Demanda de agua (por unidad de superficie)} \\ \times \text{Precio del agua}$$

Por ejemplo, para el caso particular de la soja, los ingresos por venta de agua en el primer período asciende a 108 000 dólares, debido a que:

- ◇ El área bajo riego de soja para el primer período es de 654 ha (calculadas como el 20% de 5 448 ha correspondientes a la

implementación gradual de riego, multiplicadas a su vez por 60% correspondiente a la fracción de soja).

- ◇ La demanda de agua por hectárea para soja es de 276 mm/ha.
- ◇ El precio del agua es de 0,6 USD/mm.
- Beneficios fiscales (B. fiscales)

Por su parte, de acuerdo con el caso de estudio, los beneficios fiscales se obtienen multiplicando los impuestos a pagar en cada período por 50%.

3. *Costos de operación y mantenimiento (Costo OM) (–)*

- Costo de electricidad e imprevistos (Costo EI)

El costo de electricidad e imprevistos se obtiene multiplicando por 10% el total de los beneficios por riego percibidos en cada período. Es decir, la suma de los ingresos por venta de agua para riego de soja y maíz.

- Costo de mano de obra (Costo MO)

El costo anual por mano de obra se obtiene multiplicando la cantidad de empleados por sus respectivos sueldos anuales.

- Costos fijos por arrendamiento de área inundada por embalse (Costos fijos)

Los costos fijos anuales por arrendamiento del área inundada se obtienen multiplicando el área del lago por el precio anual de arrendamiento de la tierra.

- Pago de impuestos

El monto a anual a pagar por impuestos se obtiene como el 25% del resultado antes de impuestos (es decir, los beneficios menos los costos, sin tomar en cuenta el pago de impuestos ni la obtención de subsidios), cuando este es positivo.

4. *Valor de rescate (+)*

- Valor de rescate de embalse y canales de distribución (Valor R.)

De acuerdo con el estudio de caso, el valor residual de la inversión inicial se estima en un 50% del valor total de la inversión inicial.

Parte c) Construya el flujo de fondos a partir de los costos determinados en la parte b.

En la Tabla 26 se detalla el valor por período de cada costo y beneficio para los primeros cinco períodos (que corresponde a los años que se estima para llegar a

la capacidad máxima de producción) y el último período de análisis. En la última fila de la tabla se halla el flujo de beneficios netos por períodos. Es decir, la suma de los beneficios menos los costos de cada período.

Tabla 26. Flujo de fondos privados para evaluación privada, en miles de dólares

Período	0	1	2	3	4	5	[...]	30
1. Costo de inversión	-6 200	-	-	[...]		-	[...]	-
Inv. inicial	-6 200	-	-	[...]		-	[...]	-
2. Beneficios	-	249	484	705	926	1 347	[...]	1 247
Venta p/riego soja	-	108	217	325	433	541	[...]	541
Venta p/riego maíz	-	141	282	424	565	706	[...]	706
B. fiscales	-	-	15	43	71	100	[...]	-
3. Costos OM	-	-351	-407	-488	-569	-650	[...]	-1 425
Costo EI	-	-25	-50	-75	-100	-125	[...]	-125
Costos MO	-	-120	-120	-120	-120	-120	[...]	-120
Costos fijos	-	-207	-207	-207	-207	-207	[...]	-207
Impuesto	-	-	-31	-87	-143	-199	[...]	-974
4. Valor de rescate	-	-	-	-	-	-	[...]	3 100
Beneficios netos	-6 200	-102	77	217	357	697	[...]	2 922

Parte d) Calcule las siguientes medidas resumen: VAN, TIR y ratio costo-beneficios para diferentes tasas de interés.

- *Valor actual neto*

Sobre la base de los costos y beneficios determinados en la Tabla 26, se plantea a continuación el cálculo del valor actual neto, a una tasa de descuento privada arbitraria del 10%. En la tabla que se encuentra a continuación se

presentan, de forma esquemática, flujos de fondos sin descontar, los factores de descuento para cada período, y el flujo de fondos descontado.

Tabla 27. Cálculo de flujo de fondos (FF) descontado

Período	0	1	2	3	4	5	[...]	30
FF sin descontar	-6 200	-102	77	217	357	697	[...]	2 922
Factor de descuento	1	1,10	1,21	1,33	1,46	1,61	[...]	17,45
FF descontado	-6 200	-93	63	163	244	433	[...]	167

$$\text{Factor de descuento} = (1 + i)^t, \text{ con } t = 0, 1, 2 \dots n$$

A partir de la información anterior se puede obtener el valor actual neto como la suma de todos los valores del flujo de fondos descontado. *El valor actual neto de la inversión desde el punto de vista privado y para una tasa de 10% será de -1,657 miles de USD.* Por lo tanto, la inversión no es rentable desde el punto de vista privado.

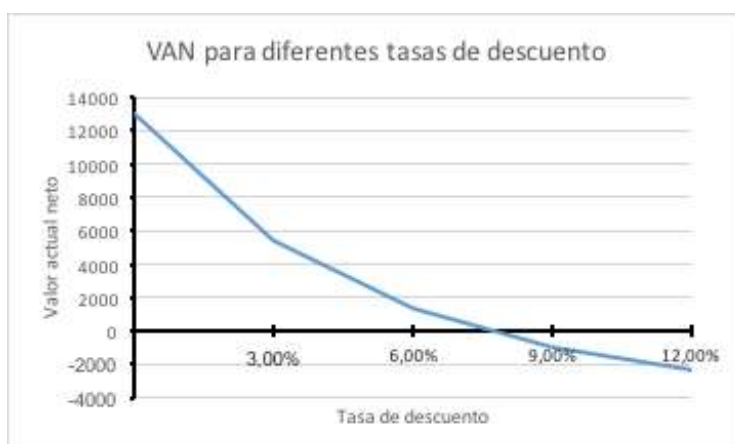
- *Tasa interna de retorno*

El cálculo de la TIR y la TIRE puede realizarse fácilmente en una planilla de cálculos usando la fórmula correspondiente, o haciendo variar la tasa de descuento hasta que el VAN sea igual a cero. A continuación, se presenta de manera gráfica la variación del VAN y el VANE del proyecto para diferentes tasas de descuento y se indica cuál es el valor de la TIR y la TIRE.

Tabla 28. Cálculo de la TIR

	TIR					
Tasa de descuento privada	0,00%	3,00%	6,00%	7,34%	9,00%	12,00%
VAN (miles de USD)	12 796	5 210	1 180	0	-1 117	-2 515

Figura 15. TIR



- *Ratio beneficio-costo*

La ratio beneficio-costo se obtiene como la división entre el total de los beneficios descontados sobre el total de los costos descontados (incluida la inversión inicial).

Beneficios descontados: 9,89 millones de dólares

Costos descontados: 11 547 millones de dólares

Ratio beneficio-costo: 0,8565

Parte e) Con base en la información obtenida realice una recomendación final sobre si realizar o no el proyecto de inversión desde el punto de vista privado.

Los tres criterios de decisión muestran que la construcción de un embalse en la cuenca del río San Salvador para proveer riego (según los parámetros definidos en el caso de estudio) no será rentable desde el punto de vista privado: el valor del VAN es menor a cero, la TIR es menor a la tasa de retorno requerida por el inversor y la ratio costo-beneficio es menor a uno. Por ello se recomienda no llevar adelante la inversión.

A.2.2. Práctica 2

Evaluación social de proyectos de inversión

A partir de la información calculada en la Práctica 1 y tomando en cuenta las partes a, b, c, d y e, evalúe la construcción del embalse de riego desde el punto de vista social.

- a. Identifique los costos y beneficios desde el punto de vista social.
- b. Valore los flujos de costos y beneficios utilizando los precios sociales considerando: bienes transables, bienes no transables y tipo de mano de obra. Nota: Para los casos en que no se especifica, suponga que no se pagan impuestos.
- c. Construya el flujo de fondos para la evaluación social y halle las medidas resumen (VANE y TIRE) usando la tasa de descuento social del manual de SNIP (2013).
- d. Con base en la información obtenida realice una recomendación final sobre si realizar o no el proyecto de inversión.

Resolución

Parte a) Identifique los costos y beneficios desde el punto de vista social.

De acuerdo con la caracterización presentada en el punto 2.6 de la guía, para identificar los costos y beneficios desde el punto de vista social primero se deben identificar los costos y beneficios directos privados y sociales, indirectos, externalidades e intangibles, y luego cancelar aquellos costos y beneficios que correspondan a transferencias entre los agentes. La Tabla 29 identifica todos los costos y beneficios desde el punto de vista social.

Tabla 29. Efectos sociales

Tipo de efectos	Beneficios	Costos
Directos - privados	Venta de agua para riego Subsidio	Inversión inicial Costos de operación y mantenimiento: – Costos fijos – Mano de obra – Consumo de energía Impuestos
Directos - sociales	Rendimiento incremental de cultivos	Inversión inicial de productores Compra de agua para riego Costos de operación y mantenimiento de productores Subsidios
Indirectos		
Externalidades		Pérdida de servicio de secuestro de carbono
Intangibles		Pérdida de servicios de purificación

Beneficios directos privados:

- *Venta de agua para riego.* La empresa encargada de la operación del embalse venderá agua a los productores obteniendo un beneficio por los ingresos por ese rubro.
- *Subsidio.* La obtención de subsidios cuenta como un beneficio desde el punto de vista privado, ya que afecta a los movimientos de caja.

Costos directos privados:

- *Inversión inicial.* Para llevar adelante el proyecto, el inversor deberá construir el embalse y el sistema de distribución de agua para riego, lo cual cuenta como un efecto directo privado.
- *Costos de operación y mantenimiento.* Los costos necesarios para operar el embalse por el agente privado que lleva adelante el proyecto corresponden a efectos directos privados.
- *Impuesto.* El pago de impuestos cuenta como un costo desde la óptica privada.

Beneficios directos sociales:

- *Rendimiento incremental de cultivos.* Se espera que el riego mejore el rendimiento de los cultivos bajo riego de los productores y no por la empresa que opera el embalse; por tanto, este efecto cuenta como un beneficio social.

Costos directos sociales:

- *Inversión inicial de productores.* Para conectarse al sistema de riego es necesario que los productores realicen inversiones adicionales a las del embalse. Debido a que no son pagadas por el ejecutante del proyecto pero que son costos incrementales que los productores incurren debido al proyecto, se consideran como un costo social.
- *Compra de agua.:* Los productores deberán comprar agua para riego a la empresa que opera el embalse.
- *Costo de operación y mantenimiento del sistema de riego.* Como consecuencia de la adopción de riego, los productores deberán incurrir en costos de operación y mantenimiento incrementales a los que ya tenían en la producción de cultivos sin riego (insumos y mano de obra).

Externalidades:

- *Pérdida del servicio de secuestración de carbono.* Parte del monte ribereño quedará bajo agua una vez construido el embalse. Debido a eso, se perderá el servicio de secuestración de carbono que el monte proveía y, por tanto, se generará una externalidad local.

Intangibles:

- *Pérdida del servicio de purificación.* Al igual que la pérdida del servicio de secuestración de carbono, la pérdida de monte ribereño hará que se pierda el servicio de purificación de agua que evitaba que el suelo perdido por la erosión llegara hacia los cursos de agua. En teoría esto contaría como una externalidad a nivel local, siempre y cuando se pudiera constatar que perjudica a alguna parte de la sociedad. Sin embargo, debido a que la estimación es muy difícil, se tomará como un efecto intangible.

Dentro de los costos y beneficios antes identificados existen dos tipos de transferencias:

- *Impuestos y subsidios.* Los impuestos y subsidios son transferidos entre la empresa y el Estado, lo cual hace que, desde la óptica social, lo que es costo para uno es beneficio para otro, y viceversa.
- *Compra y venta de agua para riego.* Para la empresa, la venta de agua para riego es un beneficio, mientras que para los agricultores es un costo. Por tanto, desde la óptica social estos no deben ser tomados en cuenta.

A continuación, se enumeran los costos y beneficios sociales que deben tomarse en cuenta luego de identificar los costos y beneficios privados que corresponden a transferencias entre agentes:

1. Costo de la inversión (–)
 - ◇ Inversión inicial en embalse y canales de distribución (Inv. inicial)
 - ◇ Inversión de productores en equipos para riego (Inv. productor)
2. Beneficios (+)
 - ◇ ~~Venta de agua para riego de soja (Venta p/riego soja)~~
 - ◇ ~~Venta de agua para riego de maíz (Venta p/riego maíz)~~
 - ◇ ~~Beneficios fiscales (B. fiscales)~~

- ◇ Venta incremental de soja por riego (Venta soja riego)
 - ◇ Venta incremental de maíz para riego (Venta maíz riego)
3. Costos de operación y mantenimiento (OM) (–)
- ◇ Costo de electricidad e imprevistos (Costo EI)
 - ◇ Costo de mano de obra (Costo MO)
 - ◇ Costos fijos por arrendamiento de área inundada por embalse (Costos fijos)
 - ◇ ~~Pago de impuestos (Impuestos)~~
 - ◇ Costo incremental de productores por riego de soja (Costo riego soja)
 - ◇ Costo incremental de productores por riego de maíz (Costo riego maíz)
4. Valor de rescate (+)
- ◇ Valor de rescate de embalse y canales de distribución (Valor rescate)

Parte b) Valore los flujos de costos y beneficios utilizando los precios sociales, considerando: bienes transables, bienes no transables y tipo de mano de obra. Nota: Para los casos en que no se especifica, suponga que no se pagan impuestos.

Para valorar los efectos a precios sociales, se deberán multiplicar los diferentes componentes de los costos y beneficios por sus respectivos precios de cuenta.

Costo de la inversión (–)

- Inversión inicial:

Para valorar la inversión inicial a precios sociales se deberá multiplicar el monto de cada uno de los componentes de dicha inversión inicial por la relación de precio de cuenta correspondiente:

Tabla 30. Inversión inicial valorada a precios sociales

Componentes	Monto total a precios de mercado (Miles de USD)	RPC	Monto total a precios sociales
MO no calificada (inc. LLSS)	1 000	0,64	640
MO calificada (incl. LLSS)	800	1	800
Materiales importados	1 400	1,21	1 694
Materiales nacionales	2 500	1	2 500
Total antes de impuestos	5 700		5 634
Impuestos	500		
Total después de impuestos	6 200		

Inversión de productores en equipos para riego

Debido a que el equipo de riego de los productores es importado, el valor de la inversión a precios sociales se obtiene como el valor a precios de mercado multiplicado por 1,21, que es la RPC para bienes transables. La implementación del sistema de riego es gradual y se asume que la inversión se realiza por unidad de superficie, por lo que el costo anual de la inversión a precios de mercado se calcula como la multiplicación entre la superficie que se incorpora al sistema de riego por el valor de la inversión por unidad de superficie. A partir de ello, el valor anual de la inversión de los productores en el sistema de riego es el siguiente:

$$1\,090\text{ ha} \times \left(-3\,630 \frac{\text{Miles USD}}{\text{ha}} \right) \times 1,21 = -4\,786\text{ miles USD}$$

Beneficios (+):

- Venta incremental de soja por riego (Venta soja riego)
- Venta incremental de maíz para riego (Venta maíz riego)

Desde el punto de vista social, se espera que la implementación de un sistema de riego en la cuenca del río San Salvador conlleve un aumento en los rendimientos de soja y de maíz. Por lo tanto, deberá tomarse en cuenta el rendimiento incremental esperado de los cultivos (rendimiento del cultivo con proyecto menos rendimiento de cultivo sin proyecto) valorado a precios sociales. Esto se calcula como el rendimiento incremental de los cultivos por unidad de superficie (ha), multiplicado por la superficie sembrada en cada período y el

precio social de los cultivos en cuestión. Dado que los granos son un bien exportable, el precio social de estos se calcula como el precio de mercado multiplicado por la RPC de la divisa. A continuación, se presenta como ejemplo el cálculo de los ingresos incrementales de la soja y del maíz en el período 1.

$$\text{Soja t1: } (3,639 - 2,159) \frac{\text{ton}}{\text{ha}} \times 654 \text{ ha} \times 480 \frac{\text{USD}}{\text{ton}} \times 1,21 = \text{USD } 561\,962$$

$$\text{Maíz t1: } (9,773 - 5,096) \frac{\text{ton}}{\text{ha}} \times 436 \text{ ha} \times 250 \frac{\text{USD}}{\text{ton}} \times 1,21 = \text{USD } 616\,623$$

Costos de operación y mantenimiento (OM) (-):

- Costo de electricidad e imprevistos (Costo EI)

Los costos por electricidad e imprevistos son idénticos que para la evaluación privada, ya que se consideran como no transables y se supone (por letra del ejercicio) que no se paga impuestos por ellos.

- Costo de mano de obra (Costo MO)

Para calcular el costo de la mano de obra, primero deben diferenciarse los empleados entre mano de obra calificada, mano de obra semicalificada y mano de obra no calificada. Adicionalmente, siguiendo la guía del SNIP, se incorpora el costo de la mano de obra incluyendo leyes sociales, entendiendo que esto no es una transferencia social. Sin embargo, esta práctica no está generalizada en todas las guías de ACB consultadas y suele excluirse por entenderse que las obligaciones sociales son transferidas a otros estratos de la sociedad. Se multiplica la cantidad de empleados por su respectivo precio social, el que se calcula como el precio de la mano de obra por su respectivo RPC (1 para mano de obra calificada y 0,55 para mano de obra no calificada). A continuación, se presenta el cálculo del costo de mano de obra anual para cada tipo de empleado:

Costo anual de mano de obra calificada:

$$2 \text{ empleados} \times 20 \text{ miles} \frac{\text{USD}}{\text{empleado}} \times 1 = 40 \text{ miles de USD}$$

Costo anual de mano de obra no calificada:

$$8 \text{ empleados} \times 10 \text{ miles} \frac{\text{USD}}{\text{empleado}} \times 0,55 = 44 \text{ miles de USD}$$

- Costos fijos por arrendamiento de área inundada por embalse (Costos fijos)

Los costos fijos por arrendamiento se mantienen idénticos a los calculados para la evaluación privada, debido a que se considera como bien no transable y se supone que no paga impuestos (por letra del ejercicio).

- Costo incremental de productores por riego de soja (Costo riego soja)
- Costo incremental de productores por riego de maíz (Costo riego maíz)

La implementación de un sistema de riego de mediano porte hará que los productores requieran más insumos de producción para poder operar con el sistema de riego. Estos costos incrementales, que no son asumidos por el ejecutor del proyecto de riego, tienen que ser considerados dentro de la evaluación social debido a que representan un costo de oportunidad para esta. Para estimarlos, simplemente se deberá multiplicar el requerimiento incremental de insumos por la superficie regada en cada período y por la RPC de la divisa, debido a que se asume que son bienes importados. A continuación, se presenta el cálculo del costo incremental de los insumos para el riego de soja en el período 1:

$$\text{Soja t1: } 23 \frac{\text{USD}}{\text{ha}} \times 654 \text{ ha} \times 1,21 = 18\,194 \text{ USD}$$

$$\text{Maíz t1: } 183 \frac{\text{USD}}{\text{ha}} \times 436 \text{ ha} \times 1,21 = 97\,508 \text{ USD}$$

Valor de rescate (+)

- Valor de rescate de embalse y canales de distribución (V. rescate)

Por letra del ejercicio se supone que al final del período se recupera el 50% del valor invertido. Por tanto, para calcular el valor de rescate de la inversión se deberá multiplicar el monto invertido en el período cero a precios sociales, por 50%.

Parte c) Calcule medidas resumen (VANE y TIRE) usando la tasa de descuento social del manual de SNIP (2013).

Una vez obtenido el monto de cada uno de los costos y beneficios valorados a precios sociales, se construye el flujo de fondos. A continuación, se detalla el flujo de fondos en la Tabla 21.

Tabla 31. Flujo de fondos para evaluación social, en miles de dólares

Período	0	1	2	3	4	5	[...]	30
1. Costo de inversión	-5 634	-4 786	-4 786	-4 786	-4 786	-4 786	[...]	-
Inv. productor		-4 786	-4 786	-4 786	-4 786	-4 786	[...]	-
Inv. inicial	-5 634	-	-	-	-	-	[...]	-
2. Beneficios	-	1 179	2 357	3 536	4 714	5 893	[...]	5 893
Venta soja riego	-	562	1 124	1 686	2 248	2 810	[...]	2 810
Venta maíz riego	-	617	1 233	1 850	2 466	3 083	[...]	3 083
3. Costos OM	-	-430	-570	-709	-849	-989	[...]	-989
Costo EI	-	-25	-25	-25	-25	-25	[...]	-25
Costos MO	-	-84	-84	-84	-84	-84	[...]	-84
Costos fijos	-	-207	-207	-207	-207	-207	[...]	-207
Costo riego soja	-	-15	-36	-55	-73	-91	[...]	-91
Costo riego maíz		-97	-193	-290	-386	-483	[...]	-483
4. Valor de rescate	-	-	-	-	-	-	[...]	2 817
Beneficios incrementales netos	-5 634	-4 037	-2 998	-1 959	-920	118	[...]	7 721

Cálculo del VANE

En base los costos y beneficios determinados en el Tabla 31, se plantea a continuación el cálculo del valor actual neto económico a una tasa de descuento social determinado por SNIP (2014) para Uruguay de 7,5%. En la tabla que se encuentra a continuación se presentan, de forma esquemática, el flujo de fondos sin descontar valorado a precios sociales, los factores de descuento para cada período, y el flujo de fondos descontado.

Tabla 32. Cálculo de flujo de fondos descontado

Período	0	1	2	3	4	5	...	30
FF sin descontar	-5 634	-4 037	-2 998	-1 959	-920	118	...	7 721
Factor de descuento	1	1,075	1,156	1,242	1,335	1,436	...	8,755
FF descontado	-5 634	-3 756	-2 595	-1 577	-689	82	...	882

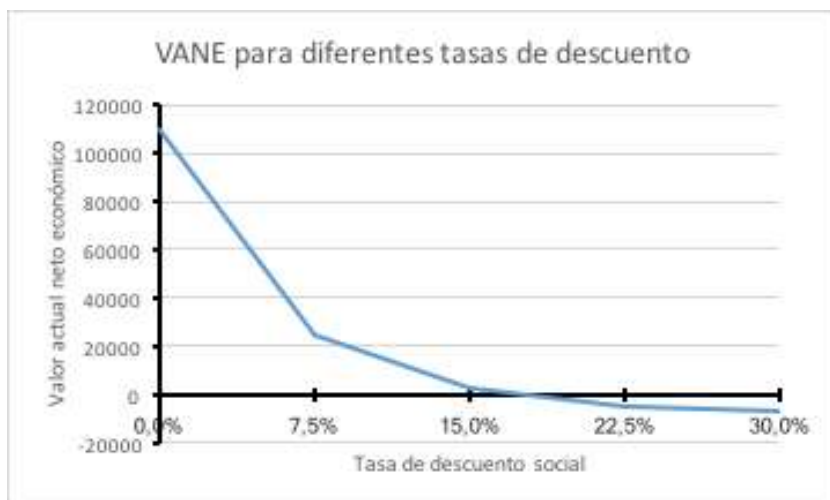
$$\text{Factor de descuento} = (1 + TSD)^t, \text{ siendo } t = 0, 1, 2 \dots 30$$

A partir de la información anterior se puede obtener el valor actual neto económico (VANE) como la suma de todos los valores del flujo de fondos descontado. A partir de eso, el valor actual neto económico del proyecto de inversión desde el punto de vista social, y para una tasa social de descuento de 7,5%, será de 24 232 millones de dólares.

Tabla 33. Cálculo de la TIRE

	TIRE					
Tasa de descuento social	0,00%	7,50%	16,00%	16,99%	22,50%	30,00%
VANE (miles de USD)	109 989	24 232	2 635	0	-4 501	-7 298

Figura 16. TIRE



Parte d) Con base en la información obtenida realice una recomendación final sobre si realizar o no el proyecto de inversión.

Los dos criterios analizados en la evaluación social indican que el proyecto, desde el punto de vista de la eficiencia, debe llevarse adelante. El VANE indica que el proyecto generará un incremento en el bienestar de la sociedad, mientras que la TIRE muestra que la TSD elegida es menor que la TIRE.

A.2.3. Sensibilidad y análisis de escenarios

A partir de la información calculada en la práctica 2:

- a. Calcule la sensibilidad del VANE a:
 - el precio de la soja y del maíz;
 - el rendimiento incremental de la soja y del maíz;
 - la variable “costos por electricidad e imprevistos”.
Nota: Para la sensibilidad modifique los valores de las variables en 10%.
- b. A partir de lo calculado en el punto a, halle las elasticidades VANE de las variables y gráfíquelas de mayor a menor, en un mismo gráfico.
- c. Calcule el VANE para los siguientes escenarios:
 - Suponga que debido al cambio climático se espera que las precipitaciones esperadas anuales aumenten y no se sabe con certeza como afectará el rendimiento de los cultivos sin riego. Evalúe que ocurre con el VANE si a partir del año 15 los

rendimientos esperados de cultivos sin riego disminuyen en un 5%, y qué ocurre si aumentan un 5%.

- Suponga que los costos de la inversión inicial son mayores en 15% y que el área proyectada para riego es menor en 15%.

Partes a y b

- Calcule la sensibilidad del VANE:
 - ◇ al precio de la soja y del maíz;
 - ◇ al rendimiento incremental de la soja y del maíz
 - ◇ a la variable costos por electricidad e imprevistos.
- A partir de lo calculado en el punto a, halle las elasticidades VANE de las variables y grafíquelas de mayor a menor, en un mismo gráfico.

La sensibilidad del VANE se calcula estimando cuánto varía el VANE en porcentaje ante variaciones de una variable del flujo de fondos, para todos los períodos afectados por la misma. En este caso se indica que el valor de la variable de interés se modifique en un 10%, pero pueden usarse otros valores según se crea conveniente. Calcular la sensibilidad respecto de diferentes valores puede ser útil cuando la relación entre la variable a sensibilizar y la variable resultado no es lineal.

Una de las debilidades de la sensibilidad es el hecho de que no es posible comparar directamente la sensibilidad de dos variables conjuntamente, ya que el resultado depende de la magnitud usada para el cálculo de la sensibilidad de cada variable. Esto puede salvarse calculando las elasticidades, es decir dividiendo la sensibilidad del VANE respecto al porcentaje al que fue sensibilizada cada variable. De esta forma se expresa la sensibilidad en una unidad común que expresa cuántos puntos porcentuales se modifica el VANE ante la variación en 1% de la variable sensibilizada. A continuación, se presentan los resultados del análisis de sensibilidad y el cálculo de las elasticidades.

Tabla 34. Cálculo de elasticidad del VANE

Variable	VANE Base	VANE (+10% de x)	Sensibilidad (+10% de x)	Valor abs. de elasticidad
Rend. incremental maíz	24 232	27 062	12%	1,17
Rend. incremental soja	24 232	26 129	8%	0,78
Costos por EI	24 232	24 105	-1%	0,05

Del cuadro anterior, surge que el VANE es más sensible a variaciones en el rendimiento incremental de maíz, que a variaciones en las otras variables consideradas. Se espera que el VANE varíe en 1,17% a cambios en 1% en el rendimiento incremental de Maíz.

Parte c

Calcule el VANE para los siguientes escenarios:

- Suponga que debido al cambio climático se espera que las precipitaciones esperadas anuales aumenten y no se sabe con certeza como afectará el rendimiento de los cultivos sin riego. Evalúe que ocurre con el VANE si a partir del año 15 los rendimientos esperados de cultivos sin riego disminuyen en un 5%, y que ocurre si aumentan un 5%.
- Suponga que los costos de la inversión inicial son mayores en 15% y que el área proyectada para riego es menor en 15%.

El análisis de escenarios permite evaluar las variaciones del VAN, VANE o cualquier otro indicador de interés diferentes escenarios posibles. La diferencia con el análisis de sensibilidad es que permite considerar variaciones simultáneas de diferentes variables del flujo de fondos y en diferentes períodos, según crea conveniente el analista.

i) La letra del ejercicio plantea analizar qué ocurre si a partir del período 15 del proyecto analizado se modifican en un 5% (en aumento o en caída) el rendimiento de los cultivos sin riego. Para ello se debe modificar la variable

rendimiento sin riego a partir del período 15 y hasta el período 30 y calcular el VANE para lo mismo (Tabla 35).

Tabla 35. Análisis de escenarios

Escenario de aumento en las precipitaciones por cambio climático	VANE	Unidad
Escenario base	24 232	Miles de USD
Rendimientos esperados sin riego aumentan en 5% a partir del año 15	23 551	Miles de USD
Rendimientos esperados sin riego disminuyen en 5% a partir del año 15	24 912	Miles de USD

ii) El segundo ejercicio de la letra plantea evaluar el escenario pesimista de que la inversión inicial esté 15% por encima del valor estimado inicialmente y que a su vez el área total bajo riego sea 15% menor a la estimada inicialmente. La forma de cálculo es la misma que la expresada en el ejercicio anterior (Tabla 36).

Tabla 36. Análisis de escenarios

Aumento del costo de inversión y disminución en la adopción de riego	VANE	Unidad
Escenario base	23 914	Miles de USD
Inversión inicial mayor en 15% y área de riego menor en 15%	18 219	Miles de USD

Los dos ejercicios anteriores muestran que el VANE del proyecto es positivo para los escenarios analizados. Debe tenerse que la configuración de los escenarios analizados dependerá de información disponible sobre la incertidumbre de las diferentes variables y cómo éstas pueden llegar a variar simultáneamente a través del tiempo. Por tanto, cuanto mejor sea la información, más completo será el análisis de escenarios.

A.2.4. Análisis Montecarlo

Para la Práctica 4 se combinarán los datos obtenidos en Excel con el paquete estadístico R. Para ello se requiere lo siguiente:

- Exportar (guardar como) hoja “Practica4” en formato csv para la carpeta de trabajo de R.
- Cargar en R la información exportada y seguir las instrucciones del script “Practica4.R” en el paquete R.

Debajo se resume el *script* con los ejercicios allí planteados:

```
### Ejercicio 1: Obtener matriz de costos y beneficios sin
### descontar
### Ejercicio 2: Obtener el flujo de fondos sin descontar
### Ejercicio 3: Obtener el VANE descontado al 7,5%
### Ejercicio 4: Simular para el rendimiento por hectárea de
### soja sin riego y con dicha información simulada calcular
### la venta incremental de soja sin riego según datos de
### Tabla 8 (caso de estudio) para todos los períodos del
### proyecto, suponiendo distribución normal.
### Ejercicio 5: Hacer lo mismo para el maíz.
### Ejercicio 6: Hacer análisis Montecarlo del VANE con 5 000.
### iteraciones, simulando únicamente de rendimiento de soja
### sin riego.
### Ejercicio 7: ¿Con que probabilidad el VANE simulado es
### mayor a 25 000 000 USD?
### Ejercicio 8: Realice análisis Montecarlo del VANE
### considerando rendimientos sin riego de soja y maíz
### conjuntamente.
```

Resolución

Los ejercicios 1, 2, 3 tienen como objetivo llevar la información contenida dentro de la planilla de cálculo al paquete R, por lo cual no serán tratados en este apartado.

Ejercicio 4: Simular para el rendimiento por hectárea de soja sin riego y, con dicha información simulada calcular la venta incremental de soja sin riego según datos de Tabla 8 (caso de estudio) para todos los períodos del proyecto, suponiendo distribución normal.

Para realizar las simulaciones de los ejercicios 4 y 5 se utiliza el paquete estadístico R. Pueden usarse también otros paquetes estadísticos.

Simulación de rendimiento de soja sin riego

Primero se pide simular el rendimiento de soja sin riego (RSSR) para todos los períodos; este se distribuye normal con media 2,2 ton anuales y coeficiente de variación 0,2. La función que se usará para simular dicha variable se denomina **rnorm**. Usa como argumentos la media y el desvío estándar (que se obtiene de multiplicar la media por el coeficiente de variación). A continuación, se presenta el comando para simular 30 valores para el rendimiento de la soja sin riego, según los parámetros anteriormente detallados, y los valores obtenidos luego de dicha simulación, tal como se muestra en la salida de R:

```
rnorm(30 , 2.159 , 0.2 * 2.159)
[1] 1.850383 2.321709 2.158955 2.350981 2.049364 2.157216 1.849407
[8] 2.401104 1.995933 1.601367 2.065054 2.441052 2.073315 1.811942
[15] 2.045894 2.687374 2.666638 1.665689 2.001969 2.342932 2.053460
[22] 1.828364 1.981321 1.809568 2.554495 1.359777 2.378323 1.936185
[29] 2.046259 1.863597
```

Simulación de venta incremental de soja

Una vez obtenidos los valores simulados para los 30 períodos del proyecto, pueden obtenerse las ventas incrementales calculando la ecuación de ventas incrementales de soja para todos los períodos.

Cálculo de ventas incrementales de soja en el período 1:

$$(3,639 - RSSR) \frac{ton}{ha} \times 654 ha \times 480 \frac{USD}{ton} \times 1,21$$

A continuación, se detallan los resultados obtenidos para las ventas incrementales de soja a partir de la simulación del RSSR:

```
[1] 0.0000* 679.1448 1000.3605 1685.9358 1956.2623 3017.9543
2813.1949
[8] 3397.5755 2350.1690 3119.3941 3868.4847 2988.1664 2274.3262
2972.4830
[15] 3468.7043 3024.5430 1806.6801 1846.0483 3746.3683 3107.9345
2460.6096
[22] 3010.1785 3437.5269 3147.1346 3473.2123 2058.9525 4327.1482
2393.4191
[29] 3232.8276 3023.8485 3370.6363
```

* Nótese que se agrega el período 0, en el cual no existen ventas incrementales, ya que es cuando se realiza la inversión inicial del proyecto.

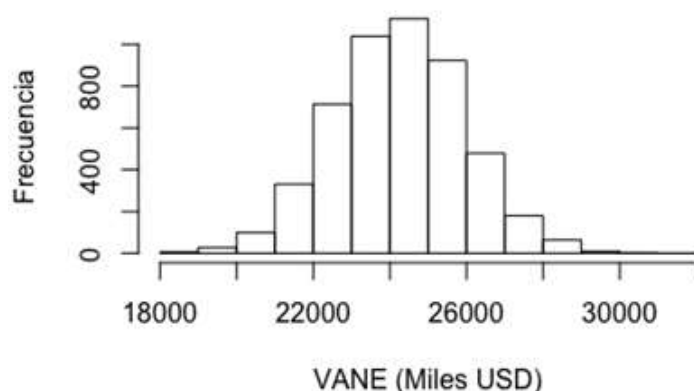
Ejercicio 5: Hacer lo mismo para el maíz

Corresponde hacer los mismos pasos, pero con los datos sobre el rendimiento de maíz.

Ejercicio 6: Hacer análisis Montecarlo del VANE con 5 000 iteraciones, simulando únicamente de rendimiento de soja sin riego.

Para realizar el análisis Montecarlo tal como se detalla en el ejercicio, se deberá repetir 5 000 veces la misma lógica del ejercicio 6, pero esta vez utilizando la ecuación a través del cual se halla el VANE. Con ello se obtendrán 5 000 valores distintos de VANE, ya que para cada una de las iteraciones se obtendrán valores distintos del rendimiento de soja sin riego, según su distribución probabilística. En otras palabras, el paquete estadístico repetirá 5 000 veces la parte c de la Práctica 2 usando los valores simulados del RSSR. A continuación, se presenta el histograma de los resultados obtenidos del VANE.

Figura 17. Histograma del VANE, ejercicio 6



Ejercicio 7: ¿Con que probabilidad el VANE simulado es mayor a 25 000 000 USD?

Una de las conclusiones interesantes que permite obtener el análisis Montecarlo es la probabilidad de que la ratio que interesa, exceda determinado valor. Cuando no es del todo cierto que el VANE sea mayor a cero, es de clara utilidad calcular la probabilidad de que este exceda cero. Para el caso particular de este ejercicio, se puede observar en el histograma anterior que la probabilidad de que el VANE sea mayor a cero será muy cercana al 100%. Por tanto, se calcula la probabilidad de que el VANE sea mayor a un número arbitrario, que se fijó en 2 000 000 de dólares. Lo anterior puede obtenerse como la división entre el número de iteraciones en que el VANE es mayor que 25 000 millones de dólares sobre el total de iteraciones. En términos prácticos, lo mismo se puede realizar con la función que permita contar las iteraciones que supera dicha cota y dividirlas entre 5 000, lo cual es igual a 32% ($1\,636 / 5\,000$). Esto dice que el VANE será mayor a 25 millones de dólares con una probabilidad de 32% cuando se simula el rendimiento sin riego de soja y las demás variables se suponen determinísticas.

Ejercicio 8: Realice análisis Montecarlo del VANE considerando rendimiento sin riego de soja y maíz conjuntamente.

Este ejercicio consiste en repetir lo que se hizo en el ejercicio 7 pero simulando simultánea e independientemente el rendimiento sin riego de soja y el rendimiento sin riego de maíz. En la realidad se puede esperar que el rendimiento de soja y de maíz sin riego estén correlacionados positivamente, ya que es lógico pensar que en la misma región geográfica los cultivos sean afectados por la lluvia

de manera similar. Sin embargo, para simular los valores de manera correlacionada es necesario contar con más información sobre el comportamiento de las variables. En general, las variables simuladas en el análisis Montecarlo se suelen simular de manera independiente, con lo cual implícitamente se hace un supuesto conservador que implica que las variables tomen valores extremos inversos. Lo anterior quiere decir que, si se supone que el rendimiento de la soja y del maíz sin riego son independientes, ocurrirán casos en que el rendimiento simulado de la soja sin riego será muy superior a la media y, al mismo tiempo, el rendimiento simulado del maíz sin riego estará muy por debajo de la media, y viceversa. En la tabla siguiente se presentan los parámetros de distribución.

Tabla 37. Parámetros para distribución normal de soja y maíz sin riego

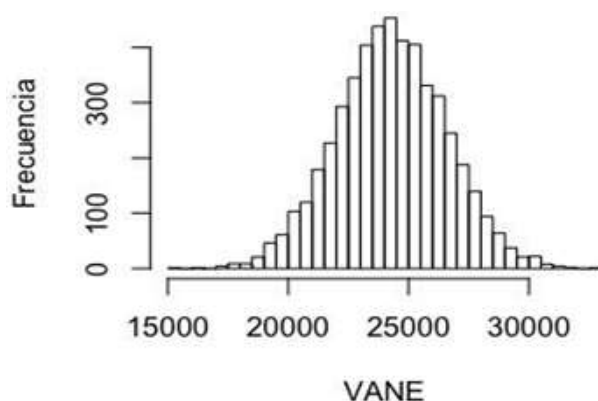
Parámetro	Soja	Maíz
Media (ton/ha)	2 159	5 096
Desvío estándar	0,442	1,371

Para la información brindada en esta tabla se realizaron 5 000 simulaciones del VANE del proyecto usando el paquete estadístico R, a través del cual se obtuvo el siguiente histograma e información de los cuartiles de los valores simulados.

Tabla 38. Cuartiles del VANE simulado

Cuartil	0%	25%	50%	75%	100%
VANE (miles de USD)	15 088	22 771	24 237	25 813	32 601

Figura 18. Histograma de VANE, ejercicio 8



De esto se concluye que el mínimo valor del VANE simulado fue de 15,1 millones de dólares y el máximo de 32,6 millones de dólares. Además, a partir de cálculos adicionales, se puede concluir con un 90% de probabilidad que el VANE del proyecto de inversión se encontrará entre los 20,5 y los 28,0 millones de dólares.

A.2.5. Incorporación de variables meteorológicas

A partir de la información y comandos del script de R usado en el “Practico4.R”, analice los siguientes puntos en el Script “Practico5.R”.

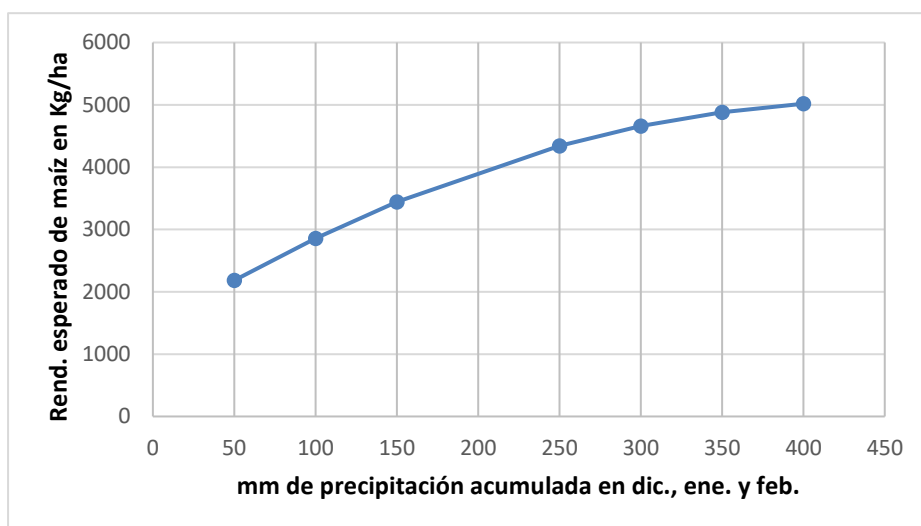
- Realice el análisis Montecarlo para rendimientos esperados de soja sin riego mayores en 5% a partir del año 15 (suponga que el coeficiente de variación se mantiene constante).
- Se supone que el rendimiento esperado del maíz sin riego está relacionado con las precipitaciones según la tabla 39.

Tabla 39. Relación entre rendimiento esperado de maíz y precipitaciones acumuladas en diciembre, enero y febrero

Precipitaciones DEF acum. (mm)	Rendimiento (ton/ha)
50	2 183
100	2 858
150	3 443
250	4 343
300	4 658
350	4 883
400	5 018

Fuente: Elaboración propia basada en Carriquiry y Baethgen (inédito), s.f.

Figura 19. Relación entre rendimiento esperado de maíz y precipitaciones



Fuente: Elaboración propia basada en Carriquiry y Baethgen (inédito), s.f.

Halle la forma de la función de rendimientos esperados a partir de los datos sobre precipitaciones que se encuentran en la carpeta, siguiendo el *script* de R provisto.

Realice un análisis Montecarlo haciendo variar el rendimiento de maíz sin riego, suponiendo que los rendimientos esperados son variables y se explican a partir del nivel de precipitaciones acumulado en diciembre, enero y febrero.

A.2.6. Incorporación de variables meteorológicas: Resolución

Ejercicio a) Realice el análisis Montecarlo para rendimientos esperados de soja sin riego mayores en 5% a partir del año 15 (Suponga que el coeficiente de variación se mantiene constante).

Este ejercicio consiste realizar simulaciones Montecarlo ante un escenario en el cual la media de la distribución probabilística del rendimiento de soja sin riego se ve modificada a través del tiempo (aumenta en un 5% a partir del año 15). En la práctica esto implica que cada iteración estará compuesta por:

- Valores del RSSR simulados con una media de 2,159 toneladas por hectárea y un desvío estándar 0,442 para los primeros 15 períodos del proyecto.
- Valores del RSSR simulados con una media de $2,159 \cdot (105\%)$ toneladas por hectárea y un desvío estándar $0,442 \cdot (105\%)$ para los primeros 15 períodos del proyecto.

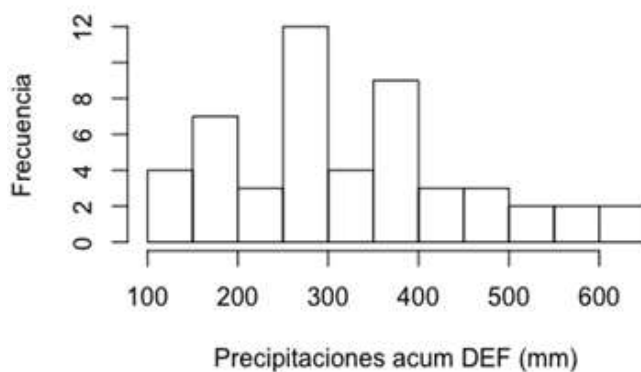
Ejercicio b) Halle la forma de la función de rendimientos esperados a partir de los datos sobre precipitaciones que se encuentran en la carpeta de prácticas del curso, que se compartió con la contraparte, siguiendo el script de R provisto.

Los pasos a provistos en el script de R para hallar la forma de la función de rendimientos esperados a partir de los datos son los siguientes:

- #1) Importe archivo de precipitaciones históricas
- #2) Grafique el histograma de la función
- #3) Ajuste la distribución observada a una distribución conocida

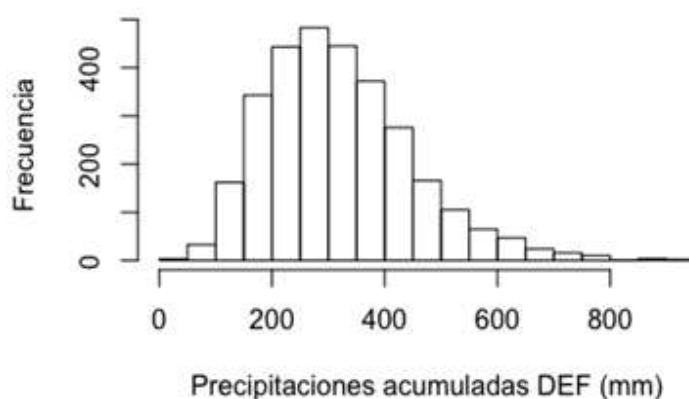
En el ejercicio práctico realizando en clase se brinda la serie temporal de las precipitaciones acumuladas en los meses de diciembre, enero y febrero, registradas en la estación meteorológica más cercana a la cuenca del río San Salvador (Estación INIA la Estanzuela) entre los años 1967 y 2017. A continuación, se presenta el histograma de dichos datos observados.

Figura 20. Histograma de precipitaciones acumuladas DEF entre 1967 y 2017



A partir de los datos observados se pide ajustar una distribución de probabilidad conocida para luego poder realizar simulaciones Montecarlo. En general, las precipitaciones suelen modelarse según una distribución gamma la cual está definida por dos parámetros (k y λ), los cuales se obtienen usando la función “fitgamma” del paquete “fitdistrplus” en el software R. De acuerdo, a la función a la estimación realizada, la distribución gamma que mejor se ajusta a los datos observados tiene como parámetro k igual 6.19, y el parámetro λ igual a 0.019. A continuación, se presenta el histograma de 3000 valores simulados de la variable precipitación acumulada diciembre, enero y febrero, siguiendo una distribución de probabilidad gamma obtenida.

Figura 21. Histograma de precipitaciones simuladas



Ejercicio c) Realice un análisis Montecarlo haciendo variar el rendimiento de maíz sin riego, suponiendo que los rendimientos esperados son variables y se explican a partir del nivel de precipitaciones acumulado en diciembre, enero y febrero.

Anteriormente se realizaron simulaciones Montecarlo, suponiendo que las distribuciones de las variables bajo análisis se mantenían constantes o variaban a partir de determinado período. En este ejercicio, en cambio, los parámetros de la distribución de la variable simulada varían período a período dependiendo de los valores que toma la variable climática precipitaciones acumuladas de diciembre, enero y febrero. Por tanto, la simulación Montecarlo se realiza en tres pasos para cada iteración: Un primer en el cual se simula la precipitación para todos los períodos del proyecto; un segundo paso en el cual se asocia los valores obtenidos para las precipitaciones de acumuladas de cada período a un rendimiento esperado del maíz (Tabla 40); y un tercer paso en el cual se simulan los rendimientos del maíz sin riego para cada período, tomando como parámetros de la distribución probabilidad el rendimiento esperado de maíz obtenido en el paso dos.

Esta forma de realizar las simulaciones Montecarlo permite tomar en cuenta los eventos climáticos extremos a través de la relación entre una variable climática que define el evento climático extremos y una variable física del proyecto que “responde” a los eventos climáticos extremos de cierta manera. En este caso en particular, el evento que se analiza es el déficit hídrico de acuerdo a la siguiente tabla, que relaciona las precipitaciones acumuladas de cada período con el rendimiento del cultivo de maíz sin riego.

Tabla 40. Función dosis respuesta

	Evento extremo	Simulaciones a partir de DSSAT					
Precipitaciones DEF acumuladas (mm)	0-100	100-150	150-250	250-300	300-350	350-400	400 o más
Rendimiento esperado (ton/ha)	0	2,858	3,443	4,343	4,658	4,883	5,018

A continuación, se ejemplifica paso a paso la simulación Montecarlo para una iteración:

Paso 1: Simulación de las precipitaciones acumuladas en diciembre, enero y febrero para los 30 períodos del proyecto.

[1] 244.39972 589.12423 549.38236 187.25997 515.02163 542.00652
172.15518

[8] 268.22612 177.81979 276.68631 184.31601 297.25395 451.52831
408.23695
[15] 97.85168 187.22879 240.71892 210.39894 233.80257 289.94342
171.35744
[22] 182.47225 467.58109 259.70083 117.29555 349.18630 473.58983
272.94159
[29] 246.36907 344.47775

Paso 2: Se asocian las precipitaciones de cada período al rendimiento esperado del maíz sin riego, de acuerdo con la Tabla 40.

[1] 3.443 5.018 5.018 3.443 5.018 5.018 3.443 4.343 3.443 4.343 3.443
4.343
[13] 5.018 5.018 0.000 3.443 3.443 3.443 3.443 4.343 3.443 3.443 5.018
4.343
[25] 2.858 4.658 5.018 4.343 3.443 4.658

Paso 3: Se simulan los rendimientos de cada caso, suponiendo que se distribuyen normal con media igual al rendimiento esperado obtenido en el paso 2 y coeficiente de variación 0,23 (obtenido del enunciado del ejercicio).

[1] 2.868367 2.773370 6.355939 2.697286 6.650504 5.482622 3.410445
3.106246
[9] 3.071348 3.946634 4.997903 4.691602 2.124620 3.386348 0.000000
4.021517
[17] 4.676388 3.547777 2.515811 4.530697 2.487959 3.209216 4.582821
4.724210
[25] 2.453929 4.695051 4.239999 3.730160 4.457286 5.577443

Una vez obtenidos los rendimientos simulados del cultivo, se continúa realizando el análisis Montecarlo incluyendo los demás costos y beneficios, tal como se indicó en la Práctica 4.

Anexo 2. Conceptos microeconómicos⁹

A. Preferencias individuales y bienestar

La teoría económica del bienestar parte de la premisa de que los individuos son los dueños y jueces de su bienestar y de que, a través de la observación de las decisiones que los individuos toman frente a diferentes canastas de bienes y servicios, es posible realizar inferencias sobre el bienestar individual. Por ejemplo, si el individuo prefiere una canasta de bienes y servicios X a una canasta de bienes y servicios Y , se puede inferir que la canasta X le genera mayor bienestar que la canasta Y . Dicho bienestar también se conoce como *utilidad*, y refiere al placer o felicidad percibido por los individuos (Perman *et al.*, 2003).

A esto se agregan dos propiedades importantes sobre las que se basa la teoría. La primera es la propiedad de *mas es mejor*, que implica que el individuo preferirá una canasta con mayor cantidad de un bien o un servicio que una canasta con menor cantidad del mismo bien o servicio, dejando lo demás constante. Mientras que la segunda propiedad es la de *sustituibilidad* entre componentes de una canasta, que implica que es posible sustituir la disminución de un bien o servicio con el aumento en la cantidad de otro, de forma tal que el individuo se comporte de modo indiferente entre las dos canastas. Si se supone que las dos propiedades anteriores se cumplen, entonces las canastas podrán ser ordenadas de forma ordinal a través de la función de utilidad, que asigna un valor numérico de utilidad a cada canasta de bienes en función de la cantidad de los bienes contenidos en ella.

Considérese la siguiente función de utilidad, que expresa la utilidad individual en función de la cantidad de bienes privados consumidos (representados por el vector X) y los servicios ambientales (representados por el vector Q):

9 En el Anexo 2 se incluye un resumen de los conceptos microeconómicos del ACB presentados en Boardman *et al.* (2011), con algunos complementos de Nicholson y Snyder (2008) y Perman *et al.* (2003).

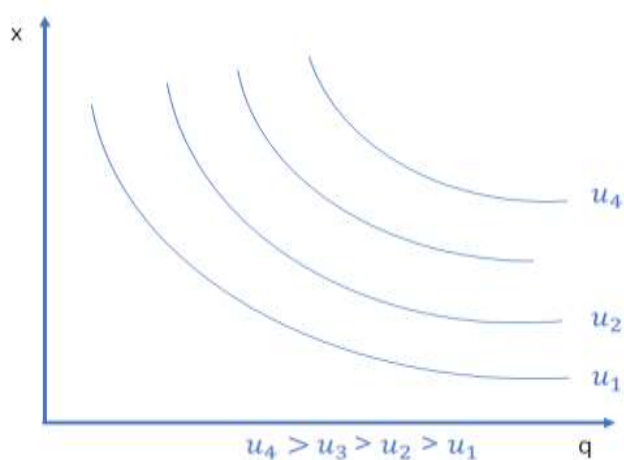
$$u = u(X, Q)$$

Donde $X = (x_1, x_2, \dots, x_K)$ es el vector que refleja la cantidad de bienes privados k consumidos y $Q = (q_1, q_2, \dots, q_J)$ es el vector que refleja la cantidad de servicios ambientales percibidos por el individuo. Gráficamente la función de utilidad se expresa como curvas isocuantas que determinan todas las posibles combinaciones de bienes que hacen que el individuo mantenga el mismo nivel de utilidad para cada nivel de utilidad.

Para simplificar la exposición supóngase que la función de utilidad individual depende de solo dos factores: el consumo de un bien privado x y un servicio ambiental q . Para ese caso, una posible forma gráfica de la utilidad que el individuo percibe ante diferentes combinaciones de bien x y el servicio q es la que se muestra en la Figura 22. En dicha figura se presenta en el eje horizontal la cantidad del servicio q percibido por el individuo y en el eje vertical la cantidad del bien privado x consumido por el individuo. Adicionalmente se incluyen diferentes curvas isocuantas que muestran las combinaciones de bienes que permiten al individuo tener un nivel de utilidad dado. Como se puede notar, las curvas isocuantas representan, por un lado, el principio de sustituibilidad, ya que suponen que, dentro de cada curva, el individuo puede sustituir determinado consumo del bien x por el servicio q manteniendo la misma utilidad u . Y, por otro lado, representa el principio de *más es mejor* en el hecho de que cuanto más cantidad del bien x consume el individuo, dejando la cantidad del otro bien o servicio constante, mayor será el nivel de utilidad percibido (es decir, su utilidad será representada por una isocuanta más lejana de los ejes en comparación con la isocuanta que representa el punto de partida).

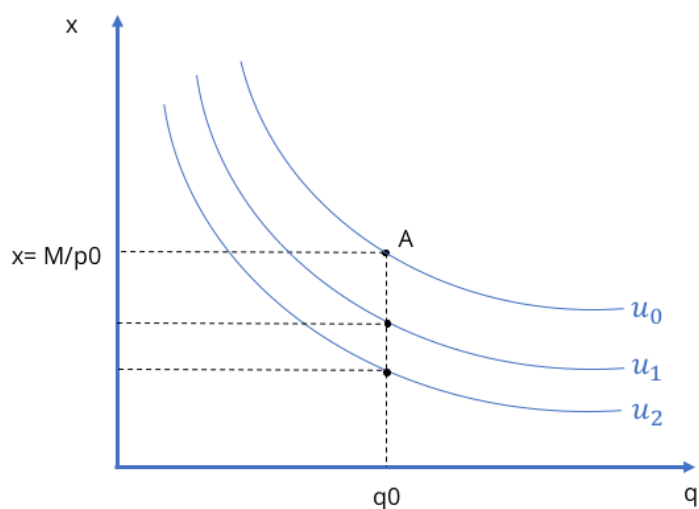
Como supuesto adicional se establece que el bien x tiene un precio de mercado p igual a p_0 , que el servicio ambiental q tiene precio cero y que el individuo busca maximizar su utilidad bajo una restricción presupuestaria M . En ese contexto, la combinación de bienes que maximiza la utilidad del individuo está dada por el punto A (con $x = M/p_0$ y $1 = q_0$) por el cual pasa la isocuanta u_0 (véase Figura 23). Esto se debe a dos razones. En primer lugar, dado que el nivel de q es fijo y está dado exógenamente (no es decidido por el individuo), la única decisión que el individuo puede tomar es la cantidad del bien x que desea consumir. En segundo lugar, dada la propiedad de *más es mejor*, el individuo maximizará su utilidad con el nivel máximo que pueda consumir de x , lo cual se da en M , donde el individuo destina todo su ingreso a obtener un número M de bienes x a precio p_0 .

Figura 22. Función de utilidad individual



Fuente: Elaboración propia.

Figura 23. Maximización de utilidad



Fuente: Elaboración propia.

A partir de esto es posible extraer dos conclusiones sobre el comportamiento del individuo y su bienestar individual, que son expuestas en las siguientes dos subsecciones. La primera es la obtención de la curva de demanda individual del bien x , que relaciona la cantidad consumida de determinado bien o servicio con diferentes precios que este pueda tener. La segunda conclusión es la valoración en términos monetarios de bienes sin valor de mercado (el servicio ambiental q), a través de los conceptos denominados *excedente compensatorio* o *excedente equivalente*.

A1. Curva de demanda individual

Para simplificar el desarrollo siguiente, se mantendrán los supuestos anteriormente detallados:

- La función de utilidad individual depende únicamente de un bien privado x y de un servicio ambiental q .
- El bien privado x tienen un precio de mercado p_0 , mientras que el servicio ambiental q no tiene precio de mercado y está fijo en una cantidad q_0 determinada exógenamente (el individuo no puede decidir qué cantidad del servicio ambiental q percibe).
- El individuo enfrenta una restricción presupuestaria M .

A partir de los supuestos anteriores, la función de utilidad individual puede escribirse de la siguiente forma:

$$u = u(x, q)$$

Como ya se mencionó en la introducción del Anexo 2, se supone que el individuo busca maximizar su utilidad bajo la restricción presupuestaria que enfrenta. Dicho de otra forma, el individuo buscará consumir la mayor cantidad de bien x y servicio ambiental q posible para su presupuesto M . El problema anterior puede reescribirse de forma matemática de la siguiente manera:

$$\text{Maximizar } u = u(x, q_0)$$

sujeto a:

$$x p_0 = M$$

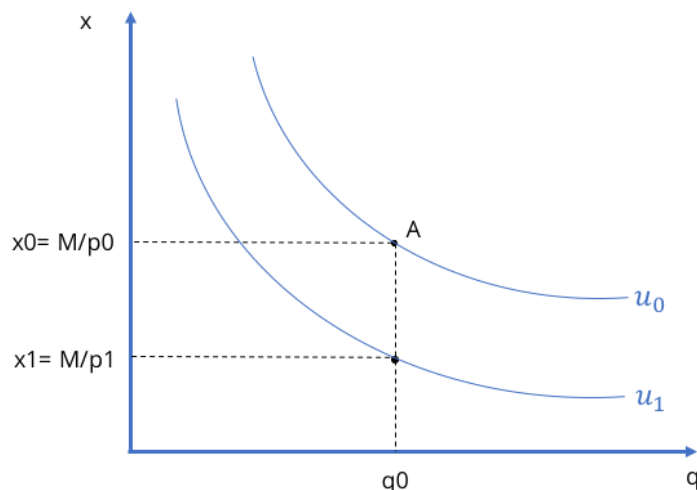
La solución a este problema tiene como resultado la función de demanda marshalliana que expresa la cantidad del bien x para un nivel de precios p y presupuesto M , tal como se expresa en la siguiente ecuación:

$$x = x(p_0, M)$$

Si se sustituye la función anterior dentro de la función de utilidad se observará entonces que la utilidad o bienestar del individuo va a depender, bajo los supuestos antes establecidos, del precio del bien x y de la restricción presupuestaria que enfrenta. Para ilustrar lo anterior supóngase que el precio de x aumenta de p_0 a p_1 ($p_1 > p_0$). En ese caso, la máxima cantidad del bien x que el individuo puede obtener es menor que la cantidad original ($M/p_0 > M/p_1$). Esto no solo prueba la relación inversa que existe entre el precio y la cantidad demandada de los bienes privados (a mayor precio, menor cantidad demandada), sino que también indica que a nivel individual un aumento en los precios, dejando

lo demás constante, conlleva una pérdida en el bienestar individual (la utilidad percibida por el individuo pasa de u_0 a u_1 , siendo $u_1 < u_0$).

Figura 24. Cambios en la utilidad ante cambios en el precio



Fuente: Elaboración propia.

El mismo ejercicio puede hacerse con el nivel de ingreso, y se llega a la conclusión de que cuanto mayor es el ingreso del individuo, mayor es la utilidad que obtiene.

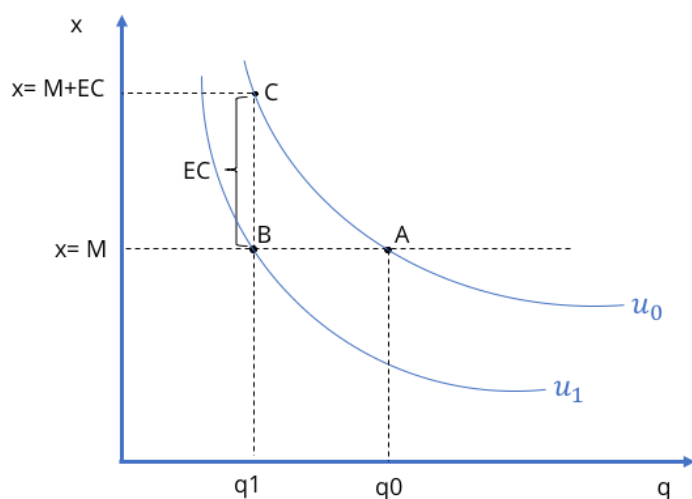
A2. Excedente compensatorio y excedente equivalente

Así como es posible relacionar las variaciones en el precio de los bienes privados con cambios en el bienestar individual, también es posible medir la pérdida o ganancia de bienestar por cambios en el nivel de bienes o servicios que no tienen valor de mercado. Además, dichos cambios podrán ser expresados en términos monetarios de manera indirecta a través de los conceptos denominados *excedente compensatorio* o *excedente equivalente*. El excedente compensatorio se define como la mínima cantidad de dinero que el individuo requiere para mantener su nivel de utilidad constante en caso que el consumo de uno de los bienes de su canasta se vea reducido de manera exógena. Por otra parte, el excedente equivalente se define como la máxima cantidad de dinero que el individuo estaría dispuesto a pagar para evitar una reducción exógena en el consumo de alguno o ambos bienes de su canasta, ya sea por aumento de precios

o reducción del nivel del servicio ambiental. Si bien ambos conceptos parecerían ser equivalentes, técnicamente son distintos.

Para mostrar en detalle la diferencia se ilustra a continuación un caso simplificado, en el cual el individuo se enfrenta a cambios en el nivel del servicio ambiental en dos casos distintos; uno en que la reducción del nivel del servicio ambiental ocurrió realmente, y otro, en el cual se planea llevar a cabo acciones que reducirán el nivel del servicio ambiental en el futuro. Para el primer caso, supóngase que el individuo (de un momento a otro) ve reducido el servicio ambiental de manera exógena, del nivel original q_0 a un nivel menor q_1 (por ejemplo, si el servicio q es la calidad del agua, la reducción del servicio ambiental calidad del agua puede deberse a un derrame de sustancias tóxicas río arriba de donde se encuentra el individuo analizado). En ese momento, la canasta de bienes del individuo pasará del punto A al punto B, con un nivel de utilidad menor dado por la isocuanta u_1 . A partir de ese punto se dirá que el excedente compensatorio es igual a la mínima cantidad de dinero que le permitirá al individuo consumir una cantidad tal del bien x (mayor a M) que le permita volver a su utilidad original dada por la isocuanta u_0 . Gráficamente, esa cantidad está dada por el segmento EC de la Figura 22, que llevaría al individuo del punto B al punto C.

Figura 25. Excedente compensatorio

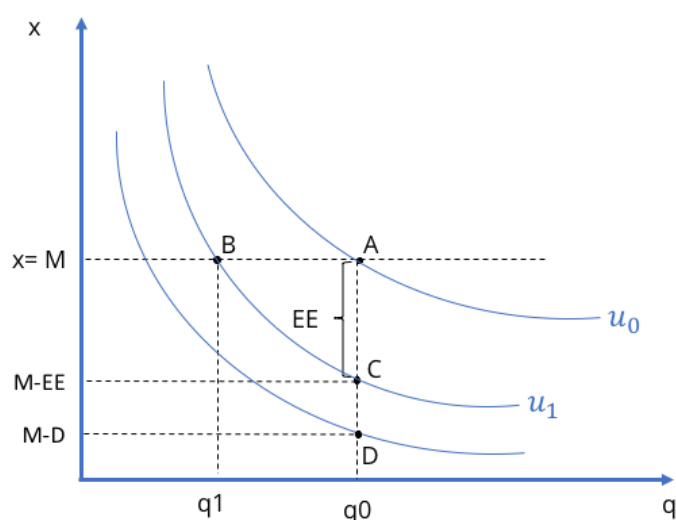


Fuente: Elaboración propia.

Para el segundo caso, supóngase que se planea (en el futuro) instalar una planta industrial que reduce el nivel de calidad ambiental de un nivel q_0 a q_1 (por ejemplo, como consecuencia de que la planta libera efluentes nocivos río arriba

de donde se encuentra el individuo analizado). En ese caso, el excedente equivalente será igual a la máxima cantidad de dinero que el individuo está dispuesto a perder de su ingreso con el fin mantener el nivel de calidad ambiental en q_0 . Al igual que en el ejemplo anterior, una caída (en este caso hipotética) en el nivel de q (desde q_0 a q_1) llevaría al individuo a un nivel inferior de utilidad dado por el punto B y la isocuanta u_1 . Por tanto, el máximo nivel de ingreso al que el individuo estaría dispuesto a renunciar está dado por el punto C, donde el individuo se mantiene al menos en el nivel de utilidad q_1 que hipotéticamente percibiría si ocurriese que el nivel de q efectivamente se reduce de q_0 a q_1 . Para ver que más claramente que EE es el máximo ingreso al que el individuo está dispuesto a renunciar, se plantea la situación de que el individuo esté dispuesto a renunciar una cantidad D mayor a EE. Dicha cantidad D llevaría a que la cantidad máxima de bien x que el individuo pueda consumir sea $M-D$, lo cual está asociado a una isocuanta más cercana a los ejes y por tanto se viola el supuesto de maximización de utilidad.

Figura 26. Excedente equivalente



Fuente: Elaboración propia.

B. Bienestar social

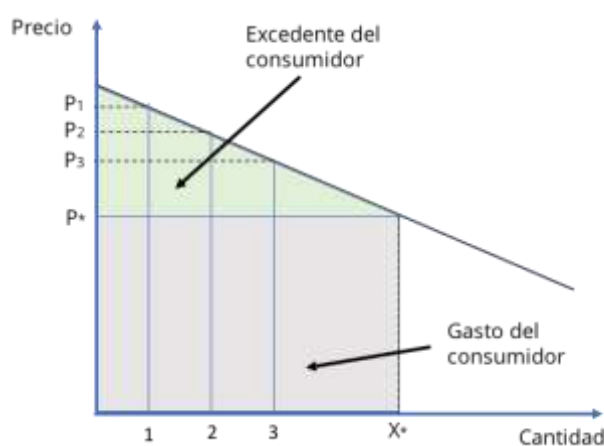
La función de bienestar social expresa las preferencias y el bienestar de la sociedad en su conjunto. Se obtiene a partir de la agregación de las funciones de utilidad individuales. Por lo tanto, al igual que para el bienestar individual, los cambios en los precios de mercado y en la oferta de bienes sin valor de mercado

tendrán efectos sobre el bienestar social. A su vez, dichos cambios en el bienestar pueden ser medidos a partir de las curvas de oferta y demanda de mercado. La presente sección del anexo se divide en tres partes. En la primera parte se introducen los conceptos de curva de demanda de mercado y excedente del consumidor. En la segunda parte se introducen los conceptos de curva de oferta de mercado y excedente del productor. Y en la tercera y última parte se describe el concepto de excedente social y los cambios en este como medida de cambios en el bienestar social.

B1. Curvas de demanda y excedente del consumidor

Tal como se indicó en la sección A, la curva de demanda individual indica las cantidades de un bien que un individuo está dispuesto a comprar en función del precio. A partir de ello, la curva de demanda de mercado para un bien determinado se entiende como la suma de las curvas de demanda de todos los individuos que participan en el mercado. Por convención, esto se expresa gráficamente a través una función que indica cuál es el precio del bien para diferentes cantidades demandadas (véase Figura 24). La curva de demanda tiene una pendiente negativa, que indica que cuanto menor es el precio del bien, mayor será la demanda de los individuos por este.

Figura 27. Curva de demanda



Fuente: Elaboración propia basada en Boardman *et al.* (2011).

Por otra parte, la curva de demanda también puede ser interpretada como la disposición a pagar por un bien que tiene la sociedad. Esto puede ser mejor entendido como un proceso de subasta. Imagínese que el precio del bien que se está representando es P_1 . Para ese precio, según la curva en la Figura 24, habrá

algunos individuos que estarán dispuestos a demandar, en total, una unidad del bien x . Si el precio es P_2 , la cantidad que la sociedad demandará será de dos unidades del bien x . Esto se puede repetir sucesivamente, por ejemplo, hasta el precio P^* ; entonces la demanda agregada será igual a unidades de x^* .

En un mercado competitivo, el precio del bien x será único e igual a P^* cuando la cantidad producida sea igual a x^* . Por tanto, el gasto en que incurre la sociedad para consumir x^* unidades del bien x puede ser calculada como P^* multiplicado por x^* . Sin embargo, como se vio a través del proceso de subasta, hay individuos en la sociedad que hubiesen estado dispuestos a pagar un precio mayor por el bien. Estos individuos se ven beneficiados de poder adquirir el bien a un precio menor, gracias a un incremento en la cantidad producida de este. El beneficio neto es la diferencia entre el beneficio total y el gasto actual y se denomina *excedente del consumidor*. Esta es una medida adecuada de la utilidad o bienestar que la sociedad obtienen por el consumo de bienes con valor de mercado (Boardman *et al.*, 2011).

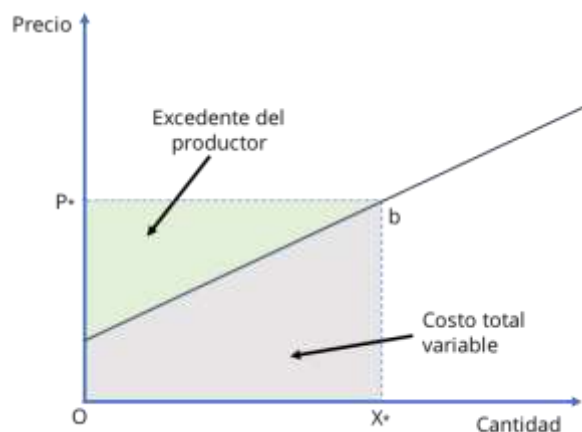
B2. Curvas de oferta y excedente del productor

La *curva de oferta* individual representa el costo marginal que la firma afronta por producir determinada cantidad de un bien. Inversamente a la curva de demanda, la curva de oferta típica tiene una pendiente positiva. Es decir, cuanto mayor es el precio, mayor cantidad unidades del producto las empresas estarán dispuestas a ofrecer. De manera similar a las curvas de demanda de mercado, la curva de oferta de mercado de un determinado bien se obtiene como la suma de las curvas de oferta individuales de las firmas que participan en la producción del bien e indica la cantidad de bienes que se ofrecerán al mercado a determinado precio.

En la Figura 25 se puede ver una representación de la curva de oferta de mercado. El área que se encuentra debajo de la curva de oferta indica el costo total variable de producir x^* unidades del bien, lo que puede ser interpretado como la mínima cantidad de dinero para la cual el mercado estará dispuesto a producir la cantidad x^* . Como se indicó anteriormente, en un mercado competitivo el precio es único e igual a P^* cuando la cantidad demandada del bien x es x^* . Por tanto, el ingreso bruto que recibirán las firmas productoras del bien x se puede calcular como P^* multiplicado por x^* . Dicha cantidad es representada por el rectángulo $P^*b\ x^*O$ de la Figura 25 y se puede notar fácilmente que es siempre mayor al costo total variable (representado por el polígono que se encuentra por debajo de la curva de oferta). La diferencia entre el ingreso bruto y los costos totales variables (área gris oscura en la Figura 28) se denomina

excedente del productor y mide el beneficio neto que reciben las firmas del mercado del bien x por determinada cantidad del bien. Es el equivalente del excedente de consumidor, pero para las firmas productoras.

Figura 28. Curva de oferta agregada



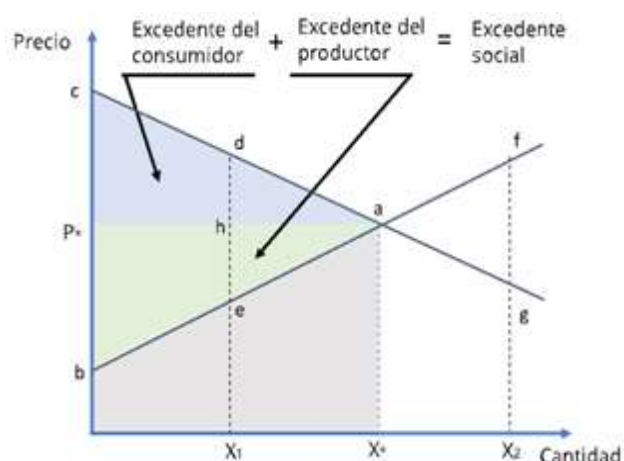
Fuente: Elaboración propia basada en Boardman *et al.* (2011).

B3. Excedente social

Cuando se considera el mercado en su conjunto, las curvas de oferta y de demanda conforman lo que se denomina *excedente social*, que se define como la suma entre el excedente del productor y el excedente del consumidor, tal como se indica en la Figura 29.

En el contexto del ACB dicho excedente social es el indicador utilizado para medir los efectos que tiene un proyecto sobre el bienestar social para el mercado del bien x . Para ilustrarlo, supóngase que, partiendo de punto x^* , el gobierno decide intervenir con un proyecto que limitará la cantidad de x desde x^* a x_1 . En ese caso se estaría empeorando la situación de alguna persona con respecto al equilibrio, lo cual puede ser medido a partir de la pérdida de excedente social correspondiente al triángulo *dae*. Por otra parte, si, partiendo del equilibrio competitivo, el proyecto desarrollado aumenta la producción del bien x desde x^* a x_2 también existirá una pérdida en el excedente social igual al área *afg*, haciendo al menos a alguna persona peor.

Figura 29. Excedente social



Fuente: Elaboración propia basada en Boardman *et al.* (2011).

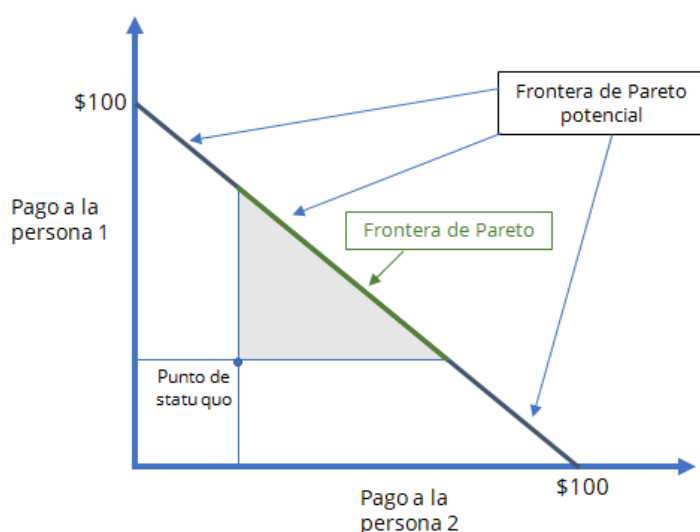
C. Eficiencia económica y cambios en el bienestar social

Tal como se indicó en el Capítulo 1 de esta guía, el análisis costo beneficio (ACB) puede ser pensado como una herramienta para medir la eficiencia, ya que permite evaluar si un proyecto o política genera una asignación más eficiente de recursos en comparación con otra alternativa (incluida la alternativa de no hacer nada) (Boardman *et al.*, 2011). En otras palabras, esto quiere decir que el ACB permite establecer si los recursos asignados o destinados a un proyecto o política (que podrían ser usados para otros proyectos o políticas) generarán efectos netos positivos de tal magnitud que permitan más que compensar los costos de oportunidad en que se incurre (no realizar el proyecto o política alternativo) y de esa manera aumentar el bienestar de la sociedad.

En términos técnicos, la eficiencia económica se define a partir del concepto denominado *eficiencia de Pareto*, que establece que una asignación de recursos (por ejemplo: tierra, agua o mano de obra) es Pareto eficiente si no existe otra asignación alternativa que pueda mejorar la situación de una persona sin empeorar la situación de otra persona (Perman *et al.*, 2003; Nicholson y Snyder, 2008; Boardman *et al.*, 2011). Sin embargo, en la práctica, las oportunidades de realizar proyectos donde nadie se vea afectado negativamente son muy pocas y por tanto es necesario contar con un concepto de eficiencia más laxo, conocido como *mejora potencial de Pareto* o *criterio Kaldor-Hicks*. Este es el concepto de eficiencia que se encuentra detrás del ACB y establece que un proyecto es eficiente si puede generar efectos positivos suficientes como para compensar los efectos negativos que eventualmente se generen.

Para entender más claramente las diferencias entre la eficiencia de Pareto y el criterio Kaldor-Hicks (mejora potencial de Pareto), la Figura 30 presenta un simple caso numérico en donde se plantea que existen \$100 para asignar entre dos personas. En el momento actual se asignan \$50, según se indica en el *punto de statu quo*. Sin embargo, este punto no presenta una asignación Pareto eficiente, ya que cualquier punto contenido dentro del triángulo gris podría mejorar la situación de una persona sin empeorar la situación de otra, hasta alcanzar la línea verde, en la cual la asignación es Pareto eficiente. Ahora bien, las asignaciones que se encuentran en la recta de color gris (fuera de la línea verde) no representan asignaciones Pareto eficientes ya que, si bien asignan la totalidad de recursos disponibles, implica que alguna de las dos personas reciba menos paga que la que estaba recibiendo en el *punto de statu quo*, con lo cual alguno de individuos se ve desfavorecido. Sin embargo, si bien lo anterior es cierto, es posible definir un sistema compensatorio entre las personas involucradas que lleve a una asignación a la frontera de Pareto. Por tanto, se puede decir que existe una mejora potencial de Pareto.

Figura 30. Frontera potencial de Pareto



Fuente: Elaboración propia basada en Boardman *et al.* (2011).

Para entender el concepto de mejora potencial de Pareto en el contexto de un proyecto de inversión o de una política, piénsese en el caso de dos períodos de tiempo (el presente y el futuro) para los cuales no hay tasa de interés. Supóngase que se desea desarrollar un proyecto en el período 1 y se quiere evaluar si este generará una mejora potencial de Pareto. En el punto previo a la realización del proyecto o política existe una determinada asignación de recursos (bienes y

servicios con y sin valor de mercado) entre los diferentes agentes de la economía (sector público, sector privado y hogares). Partiendo de ese punto, la ejecución del proyecto o política traerá aparejada una reasignación de recursos en la economía a través de cambios en la oferta y la demanda de diferentes bienes afectados, así como también a través de cambios en la oferta de los bienes y servicios que no tienen valor de mercado. Los cambios en el bienestar social asociados a dicha reasignación de recursos pueden ser medidos a partir de los cambios en el excedente social de cada uno de los mercados afectados, para los bienes con valor de mercado, y con el uso de alguna de las técnicas especificadas en el Capítulo 5, para los bienes y servicios sin valor de mercado. Una vez expresados todos los efectos del proyecto en el bienestar en términos monetarios, se dirá que el proyecto genera una mejora potencial de Pareto si y solo si la suma de todos los efectos es positiva. En otras palabras, se dirá que el proyecto genera una mejora potencial de Pareto si la reasignación de recursos causada por el proyecto genera beneficios a nivel de la economía tales que pueden compensar las pérdidas de bienestar causadas por el proyecto a nivel de la economía.



Fomentado por el:



Ministerio Federal
de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza,
Obras Públicas y Seguridad Nuclear

en virtud de una resolución del
Parlamento de la República Federal de Alemania

ISBN 978-92-5-131194-3



9 789251 311943

CA2795ES/1/03.19