

UNIVERSIDAD NACIONAL
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO
CENTRO INTERNACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA
PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE
POSGRADO EN POLÍTICA ECONÓMICA

ESTIMACIÓN DE LA TASA DE DESCUENTO EMPLEADA
PARA LA EVALUACIÓN COSTO-BENEFICIO DE
PROYECTOS CON EFECTOS MEDIOAMBIENTALES EN
COSTA RICA

JASON RIVERA UGARTE

HEREDIA, COSTA RICA
Noviembre, 2024

Tesis sometida a consideración del Tribunal Examinador de la
Maestría en Política Económica para optar por el grado de
Magister Scientiae en Política Económica con énfasis en
Desarrollo Sostenible y Economía Ecológica

**ESTIMACIÓN DE LA TASA DE DESCUENTO EMPLEADA
PARA LA EVALUACIÓN COSTO-BENEFICIO DE
PROYECTOS CON EFECTOS MEDIOAMBIENTALES EN
COSTA RICA**

JASON RIVERA UGARTE

**Tesis presentada para optar por el grado de Magister Scientiae en
Política Económica. Cumple con los requisitos establecidos por el
Sistema de Estudios de Posgrado de la Universidad Nacional.
Heredia. Costa Rica.**

MIEMBROS DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

Dr. Greivin Rodríguez Calderón
Representante del Consejo Central de Posgrado

Ph.D. Suyen Alonso Ubieta
Coordinadora de la Maestría en Política Económica

Ph.D. Mary Luz Moreno Díaz
Tutora de tesis

Ph.D. Daniela García Sánchez
Miembro del Comité Asesor

M.Sc. Johanna Salas Jiménez
Miembro del Comité Asesor

Bach. Jason Rivera Ugarte
Sustentante

Agradecimiento

Un agradecimiento a todas aquellas personas que estuvieron a mi alrededor desde el inicio, y a todos aquellos que con su insistencia me llevaron a cumplir esta meta. A mi tutora Mary Luz Moreno Diaz, agradecimiento especial por su colaboración en los distintos momentos y por siempre estar dispuesta a brindarme el acompañamiento necesario.

Dedicatoria

A mis padres, gracias a ellos soy quién soy.

Contenido

LISTA DE ABREVIATURAS.....	ix
RESUMEN EJECUTIVO.....	x
INTRODUCCIÓN.....	xiii
CAPÍTULO 1 CONTEXTO GENERAL.....	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	9
1.3. PROBLEMÁTICA	18
1.4. OBJETIVOS	19
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	19
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO - METODOLÓGICO.....	21
2.1 MARCO TEÓRICO.....	21
2.1.1 FUNDAMENTOS DE ECONOMÍA ECOLÓGICA RELACIONADO CON LA SOSTENIBILIDAD EN EL USO DE RECURSOS NATURALES	21
2.1.2 EL ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO APLICADO A PROYECTOS DE INVERSIÓN CON EFECTOS MEDIOAMBIENTALES DE LARGO PLAZO	24
2.1.3 TASAS DE DESCUENTO DE LARGO PLAZO	30
2.1.3.1 TASA DE DESCUENTO DE RAMSEY	30
2.1.3.2 TASA DE DESCUENTO ESTIMADA A PARTIR DE TASAS DE MERCADO.....	46
2.2 MARCO METODOLÓGICO.....	50
2.2.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	50
2.2.2 ETAPAS DE INVESTIGACIÓN	50
2.2.2.1 TALLER DE EXPERTOS. SELECCIÓN DE LA METODOLOGIA	51
2.2.2.2 ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS.....	55
2.2.2.3 ESTIMACIÓN DE LA TASA DE DESCUENTO	55
2.2.2.4 CÁLCULO DE INDICADORES EN UN PROYECTO DE INVERSIÓN	56
2.2.2.5 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS INDICADORES DE RENTABILIDAD.....	56
CAPÍTULO 3 RESULTADOS	57
3.1 SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA TASA DE DESCUENTO.....	57
3.2 ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS.....	62
3.2.1 PARÁMETRO α	63
3.2.2 TASA DE CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN π	64

3.2.3	TASA DE CRECIMIENTO DEL INGRESO PER CÁPITA γ	66
3.2.4	COEFICIENTE DE AVERSIÓN RELATIVA AL RIESGO σ	67
3.2.5	TASA PURA DE PREFERENCIA POR EL TIEMPO ρ	70
3.3	CÁLCULO DE LA TASA DE DESCUENTO PARA PROYECTOS CON EFECTOS MEDIOAMBIENTALES PARA COSTA RICA	71
3.4	CALCULO DE INDICADORES A UN PROYECTO DE INVERSIÓN APLICANDO LA TSD Y LA TASA DE DESCUENTO DE LARGO PLAZO ESTIMADA	75
3.5	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS INDICADORES DE RENTABILIDAD.....	79
CAPÍTULO 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		81
4.1	CONCLUSIONES	81
4.2	RECOMENDACIONES	83
ANEXOS		93
Anexo I. Cuestionario		93
Anexo II. Resultados obtenidos de la aplicación del cuestionario		99
Anexo III. Recaudación de impuesto sobre la renta por quintiles		100
Anexo IV. Cálculo de tasa de descuento		101
Anexo V. Flujos de caja.....		105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Países latinoamericanos en los que se ha utilizado la tasa de descuento de 12% por año de publicación y estado actual.....	4
Tabla 1.2 Tasas de descuento de largo plazo y ambientales estimadas por país, valor y horizonte de evaluación utilizado.....	6
Tabla 1.3 Estimación del valor actual de los beneficios para un período de 100 años según distintas tasas de descuento	11
Tabla 2.1 Tasas de descuento de largo plazo estimadas para Costa Rica y Chile por horizonte de evaluación y valor	46
Tabla 3.1 Resultados obtenidos de la aplicación del cuestionario por pregunta, según ronda de aplicación	59
Tabla 3.2 Respuestas a las preguntas relacionadas con la selección de la metodología para el cálculo de la tasa de descuento	60
Tabla 3.3 Parámetros a estimar según información necesaria y fuente de datos.....	63
Tabla 3.4 Tasas de crecimiento de la población por año y población total.....	65
Tabla 3.5 Tasa de crecimiento anual del ingreso nacional bruto per cápita por año.....	67
Tabla 3.6 Coeficiente de aversión relativa al riesgo por año.....	69
Tabla 3.7 Esperanza de vida al nacer en Costa Rica por año	71
Tabla 3.8 Valores de la tasa de descuento para $\alpha = 0$ y $\alpha = 0,5$, según horizonte de evaluación	72
Tabla 3.9 Valores obtenidos para los parámetros de cálculo de la tasa de descuento para Costa Rica, Brasil y para el promedio de nueve países latinoamericanos.....	74
Tabla 3.10 Indicadores de rentabilidad según los escenarios planteados.....	79
Tabla II.1 Resultados obtenidos de la aplicación del cuestionario por ronda	99
Tabla III.1 Distribución de contribuyentes, renta bruta y recaudación tributaria por quintil, según año	100
Tabla IV.1 Cálculo de tasa de descuento por año, según parámetros definidos, utilizando $\alpha = 0,5$...	101
Tabla IV.2 Cálculo de tasa de descuento por año, según parámetros definidos, utilizando $\alpha = 0$	103
Tabla V.1 Flujo de caja económico-social para un horizonte de evaluación de 25 años	105
Tabla V.2 Flujo de caja económico-social para un horizonte de evaluación de 50 años	106

LISTA DE ABREVIATURAS

AyA: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados

DAP: Disposición a pagar

FONAFIFO: Fondo Nacional de Financiamiento Forestal

GAM: Gran Área Metropolitana

Mideplan: Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica

MINAE: Ministerio de Ambiente y Energía

R-B/C: Relación Beneficio-Costo

SINAC: Sistema Nacional de Áreas de Conservación

SNIP: Sistema Nacional de Inversión Pública

TREMA: Tasa de Retorno Mínima Atractiva

TSD: Tasa Social de Descuento

VAEE: Valor Anual Equivalente Económico

VAN: Valor Actual Neto

VANE: Valor Actual Neto Económico

VPN: Valor Presente Neto

WACC: Costo de capital promedio ponderado (Weighted Average Cost of Capital)

RESUMEN EJECUTIVO

La evaluación de proyectos con impactos medioambientales y de políticas ambientales es indispensable para asegurar que se seleccionen aquellas que generen los mayores impactos positivos a la sociedad. El análisis costo-beneficio es la herramienta de evaluación de proyectos de inversión pública y privada, así como de políticas más utilizada. Por medio de los indicadores de rentabilidad como el Valor Actual Neto (VAN) o la Relación Beneficio-Costo (R-B/C), se toman decisiones acerca de la conveniencia de implementar o no un proyecto o una política.

Actualmente, en el caso de proyectos de inversión pública se cuenta con una Tasa Social de Descuento (TSD) estimada por Mideplan, con un valor de 8,31%. La forma de cálculo de dicha tasa no toma en cuenta los impactos que se podrían presentar en el largo plazo, provocando que los proyectos y políticas medioambientales se vean perjudicados al subestimar los costos y beneficios de mediano y largo plazo, generando un efecto negativo en los indicadores de rentabilidad.

En esta investigación se estimó una tasa de descuento de largo plazo para utilizar, de manera complementaria con la TSD en la evaluación costo-beneficio para proyectos o políticas con impactos medioambientales; de forma que se valoren de mejor manera dichos impactos en el cálculo de los indicadores de rentabilidad del proyecto. Dicha estimación se realizó utilizando la metodología de Feldstein propuesta por Valentim y Prado (2008), que permite estimar una tasa que considere los efectos de mediano y largo plazo.

Se obtuvo como resultado una tasa de descuento decreciente y menor a la actual TSD de Mideplan, corroborando lo indicado por autores como Correa (2006) y Arrow (1995), quienes señalan que las tasas de descuento de largo plazo deben ser menor incluso a la TSD. Al aplicarse la tasa de descuento de largo plazo estimada a un proyecto en específico, se pudo comprobar que los impactos de mediano y largo plazo son mejor valorados, influyendo positivamente en el resultado de los indicadores de rentabilidad.

Se recomienda la aplicación de esta tasa de largo plazo en la evaluación costo-beneficio de alternativas de proyectos de inversión pública, como un complemento a la actual TSD estimada por Mideplan, así como su utilización en la evaluación ex-ante de políticas medioambientales,

de manera que los impactos de ambos sean valorados de manera adecuada en el cálculo de los indicadores correspondientes.

Palabras claves: tasa de descuento, análisis costo-beneficio, proyecto de inversión, evaluación económica-social, efectos medioambientales

EXECUTIVE SUMMARY

The evaluation of projects with environmental impacts and environmental policies is essential to ensure that those with the greatest positive impacts on society are selected. Cost-benefit analysis is the most widely used tool for evaluating both public and private investment projects, as well as policies. Using profitability indicators such as Net Present Value (NPV) or Benefit-Cost Ratio (BCR), decisions are made about whether or not to implement a project or policy.

Currently in Costa Rica, in the case of public investment projects, there is a Social Discount Rate (SDR) estimated by Mideplan, with a value of 8.31%. The method used to calculate this rate does not take into account the impacts that may arise in the long term, causing environmental projects and policies to be affected by underestimating the medium- and long-term costs and benefits, which negatively influences profitability indicators.

This research estimates a long-term discount rate to be used in conjunction with the SDR in cost-benefit evaluations of projects and policies with environmental impacts. The aim is to better account for these impacts in profitability indicators. The long-term discount rate was calculated based on the Feldstein methodology, as proposed by Valentim and Prado (2008), which enables the estimation of a rate that reflects the medium- and long-term effects.

The result obtained was a declining discount rate, lower than the current SDR rate used by Mideplan, corroborating the views of authors such as Correa (2006) and Arrow (1995), who argue that long-term discount rates should be even lower than the SDR. When applying the estimated long-term discount rate to a specific project, it was observed that the medium- and long-term impacts were better accounted for, positively influencing the outcome of the profitability indicators.

Overall, it is recommended to apply the long-term discount rate in the cost-benefit evaluation of public investment projects alternatives, as a complement to the current SDR estimated by Mideplan, as well as its use in the ex-ante evaluation of environmental policies, so that the impacts of both are properly valued in the calculation of the corresponding indicators.

Key Words: discount rate, cost-benefit analysis, investment project, economic-social evaluation, environmental effects.

INTRODUCCIÓN

La evaluación de proyectos con impactos medioambientales, así como de medidas de política ambiental son indispensables para asegurar que se seleccionen aquellas que generen los mayores impactos positivos a la sociedad. La evaluación de medidas de adaptación o mitigación del cambio climático son de suma importancia, para garantizar que se seleccionen aquellas que generen el mayor impacto en el largo plazo. Dichas medidas pueden ser parte de un proyecto de inversión o bien de una política pública.

El análisis costo-beneficio es la principal herramienta utilizada para realizar la evaluación de los proyectos de inversión pública en el país, así como una herramienta que permite la evaluación ex-ante de las políticas públicas, aunque esta no es una práctica común en el país. Debido a esta ausencia de evaluaciones ex-ante de políticas, esta tesis se centra en la aplicación del análisis costo-beneficio a los proyectos de inversión pública, sin embargo, en las recomendaciones se abordará lo relacionado con la evaluación de políticas. En cuando a la aplicación del análisis costo-beneficio es importante que se realice una adecuada aplicación de la misma, pero también es necesario contar con los elementos y métodos apropiados para que dicha aplicación sea correcta.

En este sentido, un elemento fundamental es la definición de la tasa de descuento a utilizar para el cálculo de los indicadores de rentabilidad del proyecto. Al calcular los indicadores del análisis costo-beneficio de los proyectos de largo plazo con impactos medioambientales, la tasa de descuento que se aplique, debe considerar los efectos de dichos impactos sobre la sociedad en su conjunto. Por esta razón, se sugiere utilizar una tasa de descuento social, en lugar de una tasa estimada con información de mercado como en el caso del cálculo realizado mediante la metodología Costo de Capital Promedio Ponderado (WACC, por sus siglas en inglés), tal como lo sugiere Mideplan para el cálculo de la Tasa de Retorno Mínimo Atractiva (TREMA) específica a nivel institucional.

Asimismo, aunque para la evaluación económica-social se sugiere utilizar una tasa social de descuento (TSD), para el caso de proyectos que deseen realizar una evaluación de impactos de

mediano y largo plazo, esta no debería ser igual a la actual TSD estimada por Mideplan, dado que la misma tiene un comportamiento constante, lo que implica una subvaloración del largo plazo. Esto provoca que los impactos medioambientales de mediano y largo plazo sean subvalorados, afectando negativamente el valor obtenido en los indicadores de rentabilidad del proyecto.

En este sentido, autores como Weitzman (2001), Edwards (2016) y Valentim y Prado (2008), entre otros, sugieren que la tasa de descuento debe tener un comportamiento decreciente, con el propósito de reflejar de mejor manera las preferencias de las generaciones actual y futuras.

Actualmente, Mideplan como ente rector del Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP), ha determinado como tasa de descuento social un valor de 8,31%, la cual se aplica de manera constante a todo el flujo del proyecto. Dicha tasa, en caso de aplicarse de manera constante, estaría subvalorando los efectos medioambientales de los proyectos de largo plazo, por lo cual, se hace necesario contar con una tasa de descuento específica para este tipo de proyectos con el fin de reflejar de una mejor manera, esos impactos y considerar adecuadamente a las generaciones futuras.

Dicha tasa de descuento estimada, se utilizará de manera complementaria con la actual TSD de Mideplan, de manera que se conserve la comparabilidad de los proyectos con efectos medioambientales con aquellos proyectos que no presentan este tipo de efectos.

El objetivo de esta investigación consiste en estimar una tasa de descuento de largo plazo para realizar la evaluación costo-beneficio de los proyectos con efectos medioambientales, tomando en cuenta los efectos de largo plazo.

El documento se divide en cinco capítulos. En el primer capítulo, se presentan los antecedentes, la justificación, así como los objetivos a conseguir mediante este trabajo de investigación. El segundo capítulo muestra el marco teórico enfocado en el cálculo de tasas de descuento social de largo plazo, además incluye el marco metodológico para cumplir con los objetivos determinado en el primer capítulo. El tercer capítulo muestra los resultados obtenidos realizando un análisis por objetivos, y finalmente el cuarto capítulo muestra las conclusiones y recomendaciones del trabajo de investigación.

CAPÍTULO 1 CONTEXTO GENERAL

1.1. ANTECEDENTES

El análisis costo-beneficio ha sido la herramienta utilizada tradicionalmente para definir la conveniencia o no de llevar a cabo los proyectos de inversión pública. Particularmente, en el caso de Costa Rica, el Ministerio de Planificación Nacional y de Política Económica (Mideplan) incluye dentro de los lineamientos del SNIP esta herramienta de análisis con el fin de determinar si el proyecto, a lo largo de su vida útil, generará un aumento en los ingresos de la entidad a cargo, en el caso del análisis financiero, o bien, si aumentará el bienestar de la sociedad producto de la ejecución del proyecto, si se trata de la evaluación económica-social (Mideplan, 2022).

El análisis costo-beneficio busca valorar los flujos de beneficios y costos futuros generados por el proyecto, usando una tasa de descuento para expresarlos en valor presente. De esta forma, se logra establecer indicadores que muestren la rentabilidad financiera o económica-social generada y que justifique la ejecución del mismo.

Uno de los principales indicadores de este análisis es el Valor Actual Neto (VAN) o Valor Presente Neto (VPN), el cual, según Rosales Posas (2008), “se define como valor actualizado de los beneficios menos el valor actualizado de los costos, descontados a la tasa de descuento convenida” (p. 163). Este indicador permite establecer, en valor presente, si el flujo del proyecto va a generar un incremento en la riqueza de quién invierte en el proyecto, en caso de ser positivo; o una disminución de la riqueza, en caso de ser negativo. La fórmula del indicador es la siguiente:

$$VAN(X) = \sum_{t=0}^T \frac{B_t - C_t}{(1 + X)^t} = \sum_{t=0}^T \delta^t (B_t - C_t) \quad (1)$$

Asimismo, se suele utilizar la Relación Costo-Efectividad, la que establece el costo anual equivalente por beneficiario. A través de esta razón, se busca identificar la alternativa de menor costo para alcanzar una meta específica y tiene como ventaja evitar el desarrollo de estimaciones monetarias complejas y costosas (Cáceres Valderrama, 2017). Se puede calcular la Relación Beneficio- Costo, la cual representa la razón de beneficios a costos, mostrando la importancia

relativa de los beneficios respecto a los costos y por medio de la cual se logra establecer si los primeros son mayores a los costos generados por el proyecto bajo análisis. En ambos casos se utiliza el flujo financiero o económico-social descontados utilizando la tasa de descuento apropiada.

Este tipo de análisis pretende valorar si el flujo del proyecto genera una rentabilidad para el proponente. En el caso de los proyectos ambientales públicos, estos beneficios serán para la sociedad en general. Además, estos proyectos tienen la particularidad de que sus beneficios o costos, se suelen presentar en un período de muy largo plazo, al menos de más de 30 años. Es por esto que, de acuerdo a autores como Moore et al (2004), Edwards (2016), Correa (2006), entre otros, que la tasa de descuento que se utilice, debe tomar en cuenta en su formulación, un horizonte de largo plazo que permita tomar en consideración a generaciones futuras, más allá del tradicional período de 30 años.

La tasa de descuento permite traer a valor presente todos los costos y beneficios producidos por el proyecto durante su vida útil. Cabe señalar que en el análisis costo-beneficio se suelen utilizar dos tasas de descuento distintas de acuerdo con el tipo de análisis que se esté realizando: la TREMA para la evaluación financiera y la TSD para la evaluación económica-social. Ambas utilizadas en las Metodologías sugeridas por Mideplan, pero únicamente la TSD es definida por Mideplan, mientras que la TREMA debe ser definida por cada institución.

De acuerdo a Mideplan (2022), la TREMA "...es lo que se conoce como el costo de oportunidad del capital (o en caso de que se haya contraído deuda: costo del capital más el costo del financiamiento) o tasa de descuento del flujo de caja y corresponde a la rentabilidad mínima aceptable que el proyecto debe ofrecer para ser considerado en el proceso de decisión respecto a la inversión." (p. 84)

Como tal, la TREMA es una medida de rentabilidad particular estimada para cada proyecto de manera específica, o bien, de manera sectorial. (Mideplan, 2022) sugiere que se utilice la metodología del *Costo de capital promedio ponderado* (WACC por sus siglas en inglés), la cual utiliza la rentabilidad esperada del capital por parte del inversionista y el costo de la deuda en los casos que corresponda, además se sugiere que dicha tasa sea estimada de manera sectorial. Para el caso de proyectos ambientales, esta tasa no ha sido estimada para Costa Rica y como se

comentará posteriormente, no se sugiere utilizar este tipo de metodologías para este tipo de proyectos, debido a las particularidades de los beneficios y costos generados por los proyectos con importantes impactos ambientales, relacionados con el hecho de que los beneficios y costos suelen ser compartidos por toda la sociedad.

Por su parte, la TSD es fijada por Mideplan y se establece como una tasa única para realizar la evaluación económica-social de todos los proyectos de inversión pública, sin importar el sector al que pertenezca el proyecto, ni su vida útil o la duración de los efectos sobre el ambiente. Esta TSD refleja la disposición de la sociedad de sacrificar consumo presente en favor de un aumento en el consumo futuro. Como se planteará en la siguiente sección y siguiendo a Ramsey (1928), la sociedad debe maximizar su función de utilidad, maximizando la tasa de ahorro, sujeta a las necesidades de consumo actual. A través de los resultados obtenidos por Ramsey, se deriva la TSD. Esta forma de estimar dicha tasa ha sido utilizada en distintos países, incluyendo a Costa Rica.

En Costa Rica, desde el 2010 y hasta el 2019, se utilizaba una tasa de descuento de 12%, según (Mideplan, 2010) “como parte de la experiencia establecida con los organismos financieros internacionales.” (p. 53). No obstante, no se contaba con una metodología de cálculo clara, con la cual se pudiera justificar este valor. Al igual que Costa Rica, varios países de la región han utilizado este mismo valor e incluso la continúan usando actualmente, tal como se aprecia en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1**Países latinoamericanos en los que se ha utilizado la tasa de descuento de 12% por año de publicación y estado actual**

País	Fuente	Año	Estado actual
Honduras	Dirección General de Inversiones Públicas (2015)	2015	Vigente
Nicaragua	Ministerio de Hacienda y Crédito Público (2010)	2010	Se actualizó su valor en 2010 a 8%
Guatemala	Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (2019)	2019	Se actualizó su valor en 2022 a 7%
México	Diario Oficial (2013)	2013	Se actualizó su valor en 2014 a 10%
Panamá	Ministerio de Economía y Finanzas (2022)	2022	Vigente
República Dominicana	Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo (2017)	2017	Vigente
Colombia	Dirección de Proyectos e Información para la Inversión Pública (2023)	2015	Se actualizó en 2015 a 9%

Para la mayoría de los casos, no se identificó una metodología clara que validara la tasa de 12%. Únicamente México (Secretaría de Hacienda y Crédito Público, 2014) y Colombia (Dirección de Proyectos e Información para la Inversión Pública, 2023) indican haber aplicado una metodología de cálculo de Arnold Harberger. No deja de ser llamativo que la tasa resultara igual para todos los países, a pesar de las diferencias que pudiesen existir entre los mismos, especialmente porque, en los cuatro casos en que se ha realizado un nuevo cálculo para esta tasa de descuento, se han presentado valores más bajos. Esto se debe particularmente a la aplicación de una metodología en particular, considerando información propia de cada país. En todos los casos, se cuenta con una única TSD definida por parte de una institución estatal, por lo que no se identificaron tasas de descuento sectoriales, ni para el caso particular de los proyectos ambientales.

Para Costa Rica, el valor de la TSD se actualizó en 2019, estableciéndose un valor de 8,31% (Mideplan, ND), para lo cual se utilizó la metodología definida por Ramsey (1928). No obstante,

tampoco se cuenta con tasas definidas por sector, ni para proyectos ambientales. Aunque sí se señala en sus metodologías la necesidad de contar con una TREMA particular para cada sector calculada a partir del método WACC.

Asimismo, tanto en Costa Rica, como en los demás países de la región centroamericana, no se cuenta de manera oficial con una tasa de descuento de largo plazo, que podría ser útil para los proyectos ambientales debido a la temporalidad de sus efectos. En la literatura revisada se identificaron las tasas de largo plazo y ambientales incluidas en la Tabla 1.2. La mayoría de estas tasas no son consideradas como oficiales al no estar fijadas por las correspondientes instituciones, con excepción del Reino Unido, en cuyo caso la estimación fue realizada por UK Treasury. En los demás casos se aprecia que la mayoría de los autores establecen las tasas con distintos horizontes de evaluación, disminuyendo la tasa conforme aumenta el horizonte de evaluación del proyecto. El único caso en que no se establecen distintos horizontes, corresponde al cálculo realizado por Arrow, sin embargo, el valor encontrado por el autor se corresponde con los valores de futuro mediano o futuro lejano, por lo que se puede considerar como un resultado consistente con los demás cálculos.

Las tasas estimadas para Colombia (ambos casos), así como la estimada por Weitzman, y los casos de Jiménez Montero y Edwards (siguen la metodología de Weitzman), toman en cuenta la temporalidad de los efectos de proyectos de largo plazo, en los primeros dos casos, específicamente para proyectos ambientales, mientras que los dos últimos, para efectos de largo plazo de cualquier tipo, tal como muestra la aplicación realizada a un proyecto de infraestructura vial realizada por (Jiménez Montero, 2014), donde se demuestra que la aplicación de una tasa decreciente como la estimada tiene un impacto positivo en la valoración de efectos de largo plazo.

Tabla 1.2

Tasas de descuento de largo plazo y ambientales estimadas por país, valor y horizonte de evaluación utilizado

Autor	País	Tipo de tasa	Tasa de descuento	Horizonte de evaluación (en años)
Jiménez Montero (2014)	Costa Rica	Tasa de descuento de largo plazo decreciente	6,0%	0-9
			5,5%	10-16
			5,0%	17-25
			4,5%	26-36
			4,0%	37-50
			3,5%	51-68
			3,0%	69-92
			2,5%	93-128
			2,0%	129-184
			1,5%	185-285
			1,0%	Más de 286
Castro Amado & Casallas Abril (2019)	Colombia	Tasa de licenciamiento ambiental	Corto plazo: 5%	10
			Mediano plazo: 4%	20
			Largo plazo: 2%	Más de 21
Correa Restrepo (2008)	Colombia	Tasa de descuento ambiental	Futuro inmediato: 9,45%	5
			Futuro cercano: 6,37%	25
			Futuro mediano: 3,51%	75
			Futuro lejano: 2,86%	100
			Futuro muy lejano: 2,09%	Más de 100
Castillo & Zhangallimbay (2021)	Ecuador	Tasa social de descuento	Futuro inmediato: 10,57%	5
			Futuro mediano: 3,88%	20
			Futuro lejano: 2,77%	50
			Futuro muy lejano: 1,99%	100
UK Treasury (2022)	Reino Unido	Tasa social de descuento	3,50%	30
			3,00%	75
			2,50%	125
Edwards (2016)	Chile	Tasa social de descuento	5,00%	21 a 32
			4,50%	33 a 48
			4,00%	49 a 67
			3,50%	68 a 91
			3,00%	92 a 125
			2,50%	126 a 174
			2,00%	175 a 251
			1,50%	252 a 390
		1,00%	391 en adelante	
Weitzman (2001)	48 países		Futuro inmediato: 4%	5

Autor	País	Tipo de tasa	Tasa de descuento	Horizonte de evaluación (en años)
		Tasa de descuento para proyectos ambientales	Futuro cercano: 3%	25
			Futuro mediano: 2%	75
			Futuro lejano: 1%	300
			Futuro muy lejano: 0%	Más de 300
Arrow (1995)	Global	Tasa de descuento de largo plazo para inversión social	3%-4%	General

De acuerdo a los autores señalados en la Tabla 1.2, el uso de estas tasas decrecientes tiene un efecto positivo en la valoración de los efectos temporales de largo plazo. Jiménez Montero (2014), comprobó una diferencia positiva en el VAN de entre 11 a 15 veces en favor del uso de una tasa decreciente. Los autores citados en la Tabla 1.2 emplean las metodologías propuestas por Ramsey (con algunas modificaciones) y Weitzman. Estas metodologías se desarrollarán en el capítulo 2.

En el caso de la estimación de la tasa de descuento decreciente de largo plazo hecha para Costa Rica por Jiménez Montero (2014), se utilizó la metodología de Weitzman, la cual se basa en una función de distribución gamma y utiliza valores obtenidos a través de la aplicación de una encuesta a especialistas seleccionados. En el capítulo 2 se profundiza sobre la metodología aplicada. Por el momento, cabe señalar que esta tasa de descuento se estimó antes de contar con el cálculo oficial de la TSD para Costa Rica, lo que influyó en la determinación de valores de tasa de descuento a incluir en la encuesta. Asimismo, aunque se aplicó prácticamente la misma metodología que en el caso de Chile, la tasa obtenida para Costa Rica tiene un comportamiento decreciente más acelerado que en el caso chileno.

Algunas de las críticas a esta metodología señaladas por Edwards (2002) consisten en la selección de la muestra, ya que al tratarse de proyectos con impactos en la sociedad en general, es importante contar con la participación de profesionales de distintos sectores y distintas especialidades, asimismo, se cuestiona la forma en que se enlaza esta tasa de descuento de largo plazo, con la tasa de descuento tradicional (para proyectos con horizontes menores a 30 años),

Además, de acuerdo a los resultados obtenidos por Correa Restrepo (2008):

... puede observarse que la tasa de descuento propuesta más común fue del 12% anual, que es la tasa de descuento a la cual el Departamento Nacional de Planeación evalúa los proyectos públicos en Colombia. Este resultado indica, posiblemente, un nivel importante de influencia de la información contenida en el cuestionario sobre los economistas encuestados. (p. 156)

Debido a lo anterior, Edwards (2016) indica:

...siguiendo las recomendaciones del panel de la Administración Nacional Atmosférica y de Océanos (NOAA, por sus siglas en inglés) en las encuestas de valoración contingente, se debe diseñar el cuestionario de tal forma que queden claras las tasas de sustitución pertinentes. (p. 114)

De esta forma, para evitar la influencia de la tasa de descuento fijada por la autoridad respectiva, la encuesta debe considerar lo señalado por la NOAA, citado por Edwards. No obstante, como se mencionó anteriormente, en la aplicación realizada para Costa Rica, la determinación de los valores de sustitución se realizó antes de contar con un valor actualizado de la TSD.

En el cálculo señalado, realizado por Jiménez Montero (2014) se "...elaboran preguntas que permiten derivar 4 rangos de tasa de descuento: (i) entre 0 y 3.2 %, (ii) entre 3.2% y 4.7 %, (iii) entre 4.7% y 6.8% y (iv) mayor al 6.8 %" (p.18). Estos rangos fueron definidos, de acuerdo a la autora, a partir del trabajo realizado por Mora García (2010) para estimar una TSD constante para Costa Rica, tomando en cuenta estudios internacionales para diversos países, entre los que se encuentra el trabajo realizado por López (2008). Estos valores son inferiores a la TSD actual, estimada por Mideplan, cuyo cálculo se realizó posterior al trabajo de ambos autores (Mora García y Jiménez Montero).

El estudio de Jiménez-Montero (2014), ha sido el único intento identificado para establecer una tasa de descuento de largo plazo para el caso costarricense. Los resultados demuestran que, en el largo plazo, la tasa de descuento es decreciente, no obstante, los resultados obtenidos están influenciados por los rangos que se definieron, para los cuales se debió recurrir a información no oficial, debido a la forma en que la TSD estaba definida en ese momento, con un valor mayor al actual y sin ningún respaldo técnico de la misma.

Actualmente, en Costa Rica, la única tasa disponible para evaluar los proyectos con efectos medioambientales en el país es la TSD fijada por Mideplan como una tasa constante para todo el horizonte de evaluación, independientemente de los efectos generados por el proyecto que se esté analizando.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Para llevar a cabo el análisis costo-beneficio, se requiere contar con una tasa de descuento específica, de acuerdo al tipo de evaluación (financiera o económica-social), así como al tipo de proyecto del que se trate (según el sector económico en que se desarrolle el proyecto). Para los proyectos con impactos medioambientales de largo plazo, además, es necesario considerar el período de tiempo en que se generarán los efectos positivos o negativos.

De acuerdo con lo señalado por Mideplan (2017) se consideran impactos, al “Conjunto de cambios de largo plazo, generados directa o indirectamente por la intervención”. En este caso, la intervención será el proyecto de inversión pública con efectos medioambientales, no obstante, también puede tratarse de una política medioambiental o cualquier otro tipo de intervención de mediano o largo plazo.

Para efectos de actualización de los impactos medioambientales, se hace necesario retomar la Ecuación 1 de la sección anterior y, considerando además intervalos de tiempo definidos de forma discreta, el valor de δ de dicha ecuación se puede expresar como:

$$\delta(X, t) = (1 + X)^{-t} \quad (2)$$

Donde X corresponde a la tasa de descuento que se seleccione y que, al mantenerse fija en el tiempo, implica que cada vez el futuro tiene menos valor respecto al presente dado el valor negativo de t . Este tipo de descuento, conocido como descuento exponencial, siempre va a ponderar con mayor intensidad los beneficios y costos que se originan en el corto plazo y hará menos relevantes los efectos positivos o negativos que se presenten en el futuro más lejano, otorgándole un menor peso a medida que aumenta el plazo (Campos, Serebrisky, & Suárez-Alemán, 2016).

Como señala Domínguez Martínez (2014), al utilizar la técnica del descuento a los flujos futuros, hay que tener especial cuidado cuando se trata de temas como la calidad del medio ambiente o las condiciones de vida de las personas. Al respecto, señala a manera de ejemplo la valoración de intangibles como en el caso de la valoración de la vida humana, a la cual, si se aplicara un descuento a las magnitudes monetarias resultantes, implicaría que se les está atribuyendo una menor importancia a las vidas futuras. En el caso de proyectos ambientales, esta comparación toma especial relevancia considerando que los efectos del cambio climático pueden, a niveles extremos al menos, comprometer el nivel de vida de las generaciones futuras (aunque escenarios más dramáticos señalan el compromiso de la civilización y de la vida misma).

En general y de acuerdo con Campos et al. (2016), la aplicación de tasas constantes “significa en términos económicos que el futuro tiene menos valor para el evaluador del proyecto cuanto más alejado esté el período que se está valorando con respecto al período inicial”, lo que implica que “el futuro importa cada vez menos, y en el límite no nos importa nada.”

Esto hace que los beneficios y los costos que se espera que genere un proyecto en el futuro sean valorados en una menor medida, por lo que, aquellos proyectos que presentan mayores beneficios en el largo plazo son perjudicados en su evaluación, tal como podría suceder con proyectos relacionados con temas como disminución de emisiones o reforestación. Lo contrario ocurre con los proyectos que generan los mayores costos en el mediano y largo plazo, los cuales podrían estar siendo subvalorados, como es el caso de proyectos relacionados con actividades extractivas.

Lo anterior implica que, en caso de presentarse proyectos que pueden generar un alto impacto ambiental positivo, se puedan ver en desventaja al ser evaluados con la misma tasa de descuento que se aplica a proyectos sin ningún o con poco impacto positivo al ambiente. Esto se agrava al considerar una tasa de descuento constante, que podría estar beneficiando a proyectos cuyos efectos se produzcan en el corto plazo, mientras que los proyectos de largo plazo se pueden ver afectados. Lo mismo sucede cuando se trata de proyectos que generan costos ambientales de largo plazo, los cuales podrían no ser bien reflejados en los indicadores del análisis costo-beneficio, generando un sesgo inapropiado hacia la selección de estos proyectos.

A manera de ejemplo, la Tabla 1.3 muestra el valor actual de los beneficios de un proyecto, asumiendo beneficios constantes por impactos medioambientales de \$1.000,00 anuales, con un horizonte de evaluación de 100 años, usando tres escenarios distintos: 1. usando una tasa constante de 8,31% (actual TSD), 2. utilizando una tasa de descuento constante de 6,0% (valor inicial de la estimación realizada por Jiménez Montero (2014)), 3. utilizando una tasa decreciente que inicia en 6,0% para los primeros 9 años hasta el 2,5% para los valores del año 93 al 100, siguiendo la estimación realizada por Jiménez Montero (2014) para Costa Rica.

Tabla 1.3

Estimación del valor actual de los beneficios para un período de 100 años según distintas tasas de descuento

Tasa de descuento	Valor actual de los beneficios
TSD=8,31%	\$12.029,59
Tasa de descuento=6,0%	\$16.617,55
Tasa decreciente*:	\$24.349,89

*Los valores utilizados corresponden a: 1-9 años: 6,0%, 10-16: 5,5%; 17-25: 5,0%; 26-36: 4,5%; 37-50: 4,0%; 51-68: 3,5%; 69-92: 3,0%; 93-100: 2,5% estimados por Jiménez Montero (2014). La evaluación se realiza por períodos de acuerdo a lo señalado y sumando los mismos para obtener un valor único.

En este ejemplo, la aplicación de una tasa decreciente hace que la valoración de los beneficios aumente 102,4% respecto a la aplicación de una tasa de descuento constante como la estimada actualmente por Mideplan (8,31%) y de 46,5% respecto a una tasa de 6,0%, valor inicial de la tasa decreciente utilizada.

Lo anterior muestra que, al utilizar tasas de descuento constantes para proyectos de largo plazo, con valoración de efectos medioambientales, se les otorga una menor importancia a los efectos de largo plazo y, por lo tanto, a las consecuencias que estos tengan sobre las generaciones futuras, las cuales pueden resultar en beneficios como en este ejemplo, pero que bien podrían

representar un costo por contaminación o destrucción de un ecosistema y que podría ser subvalorado.

Fontaine (2008) señala dos problemas que se pueden presentar con el valor de la tasa de descuento constante. Usar una tasa de descuento excesivamente baja tiene sus inconvenientes para las generaciones futuras al generar una selección de proyectos que empobrecerían a estas, al seleccionar proyectos que bien podrían convertirse en “elefantes blancos” al exigirse rentabilidades por debajo de un nivel apropiado. No obstante, una tasa de descuento relativamente alta puede generar un efecto negativo al desalentar proyectos grandes, de largo período de gestación y con una larga vida útil, lo cual podría ir en contra de las generaciones futuras.

Asimismo, Martínez Alier (1998) señala que un planteamiento racional del futuro no se debe basar exclusivamente en una tasa de descuento para todas las actividades, proyectos y recursos, incluyendo la práctica habitual de contar con una tasa de descuento particularmente baja para proyectos forestales. Indica, además que es mejor evitar siempre el uso de tasas de descuento de mercado.

Citando a Weitzman (2001), el concepto de tasa de descuento es fundamental, ya que esta es la que permite la comparación de efectos que ocurren en diferentes momentos en el futuro, convirtiendo cada dólar gastado en el futuro, en un dólar equivalente en valor actual. Esto hace que la decisión de seleccionar una u otra tasa de descuento sea tan importante. Asimismo, este autor señala la importancia que tiene definir una tasa de descuento para proyectos o actividades que generan efectos en un largo plazo y cuya evaluación es muy sensible a la tasa que se utilice. Dentro de las actividades señaladas coincide en el tema del cambio climático, así como temas relacionados con la pérdida de biodiversidad, la minería, etc.

Por otra parte, Arrow (1995), señala que en materia de cambio climático existen tres tipos de políticas, la reducción de emisiones, la mitigación y la adaptación. En cuanto a la reducción de emisiones de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero, esta requiere de la implementación de una de las siguientes políticas o una combinación de estas: reducción de la producción, incremento de la eficiencia en el uso de la energía y elección de combustibles que minimicen las emisiones. Sin embargo, se debe considerar que en aquellos casos que las

políticas busquen una reducción de emisiones, estas tienen un impacto pequeño en el corto plazo sobre la concentración total de gases, por lo que se requerirá de esfuerzos durante un largo período de tiempo. Esto hace, según el mismo autor, que sean necesarias acciones al menos por períodos de 50 años para que tengan un efecto considerable.

La diferencia temporal entre el momento de la inversión y los beneficios que producirían estas reducciones de emisiones, hacen que sea tan importante la definición adecuada de una tasa de descuento. En este sentido, es importante considerar el impacto intergeneracional de las decisiones de inversión y de la definición de la tasa de descuento a utilizar.

Para Domínguez Martínez (2014):

Desde el punto de vista de la equidad intergeneracional nos enfrentamos a la necesidad de buscar un equilibrio entre la defensa de los intereses de las personas que padecen penurias en la actualidad, para las que el crecimiento económico es un requisito insoslayable, y los de las próximas generaciones, que tienen derecho a recibir un hábitat adecuado. A largo plazo, es de esperar que haya millones de personas vivas. (p. 94)

De acuerdo a Herburn (2007), esta preocupación ha llevado a varios autores, como Ramsey (1928), Pigou (1932), Harrod (1948) y Solow (1974), a indicar que, para los proyectos con impactos en el largo plazo, como los relacionados con el medio ambiente, la tasa de descuento debería de ser cero lo que significaría que todas las generaciones tendrían el mismo peso en las decisiones por lo que no se descontaría ninguno de los valores futuros. También se ha planteado que la tasa de descuento podría ser negativa, en cuyo caso las generaciones futuras serían más importantes que la actual. Sin embargo, siguiendo a Herburn (2007), existen al menos cuatro motivos por los que no es apropiado considerar la opción de una tasa de descuento igual a cero o negativa: la no existencia de un óptimo, el excesivo sacrificio, el riesgo de extinción y la aceptabilidad política. A continuación, se repasa cada uno de estos motivos y sus justificaciones.

Respecto a la no existencia de un óptimo, según Koopmans (1963) si se considera un horizonte infinito, no es posible obtener una solución óptima en la maximización de la utilidad para toda la sociedad, sujeta a un nivel óptimo de ahorro y acumulación de capital cuando se otorga el mismo peso a todas las generaciones durante cada período (lo que implica una tasa de descuento igual a cero), así como tampoco es posible cuando se usa una tasa de descuento negativa. Por

lo que, en ambos casos, implicaría que no se lograría el objetivo de maximizar la utilidad de toda la sociedad, haciendo que ambos casos sean no deseables.

En su documento, Koopmans (1963) demuestra que con una tasa de descuento negativa se le otorga un mayor peso a la utilidad *per cápita* de la última generación dentro del horizonte de optimización, lo que implica a su vez, una reducción en el capital por trabajador durante los períodos previos. Esto significa un sacrificio de parte de todas las generaciones anteriores. Para la primera de las generaciones, significaría grandes inversiones (y consecuentemente grandes niveles de ahorro) para incrementar el stock de capital necesario para soportar el crecimiento de las siguientes generaciones. Para las generaciones intermedias, significaría al menos invertir lo necesario para mantener el stock de capital para las siguientes generaciones, lo que haría imposible maximizar su consumo *per cápita*. Si además se considera que las generaciones son infinitas, esto quiere decir que no existirá una última generación que se beneficiará de los sacrificios acumulados, por lo tanto, no se podrá obtener un resultado óptimo. Esto también sucede cuando la tasa de descuento es igual a cero, ya que también provocará un aumento desmedido en la cantidad de inversión necesaria para mantener el stock de capital necesario para las generaciones futuras. Esta imposibilidad se cumple aun cuando se presente una mejora tecnológica que permita una mayor o más eficiente producción.

Esta argumentación no solo demuestra el primer argumento acerca de la no existencia de un óptimo, sino que también demuestra el segundo argumento acerca de un excesivo sacrificio. Este segundo argumento es reforzado posteriormente por Arrow (1995), quien demuestra al igual que Koopmans, pero usando un punto de vista ético, que exigir una tasa de descuento igual a cero, significa que la primera generación debe realizar grandes sacrificios, aunque se establezca una cantidad finita de generaciones.

Respecto al riesgo de extinción, esto es, que cada generación tiene una posibilidad de extinción distinta de cero, de acuerdo a Herburn (2007) citando a Dasgupta y Heal (1979), utilizar una tasa de descuento no significa que se pase por alto la posibilidad de que la extinción sea probable, pero considerando que la misma es muy baja, entonces de la misma forma la tasa de descuento a utilizar también debe de ser baja y distinta de cero.

Asimismo, Martínez Alier (1998) señala que la incertidumbre acerca del futuro y la existencia personal no implica incertidumbre respecto de la existencia de la especie humana, por lo que es razonable suponer que, si la sociedad se comporta de manera adecuada, las generaciones futuras existirán, por lo que, aunque exista incertidumbre en cuanto a las preferencias de las generaciones futuras, no debería existir incertidumbre respecto de sus necesidades.

Lo anterior incluye la certidumbre de que las generaciones futuras requerirán de un medio ambiente sano y compatible con un nivel de vida saludable, por lo cual, aunque las generaciones actuales no estén seguras de muchos aspectos relacionados con el futuro, sí tendrán certeza de ambos elementos; la existencia de generaciones futuras y el medio ambiente necesario para la supervivencia de estas.

En relación a la aceptabilidad política, Harvey (1994) citado por Herburn (2007) rechaza la posibilidad de una tasa de descuento igual a cero, debido a la obvia incompatibilidad con las preferencias temporales de la mayoría de las personas, por lo que su uso en políticas públicas sería ilegítimo. Harvey indica que la idea de que eventos que ocurran dentro de diez mil años sean tan importantes como eventos actuales simplemente es ridículo, por lo cual una tasa que los pondere de la misma forma también sería ridícula.

En este sentido, el uso de una tasa de descuento negativa o igual a cero se descarta por lo señalado. En relación con el uso de tasas de descuento positivas pero constantes para todo el período de evaluación, Correa Restrepo (2008) indica que para el caso de la “tasa de preferencia temporal de la sociedad”, no es sostenible el planteamiento de un crecimiento económico exponencial en el largo plazo, además que la incertidumbre debería conducir a tasas de descuento decrecientes en el tiempo a lo que agrega que, existe evidencia empírica acerca de que los individuos demuestran el uso de tasas de descuento declinantes en el futuro, comportamiento denominado descuento hiperbólico, y además, señala que la diversidad de opiniones sobre el descuento debe llevar a una TSD más baja en el tiempo.

Por su parte Newell y Pizer (2001a), señalan que para los modelos de tipo estructural las variables exógenas y estocásticas que describen el crecimiento y la tecnología determinan el comportamiento de largo plazo de la tasa de interés. Sin embargo, la aparente fortaleza de estos modelos, basados en la representación de las relaciones económicas subyacentes, se pueden

convertir es sus propias debilidades debido a sus restrictivas simplificaciones. En este sentido, en el largo plazo, no es claro que las relaciones establecidas entre las variables se mantengan estables tal como lo sugieren los supuestos para mantener una misma tasa a largo plazo.

De acuerdo a evidencia empírica encontrada por Cropper et al (1991), es posible rechazar la hipótesis nula que establece una tasa de descuento exponencial constante. De acuerdo a sus resultados, las personas otorgan distintos pesos a las mismas acciones conforme aumenta el plazo a considerar, lo cual además está influenciado por las características de la población (edad, raza, cantidad de hijos, etc.), también encontraron que el nivel de ingreso no influye en este comportamiento. Lograron determinar que la tasa de descuento disminuye conforme aumenta el plazo y lograron estimar una tasa media anual de 7% para el período actual, mientras que una tasa de 0% para dentro de 100 años.

Asimismo, Newell y Pizer (2001a) también demuestran, a través de un modelo de caminata aleatoria (*random walk* en inglés) y utilizando una base de datos de 200 años para tasas de interés de Estados Unidos, que la tasa de equivalente cierto cae desde 4% en el momento actual, a 2% para 100 años, 1% para 200 años y 0,5% para 300 años. Asimismo, estiman que, para un horizonte de más de 400 años, el efecto acumulado de estas tasas aumenta el valor de las valoraciones más de 40.000 veces.

Hoel y Sterner (2006) demuestran que, al incluir los bienes medioambientales en el modelo utilizado para estimar la “tasa de preferencia temporal de la sociedad”, se determina una tasa de descuento menor que en el caso en el cual no se consideran estos bienes. Esto lo demuestran al considerar que el parámetro que genera un cambio en el precio de los bienes medioambientales, debido a su escasez, es el mismo parámetro que debe ser considerado en el cálculo de la tasa de descuento. Este parámetro está relacionado con el comportamiento de los precios relativos de la economía, los cuales se verán afectados si el crecimiento económico afecta de alguna manera el precio de los bienes medioambientales. Además, demuestran que la tasa de descuento no debe ser constante debido a que la utilidad generada por el consumo y los bienes medioambientales puede variar con el tiempo.

Por su parte, Moore et al. (2004) destacan que en el caso de proyectos con efectos medioambientales el supuesto acerca de la compensación que se encuentra detrás del análisis

costo-beneficio no se cumpliría. Según este supuesto, los beneficios obtenidos por la generación actual podrían compensar las pérdidas o daños sufridos por las generaciones posteriores. No obstante, según los autores mencionados, cuando se trata de proyectos de muy largo plazo como el caso de proyectos con efectos medioambientales, si se considera por ejemplo un período de 400 años, no existe un mecanismo que permita esta compensación, ni en efectivo, ni de manera indirecta, incluso en el caso de establecer un fondo compensatorio, no es viable considerar un fondo de 400 años de vida, además que existe un alto riesgo de corrupción que podría hacer que los recursos no se manejen de manera apropiada.

Estos autores plantean una importante diferencia en los proyectos intrageneracionales y los proyectos intergeneracionales. Los primeros son aquellos que afectan a todos los individuos dentro de una única generación, mientras que los segundos reparten sus beneficios y costos entre distintas generaciones. Aseguran que en el corto plazo la predicción de las variables económicas se puede realizar con cierto nivel de certeza que permite mantener una tasa de descuento constante. Por otro lado, en el largo plazo el comportamiento de variables como la tasa de crecimiento de la economía, los retornos sobre la inversión, así como otras variables económicas pueden tener un comportamiento muy difícil de predecir, lo que hace inevitable que esta incertidumbre sobre el comportamiento de las mismas genere tasas de descuento cada vez menores para descontar el flujo de consumo según se aleja en el futuro. A partir de ambos criterios, concluyen que es necesario contar con tasas de descuento decrecientes para aquellos proyectos que sobrepasen un período de 50 años y que cuenten con una estimación de efectos medioambientales, con el fin de mantener un equilibrio intergeneracional.

López (2008), en su cálculo de tasas de descuento para seis países de Latinoamérica, también demuestra que en el largo plazo esta tasa es decreciente. Lo hace a partir de asignarle una función de densidad de probabilidad a la tasa de crecimiento de la economía. Al incluir esto en sus cálculos, muestra que la tasa de descuento disminuye conforme aumenta el horizonte de evaluación. El autor concluye que, en los casos en que existe incertidumbre sobre el crecimiento de la economía (el cual considera como el escenario más común) y además el horizonte de evaluación se expande, las tasas de descuento tienden a disminuir con el tiempo.

De esta forma y de acuerdo a lo señalado por los distintos autores citados, para los proyectos de largo plazo, con impactos medioambientales significativos, la tasa de descuento que se utilice

debe ser distinta de cero y positiva, y además tener un comportamiento decreciente para reflejar de manera adecuada las preferencias de la generación actual, así como de las generaciones futuras.

1.3. PROBLEMÁTICA

Como se mencionó en la sección anterior, el análisis costo-beneficio pretende realizar una valoración a valor presente de los beneficios y costos, generados a lo largo de toda la vida útil del proyecto en análisis. Asimismo, actualmente la TSD utilizada es de 8,31%, la cual es constante para todo el período de evaluación y aplicable a cualquier tipo de proyecto.

Al aplicar una tasa de descuento constante (socialmente elegida, no necesariamente el tipo de interés del mercado), mediante la cual el analista convierte los beneficios y costos futuros en valores actualizados el valor de los mismos será menor cuanto más alejado en el tiempo se encuentren (Martínez Alier, 1998). Esta es una de las características y a la vez de las principales críticas al análisis costo-beneficio; “los beneficios y costos futuros son valorados menos que los actuales, y cada vez menos a medida que son más distantes en el tiempo. Se infravalora el futuro, se descuenta” (Martínez Alier, 1998, p. 60). Este descuento demuestra una preferencia por el corto plazo.

En la actualidad, únicamente se cuenta con la TSD definida por Mideplan para realizar la evaluación económica-social y de costos a todos los proyectos de inversión pública, incluyendo aquellos proyectos con efectos medioambientales con impactos en el largo plazo que puedan llegar a ser presentados por las instituciones bajo la cobertura del SNIP. Dicha tasa, de acuerdo a la metodología de Mideplan, se aplica de manera constante a todo el flujo del proyecto sin importar el horizonte de evaluación y sin considerar los efectos de largo plazo, tanto negativos como positivos.

Lo anterior, hace que en caso de presentarse proyectos con efectos medioambientales evaluados utilizando la actual TSD, se encuentren en una posición de desventaja respecto a otros proyectos con beneficios de corto plazo. Los últimos se verán beneficiados con mejores resultados en sus evaluaciones costo-beneficio, a pesar de que sus efectos se diluyan en el mediano y largo plazo.

Además, como parte de la evaluación de alternativas de un mismo proyecto, también se genera un sesgo no deseado al favorecer a aquellas alternativas que tienen beneficios ambientales únicamente en el corto plazo o que generan importantes costos ambientales de largo plazo y que no son considerados adecuadamente dentro de la evaluación, aún y cuando se extienda el período de evaluación, como se mostró en el ejemplo de la Tabla 1.3.

De esta forma, la tasa definida actualmente (TSD) y que es la tasa que se debe usar para la evaluación de proyectos con efectos medioambientales, tiene un comportamiento constante para todo el período de evaluación de las alternativas de proyecto que se sometan al análisis costo-beneficio, generando una subestimación de los beneficios y costos generados en el mediano y largo plazo por este tipo de proyectos, lo que genera una selección inadecuada de proyectos y un deficiente uso de los recursos.

De acuerdo a esta problemática, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Es posible estimar una tasa de descuento de largo plazo diferente a la actual TSD y que se utilice de manera específica para la evaluación costo-beneficio de proyectos con impactos medioambientales de mediano y largo plazo?

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Estimar una tasa de descuento de largo plazo decreciente a emplearse en la evaluación costo-beneficio de los proyectos con efectos medioambientales desarrollados por instituciones públicas, mediante la aplicación de una metodología que considere los efectos de largo plazo.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Seleccionar la metodología a utilizar para estimar la tasa de descuento para proyectos con efectos medioambientales, a través de la consulta a un grupo de expertos.

- 2) Estimar los parámetros necesarios para la metodología seleccionada con la información disponible para realizar el cálculo de la tasa de descuento.
- 3) Calcular la tasa de descuento para proyectos con efectos medioambientales para Costa Rica de acuerdo a los parámetros obtenidos.
- 4) Seleccionar un proyecto de inversión de largo plazo con impactos medioambientales para utilizar como estudio de caso.
- 5) Analizar los resultados obtenidos en el estudio de caso al aplicar la tasa de descuento estimada y las diferencias con respecto a la tasa de descuento actual.

CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO - METODOLÓGICO

2.1 MARCO TEÓRICO

En este capítulo se abordarán los fundamentos teóricos de la estimación de la tasa de descuento, así como de la importancia del análisis costo-beneficio como una herramienta más dentro del análisis de sostenibilidad. Para esto, el capítulo inicia con algunos fundamentos de economía ecológica relacionado con la sostenibilidad en el uso de recursos, para luego abordar la importancia de la definición de una tasa de descuento adecuado a los objetivos de sostenibilidad y finalizando con una revisión de las principales metodologías que se han utilizado para la estimación de una tasa de descuento para proyectos con efectos medioambientales de largo plazo.

2.1.1 FUNDAMENTOS DE ECONOMÍA ECOLÓGICA RELACIONADO CON LA SOSTENIBILIDAD EN EL USO DE RECURSOS NATURALES

De acuerdo con Naredo (1994), la economía ecológica considera que toda la biosfera, así como los recursos pueden ser a la vez escasos y útiles, considerando una cadena sin fin de relaciones que registran los ecosistemas. Esto en contraposición a la “economía estándar”, la cual únicamente se ocupa de aquello que sea de utilidad directa para las personas y que además resulte apropiable, valorable y productible.

La economía ecológica propone un enfoque más crítico, integrado, coevolutivo y multidisciplinario, centrandó su estudio en las relaciones entre el subsistema económico y el sistema natural, respecto a la economía ambiental. Su énfasis está en la sustentabilidad e integridad en el largo plazo de la estructura y funciones ecosistémicas, considerando las asimetrías sociales, tanto entre países como hacia el interior de cada país (Pasalía & Peinado, 2021).

La principal preocupación de la economía ecológica es la naturaleza física de los bienes a gestionar y la lógica de los sistemas, tomando en cuenta la escasez objetiva y la renovabilidad

de los recursos empleados, así como la nocividad y el posible reciclaje de los residuos que se generen. Esto con el fin de orientar el marco normativo para que brinde soluciones (Naredo, 1994).

Según Martínez Allier (1998) “Desde la economía ecológica vemos la economía de mercado inmersa en un sistema físico-químico-biológico mucho más amplio” (p. 106). De acuerdo con este autor, esto lleva a cuestionarse el valor de los recursos naturales y los servicios ambientales para la economía, preguntándose si es posible traducirlos a valores monetarios. En este sentido, se propone que es posible complementar los mercados reales con mercados ficticios, a través de mecanismos como la disposición a pagar por bienes ambientales o bien, la disposición a aceptar indemnizaciones por externalidades negativas, sin embargo, tanto los mercados reales, como los ficticios, no serán capaces de superar sus propias fallas, que en realidad son simples características de ambos.

En esta línea, según (Martínez Alíer, 1998):

La economía ecológica es la ciencia y la gestión de la sustentabilidad. Entonces deberíamos definir la tasa apropiada de descuento, para una economía ecológica, como la tasa a la cual la inversión incrementa la capacidad de producción sustentable. Ahora bien, definir qué parte del incremento en capital producirá un incremento en producción sustentable y qué parte producirá un incremento en destrucción de la naturaleza es una tarea ardua, pues depende de los valores que se atribuyen al *capital natural* y a su desgaste. (p. 107).

De acuerdo a lo señalado por el autor, aunque es importante contar con una tasa de descuento, se presenta una importante problemática al tratar de estimar la misma. No obstante, esta problemática está relacionada con la forma de cálculo que sugiere el autor, ya que si se considera la tasa a la cual la inversión incrementa la capacidad de producción, básicamente el cálculo se debería realizar utilizando una metodología que se fundamente en el costo de oportunidad del capital. Este aspecto será abordado en la sección siguiente de este apartado.

Asimismo, se presenta el problema de cómo se debe medir la depreciación del capital natural, considerando que el mismo no está inventariado, o bien, se le asigna un valor bajo (por considerarse que no pertenece a nadie), lo que a su vez genera que la destrucción de este capital

esté subvalorada (Martínez Alier, 1998). Esto es consistente con lo señalado anteriormente, respecto a la subvaloración de los beneficios y costos de los proyectos con efectos medioambientales.

En relación con el análisis costo-beneficio, la definición de la tasa de descuento, se suele asociar con temas como la incertidumbre, la posibilidad de una creciente riqueza para las generaciones futuras, la tasa pura de preferencia temporal, así como los costos sociales de oportunidad. No obstante, al considerar proyectos con repercusiones sobre las generaciones futuras, lo que realmente se deben considerar son las repercusiones ambientales y las consecuencias directas de esos proyectos sobre las generaciones futuras (Martínez Alier, 1998).

Asimismo, la obtención de valores monetarios positivos de valores añadidos y ganancias, aun cuando la versión física de los procesos genera pérdidas en términos ambientales, se presenta debido a que la valoración monetaria sobrevalora notablemente el valor de los productos obtenidos en relación con el uso de recursos realizado y, además, no considera adecuadamente los residuos (Naredo, 1994). En este sentido, el autor señala que por mucho que se extiendan las aplicaciones tradicionales de la microeconomía convencional, para asignar valores monetarios a las externalidades medioambientales, así como a los recursos naturales no renovables, será muy difícil que se aporten soluciones operativas para lograr un intercambio más sostenible de las sociedades humanas con su entorno. No obstante, aunque el autor señala la inconveniencia de utilizar mecanismos de mercado como una panacea, también señala la conveniencia de utilizarlo como un instrumento más dentro de un marco de decisión más amplio.

Al igual, que Naredo, Müller (2013) señala que no utilizar una tasa de descuento no es suficiente para tomar decisiones medioambientales, por lo que propone establecer al menos “estándares mínimos de seguridad” en materia ambiental como una forma de asegurar la sostenibilidad y protección de los ecosistemas globales, tomando en cuenta los intereses de las generaciones futuras y considerando la justicia intergeneracional. En esta línea, propone al menos dos principios básicos a adoptar: 1. Cada sociedad debe aceptar reducir aquellas actividades que puedan provocar daños ambientales e incluso prohibir aquellas en las que no cabe duda de que provocarán daños, y 2. Las demandas futuras de recursos naturales y la presión sobre el medio ambiente, dependerán del tamaño de las generaciones futuras.

Estos dos principios, así como cualquier otro que se implemente a nivel de sociedad, deben ser considerados antes de aplicar tan siquiera una tasa de descuento a los beneficios o costos de un proyecto de inversión. En la práctica, el primer principio señalado se puede encontrar en diversa normativa, por ejemplo, en nuestro país se cuenta con normativa relacionada con la prohibición, parcial o total, de ciertas actividades como la minería, la exploración de petróleo, la pesca de arrastre, etc. Por su parte, la aplicación del segundo principio, no se aprecia claramente en la legislación ambiental.

Siguiendo con esta misma línea, según Tagle Zamora et al (2018), “Para la ee (economía ecológica), la participación del mercado debe estar limitada únicamente para asignar aquella proporción de recursos una vez que la línea de dignidad ha sido garantizada, lo que permite impedir que se vulneren los derechos fundamentales de las personas y el medio ambiente” (p. 60).

2.1.2 EL ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO APLICADO A PROYECTOS DE INVERSIÓN CON EFECTOS MEDIOAMBIENTALES DE LARGO PLAZO

El análisis costo-beneficio se convierte en una herramienta más de decisión, pero no en la única. Es importante señalar que la decisión de llevar a cabo un proyecto, de acuerdo con lo establecido en la normativa nacional, específicamente en las Guías Metodológicas para la Identificación, Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión Pública de Mideplan, así como en las Normas Técnicas de Inversión Pública, los proyectos de inversión deben de realizar los análisis ambientales y legales correspondientes, así como determinar la vinculación con los instrumentos de planificación vigentes.

El análisis ambiental, pretende identificar cómo las alternativas de proyecto se adecúan a las condiciones ambientales y los efectos que el proyecto podría generar. Esto con el fin de descartar de previo, las alternativas que no cumplan con los requerimientos ambientales. Asimismo, en este análisis, se busca identificar todos los impactos (positivos, negativos, directo, indirecto, acumulativo o no, reversible o irreversible, extenso o limitado, entre otras

características) que se podrían generar en el ambiente, así como las medidas de mitigación, con el fin de llevarlos a la evaluación del proyecto (Mideplan, 2022). Cabe señalar que como parte del análisis se identifican todos los posibles impactos del proyecto, sean valorables o no.

El análisis legal, por su parte, busca lograr que el proyecto cumpla con la normativa vigente, contemplando la legislación relacionada con leyes, decretos, reglamentos, códigos, normas, etc., y también, con requisitos legales como patentes, permisos de salud pública, laborales, municipales, ambientales, etc. (Mideplan, 2022). Es importante, que las alternativas de proyecto, revisen el marco legal con el fin de que se corrobore cualquier limitación presente en temas ambientales, ya sea a nivel nacional o a nivel local.

Asimismo, las alternativas de proyecto deben verificar su vinculación con los planes, programas y demás instrumentos de planificación, a través de la herramienta de Vinculación de proyectos con políticas. La ejecución de un proyecto debe procurar que sus resultados esperados estén vinculados o cumplan con los resultados esperados de los instrumentos elaborados a nivel estratégico. En este sentido, la formulación del proyecto debe estar enmarcado en una situación previamente definida y bajo normas preestablecidas. Es importante que los objetivos de las políticas o planes estratégicos se deben de operacionalizar a través de distintos mecanismos, incluyendo proyectos de inversión pública, de manera que los objetivos de estos deben estar vinculados con los objetivos estratégicos definidos previamente (Mideplan, 2022).

Luego de realizados estos análisis, así como los demás apartados de la Guía mencionada, es que se realiza el análisis costo-beneficio a las alternativas de proyecto, es decir, una vez que se ha establecido que el proyecto cuenta con el análisis de impacto ambiental, se ha comprobado la viabilidad legal y, además, se ha demostrado que responde a una política o plan estratégico, es que se aplica el análisis costo-beneficio a las alternativas del proyecto.

El análisis costo-beneficio permite la comparación entre alternativas de proyectos, a través de la actualización del flujo de caja generado por cada alternativa de proyecto. De acuerdo con Martínez Alier (1998) “El análisis costo-beneficio se convierte en la base de la política pública a través de la agregación de preferencias individuales” (p 59).

Según este mismo autor, el analista debe identificar a todos los afectados por el proyecto bajo análisis y considerar todos los beneficios y costos que se produzcan. Para usar esta información

como un instrumento de decisión política-social, se emplean principios de agregación básica basados en la eficiencia y enfocado en el criterio de Pareto. No obstante, al tratarse de proyectos en los que en muchos casos se presentan ganadores y perdedores, se puede aplicar el criterio de mejora potencial de Pareto o el criterio de compensación de Kaldor-Hicks, según la cual, una opción es preferible a otra si lo que se gana es mayor que lo que se pierde, de forma que los ganadores, potencialmente podrían compensar a los perdedores; o bien, si la suma de beneficios es mayor que la suma de los costos, sin importar quienes sean ganadores o perdedores.

Una característica de este análisis es que le da diferente peso a los costos y beneficios de acuerdo al momento en que se generan, así, los beneficios que se generan en el largo plazo son descontados y por lo tanto, valorados en menor medida. Esto refleja una menor preocupación por las generaciones futuras, que son las que recibirán los beneficios y costos en el largo plazo.

De acuerdo a Martínez Alier (1998), “El peso que se adjudica a los intereses de las generaciones futuras y de los no-humanos a través de la representación indirecta de sus intereses por las preferencias actualmente existentes, es un peso inferior al que debería ser” (p. 62).

Esta diferencia en el peso que se asigna a las diferentes generaciones se ve expresada a través de la definición de la tasa de descuento. Cuando esta tasa es positiva y además constante, se cumple con lo señalado por Martínez Alier, ya que, al descontarse de manera exponencial los beneficios y costos del largo plazo, cada vez tendrían un valor menor.

Asimismo, según Tagle Zamora et al (2018) “Uno de los instrumentos de análisis más importantes en la economía ecológica se relaciona con el problema de la tasa de descuento debido a sus implicaciones respecto a las cuestiones de la sustentabilidad y la equidad” (p. 26). Estos autores también señalan que la economía ecológica cuestiona la selección de una tasa de descuento que no sea pertinente para las generaciones futuras y para el ambiente. En esta línea de análisis, es importante destacar la selección de una adecuada tasa de descuento que refleje adecuadamente los efectos de largo plazo.

Fischer (1994) señala que “Determinar el efecto sobre la eficiencia de las inversiones públicas ignorando un medio ambiente ineficiente y deteriorado conduce a aumentar los costes reales del crecimiento. Por ejemplo, la eficiencia crea el incentivo para mantener y preservar una fuente de inputs baratos incluyendo el aire y el agua. Mientras el aire y el agua sigan baratos no se

dispone de ningún incentivo para cambiar las pautas de uso y de organización de los factores” (p. 112).

Según Gittinger (1983), la tasa de descuento se puede estimar siguiendo una de tres opciones. La primera consiste en utilizar el “costo de oportunidad del capital”, en este caso la tasa se obtiene a partir de la rentabilidad sobre la inversión marginal maximizando la utilidad del capital disponible en la sociedad, esta tasa reflejaría la elección hecha por la sociedad en conjunto entre los rendimientos actuales y futuros y definiendo de esta manera el monto que está dispuesta a ahorrar, no obstante, existe la complicación de estimar el “costo de oportunidad del capital” para la sociedad lo que generó que muchos países latinoamericanos en décadas pasadas seleccionaran una tasa de 12% de manera casi generalizada como se apuntó en el primer apartado.

La segunda opción es la tasa de endeudamiento que la nación debe pagar a fin de financiar el proyecto, la cual es muy común en los casos de aquellos países que deben tomar préstamos en el exterior para llevar a cabo los proyectos de inversión. Sin embargo, en este caso se produce un resultado no deseado, ya que la selección de proyectos estará influenciada por las condiciones financieras del mercado y no se basarán en la contribución relativa de los proyectos a la producción nacional. Este método no se analizará en este trabajo debido a lo señalado, así como al hecho de que este método no ha sido utilizado para estimar tasas de descuento de largo plazo, considerando que la duración de los préstamos no suele ser superior a los 30 años, por lo que no se consideran un buen indicador.

La tercera opción es la “tasa de preferencia temporal de la sociedad”, la cual asume que la tasa de actualización incorporada a los rendimientos futuros por la sociedad en conjunto es diferente de la que utilizaría un individuo en particular, debido a que la sociedad tiene un horizonte temporal más amplio, lo que, sin embargo, generaría una tasa de descuento más baja para los proyectos públicos que para los privados lo que podría plantear algunos problemas de asignación. Asimismo, esta tasa difiere del costo de oportunidad del capital en que este se deriva de las actividades de inversión públicas como privadas y da la misma ponderación a los rendimientos futuros sin importar el tipo de actividad.

Martínez Alier (1998) indica respecto al costo social de oportunidad, que al usar el tipo de interés como una medida de descuento del futuro se realiza una comparación del rendimiento del proyecto en consideración con otros proyectos que compiten por la inversión de capital, entre los que se podrían incluir proyectos que pueden promover un crecimiento sostenible y otros que destruyan los recursos naturales. Asimismo, señala que usar el tipo de interés es un argumento que supone que todos los bienes son conmensurables, asumiendo que sin importar si se produce una pérdida, los perdedores estarán siempre dispuestos a aceptar una compensación, lo que no siempre es cierto, ya que esto depende de la existencia de bienes alternativos; el dinero en sí mismo no es un sustituto como tal.

Además, Moore et al (2004) señalan que utilizar el comportamiento individual según lo revelado por las tasas de interés de mercado para construir y estimar la TSD es problemático, debido a que la evidencia muestra que, de manera individual, las personas no se comportan de acuerdo a lo que espera la teoría microeconómica, debilitando el argumento de que las decisiones sociales se pueden basar en las elecciones individuales en el mercado. Asimismo, indican que cuando los efectos de los proyectos se presentan en diferentes generaciones, los individuos no toman en consideración todos los efectos que sus decisiones sobre el gasto y el ahorro presente pueden tener sobre las generaciones futuras, lo que hace que las tasas de mercado no sean un buen parámetro para estimar la TSD.

En esta misma línea, Edwards (2016) señala que al utilizar el enfoque de “costo de oportunidad del capital” se presenta el problema de que los mercados de capitales son incompletos como para brindar la información necesaria para estimar la TSD en el largo y muy largo plazo. Incluso indica que aun cuando se contara con un mercado de capitales de largo plazo donde obtener la tasa de interés de mercado, persistiría el problema de como proyectar las distorsiones que afectarían el mercado de capitales en el futuro y que serían necesarias para ajustar esta tasa para obtener la tasa social.

Al respecto, Edwards (2002) indica que siguiendo el proceso de maximización mediante el cual se obtiene la tasa de descuento se determina la evolución óptima del consumo a partir de la tasa de interés y no al revés. Además, en la determinación de la tasa de interés influyen el mercado de activos y el comportamiento de las firmas, en un modelo de equilibrio general. Siguiendo este razonamiento y en la medida que la economía converja hacia su estado estacionario, es de

esperar que la tasa de crecimiento sea decreciente, por lo tanto, también la tasa de interés debería ser decreciente

Por su parte, Correa (2006) señala que una tasa estimada por los enfoques del “costo de oportunidad del capital” o por la “tasa de preferencia temporal de la sociedad” (estimada de manera constante para cualquier período) darán como resultado altas tasas de descuento que estarán en detrimento de la conservación del medio ambiente y los recursos naturales, debido a que le otorgarán un mayor valor al uso y consumo actual que al uso y consumo futuros de los recursos.

En el caso de la tasa de preferencia temporal de la sociedad, Pearce y Turner (1995) señalan que la impaciencia individual no es necesariamente consistente con maximizar el bienestar del ciclo vital del individuo, ya que esto puede llevar a decisiones que son incompatibles en el largo plazo, debido a que el aumento en el bienestar puede estar relacionado con un desarrollo dependiente de un uso intensivo de bienes ambientales que dependerá a su vez de la elección de la tasa de descuento.

Asimismo, estos autores, señalan que las preferencias individuales no conllevan ninguna implicación obligatoria para la definición de políticas públicas en muchos contextos, por lo que tampoco existiría ninguna obligación desde el punto de vista ambiental, haciendo compleja su instrumentalización. Adicionalmente, indican que aun cuando se eleve la satisfacción de deseos a un status moral, siguiendo lo señalado por la economía del bienestar, lo relevante es la satisfacción de los deseos a medida que estos surgen, por lo que, lo importante es la satisfacción que se logre del deseo en el futuro, no la evaluación que se haga hoy de dicha satisfacción. Los autores señalan que, aunque el uso del “costo de oportunidad del capital” es menos criticable, las tasas que se obtienen por medio de este método, “...parecen ser incoherentes con la sustentabilidad, la conservación y algún tipo de justicia social” (p. 281).

Otro problema señalado por Pearce y Turner (1995), es que, al aceptar las críticas a los dos métodos de cálculo de la tasa de descuento, se concluye que las tasas de descuento deben ser reducidas, sin embargo, estas mismas críticas no indican en cuánto se deberían reducir, lo que deja el tema en un espacio indeterminado.

Por su parte, el método seguido por Newell y Pizer (2001a), parte de un modelo en el que utiliza el valor de las tasas reales de los bonos del gobierno de Estados Unidos, mediante los cuales plantea el modelo de caminata aleatoria, así como un modelo de regresión a la media (*mean reverting* en inglés), esto con el fin de incorporar la incertidumbre en la tasa de descuento en el largo plazo. Además, Newell y Pizer (2001b) demuestran que mediante este método se obtienen tasas de descuento consistentes en el tiempo y que, además, para proyectos relacionados con mitigación ambiental, valoran de mejor manera los beneficios en el largo plazo, en comparación con las tasas de descuento fijas.

A continuación, se presentan las principales propuestas teóricas para el cálculo de una tasa de descuento de largo plazo. Se inicia con la propuesta teórica de cálculo de la tasa de descuento de Ramsey, que, aunque no estima una tasa de largo plazo, es la más utilizada para estimar tasas sociales de descuento en general, incluyendo el caso de Costa Rica y sirve de base para algunos cálculos de tasas de largo plazo, incluyendo la discusión planteada por Arrow y que también se incluye en esta sección. Posteriormente se revisan metodologías utilizadas para el cálculo de tasas de largo plazo, iniciando por la propuesta de tasa Gamma, así como otras desarrolladas por distintos autores. En cada caso es importante considerar la disponibilidad de información para el cálculo en el caso costarricense, así como su aplicabilidad.

2.1.3 TASAS DE DESCUENTO DE LARGO PLAZO

2.1.3.1 TASA DE DESCUENTO DE RAMSEY

Ramsey (1928), parte de un modelo general basado en los siguientes supuestos: la sociedad sobre la que se basa el modelo va a mantener la cantidad de individuos constante en el tiempo, así como la capacidad de obtener placer y la aversión al trabajo, de manera que tanto el placer como el trabajo presente en cada momento del tiempo puede ser calculada de manera independiente y agregarlas para obtener la utilidad total. Además, las únicas innovaciones o mejoras en la organización que se aceptarán son aquellas que se produzcan como efecto de la acumulación de riqueza. También se asume que no se descontará el placer obtenido en el futuro.

Además, se ignorarán las consideraciones distribucionales, asumiendo que la forma en que el consumo y el trabajo se distribuyen entre los miembros de la comunidad depende únicamente de las cantidades disponibles, por lo que la satisfacción total es una función que depende únicamente de los montos totales.

Asimismo, se asume que no hay diferencias entre los distintos bienes y los distintos tipos de trabajo, por lo que se pueden expresar como cantidades de capital, de consumo y de trabajo sin entrar en el detalle de las distintas formas que podrían tomar.

El comercio exterior, las deudas y los préstamos no necesitan ser excluidos y se asume que las naciones vecinas están en una condición estable por lo es posible incluir el comercio entre naciones considerando condiciones constantes de producción. Se rechaza la posibilidad de que el país se encuentre en una situación de aumento progresivo de la deuda con otras naciones.

Finalmente, se asume que la sociedad está siempre gobernada por las mismas motivaciones sobre la acumulación, por lo que ninguna de las generaciones siguientes gastará todo el capital acumulado por las anteriores.

A partir de estos supuestos, se denota $x(t)$ como la tasa total de consumo, $a(t)$ como la tasa total de trabajo de la sociedad y $c(t)$ como el capital en el período t . El ingreso se toma como una función general del trabajo y el capital denotada por $f(a, c)$. Así, el ingreso total debe ser igual a los ahorros más el consumo, representado por:

$$\frac{dc}{dt} + x = f(a, c) \quad (3)$$

Luego, se define $U(x)$ como la tasa total de utilidad de la tasa de consumo x y $V(a)$ como la tasa total de desutilidad de la tasa de trabajo a , y las correspondientes tasas marginales se denominarán $u(x)$ y $v(a)$, por lo que se tiene:

$$u(x) = \frac{dU(x)}{dx} \quad , \quad v(a) = \frac{dV(a)}{da} \quad (4)$$

Se asume que $u(x)$ nunca es creciente y $v(a)$ nunca es decreciente. Ahora, supóngase que se tiene una determinada cantidad de capital c , la cual nunca incrementa ni disminuye. Luego, $U(x)-V(a)$ denota el placer neto por unidad de tiempo, lo cual se debe maximizar sujeto a la

condición de que el gasto x es igual a lo que se produce con trabajo a y capital c . La tasa de placer resultante de $U(x)-V(a)$ será una función de c , y se incrementará hasta cierto punto, con los incrementos en c , por lo que con más capital se podrá obtener más placer.

Para obtener el nivel de capital que permita el máximo placer, en primer lugar, se debe igualar la desutilidad marginal del trabajo en cualquier momento con el producto de la eficiencia marginal del trabajo por la utilidad del consumo en el momento t :

$$v(t) = \frac{\partial f}{\partial a} u(x) \quad (5)$$

La segunda condición proviene de igualar el beneficio obtenido de un incremento Δx al momento t , con la derivada de posponerlo por un período infinitesimal Δt que incrementa en un monto igual a $\Delta x \left(1 + \frac{\partial f}{\partial c}\right) \Delta t$ donde $\frac{\partial f}{\partial c}$ es la tasa de interés ganada por la espera, entonces:

$$u\{x(t)\} = \left\{1 + \frac{\partial f}{\partial c} \Delta t\right\} u\{x[t + \Delta t]\} \quad (6)$$

En el límite se puede expresar como:

$$\frac{d}{dt} u(x(t)) = -\frac{\partial f}{\partial c} u(x(t)) \quad (7)$$

Esta ecuación indica que $u(x)$, la utilidad marginal del consumo cae a una tasa proporcional dada por la tasa de interés. Consecuentemente, x aumentará a menos que y hasta que, $\frac{\partial f}{\partial c}$ o $u(x)$ disminuyan, en cuyo caso se alcanzaría el punto máximo. A partir de las anteriores ecuaciones, se puede determinar la tasa de ahorro óptima de la sociedad, a partir de:

$$\frac{d}{dx} \{u(x) \cdot f(a, c)\} = x \frac{du}{dx} + v(a) \frac{da}{dx} \quad (8)$$

Usando las ecuaciones anteriores e integrando, se obtiene:

$$u(x) \cdot f(a, c) = xu(x) - U(x) + V(a) + K \quad (9)$$

Donde K es una constante, también se puede expresar el anterior resultado como:

$$\frac{dc}{dt} = f(a, c) - x = \frac{K - \{U(x) - V(a)\}}{u(x)} \quad (10)$$

Según Polasky & Dampha (2021), para obtener la tasa de descuento, a partir de este planteamiento de Ramsey, se debe considerar un problema en el que un individuo debe seleccionar el nivel de consumo y de ahorro/inversión a lo largo del tiempo para maximizar el valor presente de los beneficios del consumo:

$$V(K_0) = \text{Max} \int_0^{\infty} U(C_t) e^{-\delta t} dt \quad (11)$$

$$\frac{dK_t}{dt} = F(K_t) - C_t \quad (12)$$

Con K_0 dado; $K_t \geq 0$, $C_t \geq 0$ para todo t . Usando el Hamiltoniano para resolver el problema se tiene:

$$H = U(C_t) - \mu(F(K_t) - C_t) \quad (13)$$

Las condiciones para la maximización son:

$$U'(C_t) - \mu_t = 0 \quad (14)$$

$$\mu_t F'(K_t) = -\frac{d\mu_t}{dt} + \delta\mu_t \quad (15)$$

$$\frac{dK_t}{dt} = F(K_t) - C_t \quad (16)$$

Donde:

$$U'(C_t) = \frac{dU(C_t)}{dC_t}, \quad F'(K_t) = \frac{dF(K_t)}{dK_t} \quad (17)$$

De la primera condición se obtiene:

$$U'(C_t) = \mu_t \quad (18)$$

Lo que muestra que la utilidad marginal del consumo es igual al valor marginal de las unidades adicionales en el stock de capital. Diferenciando esta expresión respecto al tiempo se tiene:

$$U''(C_t) \frac{dC_t}{dt} = \frac{d\mu_t}{dt} \quad (19)$$

Sustituyendo μ y $d\mu_t/dt$ en la ecuación 17, se obtiene:

$$F'(K_t) = -\frac{U''(C_t)C_t}{U'C_t} \frac{dC_t}{C_t} + \delta \quad (20)$$

El término a la izquierda, $F'(K_t)$, es la tasa marginal de retorno del capital, la cual en una economía de mercado representa la tasa de interés del mercado representada por r , entonces: $r = F'(K_t)$, El primer término de la derecha, $-U''(C_t)C_t/U'C_t$, es la elasticidad de la utilidad marginal con respecto al consumo o elasticidad marginal del consumo, representada por η , y que describe cómo cambia la utilidad marginal con el consumo. El siguiente término $dC_t/dt/C_t$, es la tasa de crecimiento del consumo, representado por g . Así, la ecuación de descuento se puede reescribir como:

$$r = \eta g + \delta \quad (21)$$

Con δ representando la tasa pura de preferencia por el tiempo. Esta ecuación ha sido utilizada por muchos países para estimar su TSD, incluyendo el caso costarricense, cuya TSD se estimó a partir de esta ecuación.

Esta es la metodología más utilizada para estimar la TSD y además suele ser el punto de partida de otras metodologías. No obstante, en su versión original presenta la condicionante de que genera una tasa constante para todo el horizonte de evaluación. Además, al depender de la tasa de crecimiento del consumo, se introduce la incertidumbre acerca del comportamiento de este en el largo plazo.

2.1.3.1.1 ESTIMACIÓN DE ARROW

Arrow (1995) utiliza el supuesto de que los individuos son conscientes de su obligación ética para tratar igual a todas las generaciones, pero no necesariamente se sienten obligados a sacrificarse para cumplir con esa obligación.

Arrow reconoce que, en un contexto social, la tasa de descuento es al menos en parte, una expresión de la preocupación acerca de la equidad entre la generación presente, las generaciones futuras, así como entre estas generaciones futuras. Asimismo, señala que también refleja la expectativa de tasas de rendimiento disponibles para generaciones futuras en usos alternativos del capital, así como la expectativa de crecimiento del ingreso de un individuo representativo.

Se plantea por parte del autor, que el análisis costo-beneficio parte del supuesto de que todos los individuos que forman parte de una misma generación son tratados de la misma forma, entonces, desde un punto de vista ético, esto también debería aplicarse para individuos de diferentes generaciones. Lo que implicaría que la tasa de preferencia pura por el tiempo debería ser cero. Esto debería de ser claro en los casos que se trata de proyectos que atenten contra el medio ambiente en el que convivirán los individuos de generaciones futuras.

El autor plantea dos puntos de vista acerca de la selección de la tasa de descuento, uno ético y otro descriptivo. Desde el punto de vista ético, la evaluación de los flujos futuros es una expresión de juicios éticos o morales. Estos expresan la demanda socialmente deseada de recursos para el futuro. La cantidad de recursos disponible en cada momento dependerá del conjunto de posibilidades y de la presencia de bienes sustitutos y complementarios y el grado en que las necesidades futuras puedan ser satisfechas por otros medios, por ejemplo, a través de las mejoras introducidas en la producción como efecto de la acumulación de capital de generaciones anteriores.

Desde el punto de vista descriptivo, se argumenta que la inversión pública desplaza a la inversión privada, por lo tanto, la primera debe recibir una tasa de retorno igual a la tasa de descuento de mercado o a los rendimientos observados de las inversiones.

En ambos casos, la distribución intertemporal es realizada por la generación actual, la cual se basa en las expectativas propias sobre el futuro basado en eventos exógenos y sobre la asignación que hará la generación futura. Esto se vuelve más importante si se consideran eventos como el cambio climático, el cual afectará de manera diferente a la generación presente que a la generación futura, haciendo que la decisión en este caso se convierta en una cuestión moral y no en un tema egoísta.

No obstante, aunque se acepte el componente ético, también es cierto que la inversión realizada por el Estado desplaza a la inversión privada, por lo que el costo de oportunidad en este sentido sigue siendo válido. A pesar de esto, Arrow indica que no se pueden utilizar las tasas de mercado como tasas de descuento para las inversiones públicas debido a que, si asumimos que las inversiones del Gobierno se financian directamente a través de impuestos, estos disminuyen tanto el gasto en consumo como el gasto en inversión de los privados. Y dado que el consumo suele ser mayor que la inversión, los impuestos disminuirán mayormente el consumo, por lo que las tasas de interés no se pueden considerar como un buen indicador.

Adicionalmente, se debe considerar que las tasas de retorno de las inversiones suelen ser distintas en los distintos mercados, básicamente por las diferencias en los riesgos que se asumen en cada sector, por lo cual, definir una tasa de descuento general a partir de la información del mercado de capitales no sería posible. La opción planteada sería recurrir a inversiones de cero riesgos, lo que se traduciría en los rendimientos de corto plazo de bonos del tesoro. Esto, sin embargo, llevaría la tasa de descuento a niveles más bajos de lo que se esperaría desde el punto de vista descriptivo.

Esto conduce al autor a definir que la tasa de descuento debe ser seleccionada usando un enfoque ético para seleccionar la tasa de descuento para evaluación del cambio climático o para bienes públicos. Siguiendo este razonamiento, el autor plantea la misma ecuación obtenida del modelo de Ramsey:

$$\text{tasa de descuento} = \rho + \theta g \quad (22)$$

Donde ρ es la tasa pura de preferencia por el tiempo, θ es la elasticidad de la utilidad marginal con respecto al consumo y g es la tasa de crecimiento del consumo *per cápita*.

El autor asume un escenario en el que inicialmente se cuenta con una canasta de bienes formada por un flujo de bienes perecederos, los cuales no pueden ser considerados como inversión por definición dada su naturaleza. Luego, se asume que se presenta una oportunidad de inversión disponible únicamente para la primera generación. Para cada unidad de sacrificio que asuma esta generación, recibirá un flujo perpetuo de beneficios denotado por α por unidad de tiempo. Cada unidad sacrificada significará una reducción en la utilidad para la generación actual, que

se verá compensada por una ganancia, aunque sea menor, para cada una de las generaciones futuras.

De esta forma, cualquier sacrificio de la generación actual es considerado como bueno. Estrictamente hablando, no se puede considerar que la generación actual deba sacrificar todo su consumo si la utilidad marginal se aproxima a infinito cuando su consumo se acerque a cero, pero sí se podría decir que es preferible para el conjunto que, ante una oportunidad de inversión, la generación actual sacrifique significativamente su consumo.

Esta conclusión a la que se llega es inaceptable para Arrow desde un punto de vista ético, ya que considera que un ahorro del 100% es igual de inaceptable que una alta tasa de ahorro para la generación actual al implicar un sacrificio muy alto en sus posibilidades de consumo. A partir de lo anterior, el autor propone que la oportunidad de inversión se presenta de manera repetitiva en cada período de tiempo. Además, asume que la utilidad es aditiva intertemporalmente y que es representada por la función:

$$U(c_t) = c_t^{1-\theta} / (1-\theta), \quad \theta > 1 \quad (23)$$

En ausencia de la preferencia pura por el tiempo, la maximización es la integral de $U(ct)$ en un horizonte infinito. Para cada período, el conjunto de opciones está dado por:

$$dK/dt = \alpha K_t - c_t \quad (24)$$

Donde K_t es el capital o ahorro acumulado en el período t , α es el producto por unidad de capital y K_0 está dado como una constante. Ramsey, citado por Arrow (1995), ha mostrado que la tasa óptima de ahorro (la razón de ahorro a ingreso) es $1/\theta$ (independiente del valor de α).

Arrow ha encontrado valores de θ de 1,5 o menos, lo que implicaría tasas de ahorro cercanas a los 2/3 del ingreso. Esta tasa, para Arrow, resulta en una tasa increíblemente alta e inaceptable para la generación actual, asimismo, señala que Ramsey después de realizar sus cálculos concluye que la tasa de ahorro que requiere esta regla es en exceso mayor a lo que cualquiera sugeriría normalmente.

De esta forma concluye que el requerimiento ético de que todas las generaciones sean tratadas de la misma manera, contradice la intuición acerca de que no es moralmente aceptable demandar altas tasas de ahorro a una generación o a cada una de las generaciones.

Así, se acepta que la tasa pura de preferencia por el tiempo es positiva y además, el autor llega a la conclusión de que la tasa de preferencia pura por el tiempo debe encontrarse alrededor del 1%. Si se acepta un valor de 1,5 para la elasticidad de la utilidad marginal del ingreso, θ , y una tasa de crecimiento del ingreso *per cápita*, g , de 1,2%, entonces la TSD debería ubicarse apenas por debajo del 3%. Aun siendo optimista acerca del crecimiento económica futuro y asumiendo una tasa de crecimiento de 2% la TSD sería del 4%.

El resultado obtenido por Arrow parte de un juicio ético acerca del valor de la tasa pura de preferencia por el tiempo, pero que es consistente con lo encontrado por otros autores. Por ejemplo, Lopez (2008), en su cálculo de tasas de descuento para nueve países de Latinoamérica obtiene un valor para la tasa de preferencia pura por el tiempo de 1% basándose en la tasa de mortalidad de los países seleccionados y su comportamiento respecto a países desarrollados. De esta forma logra establecer que el valor de 1% es apropiado para economías como las latinoamericanas, aunque reconoce que para países desarrollados el valor de ρ es un poco mayor, ubicándolo en 1,2%. En ambos casos, se encuentra cercano a lo establecido por Arrow.

La discusión planteada por Arrow, busca demostrar que el planteamiento de Ramsey, aunque es correcto en su formulación, puede implicar unas altas tasas de ahorro lo que implicaría un excesivo sacrificio de parte de las generaciones actuales. Esto debido al valor que podría asumir la tasa pura de preferencia por el tiempo. No obstante, esta discusión planteada por Arrow, no sólo demostró que estas tasas no son consistentes en el tiempo, sino que también planteó la necesidad de realizar una aproximación más apropiada al valor de la tasa pura de preferencia por el tiempo.

En esta línea, es que autores como el señalado López (2008), plantea el cálculo de esta tasa pura de preferencia por el tiempo a partir de las expectativas de mortalidad de la población, siendo el planteamiento más utilizado y además el que ha demostrado mayor consistencia.

2.1.3.1.2 TASA DE DESCUENTO DE FELDSTEIN

Feldstein (1965) citado por Valentim y Prado (2008), basándose en la propuesta de Ramsey, plantea su propio cálculo de la tasa de descuento a partir de los siguientes supuestos.

El consumo individual está distribuido igualitariamente en la población, por lo que $c_{i,t}=c_{j,t}$ para todo i, j y t , donde $c_{i,t}$ representa el consumo del individuo i en el período t . Además, Valentim y Prado utilizan, a diferencia de Feldstein y de Ramsey, el ingreso per cápita, y_t , en lugar del consumo, por lo que se obtiene:

$$Y_t = N_t y_{i,t} \quad (25)$$

Donde Y_t es el ingreso total (por ejemplo, el PIB) y N_t es la población total en el momento t . Los autores seleccionan el ingreso como variable, debido a la preocupación de Feldstein acerca de que se debía tener cuidado con que la distribución del consumo debía ser consistente con la distribución del ingreso. Para los autores, el ingreso refleja mejor el bienestar de un país en el cual muchos bienes y servicios son proveídos por el Estado. Por ejemplo, los servicios de salud que provee el Estado no se reflejan en el consumo de las familias, pero sí se reflejan en el PIB.

También se asume que todos los individuos tienen la misma función de utilidad u_t sobre el ingreso *per cápita* con un coeficiente constante de aversión relativa al riesgo $\sigma > 0$ y una utilidad marginal dada por:

$$u'_t = \eta y_t^{-\sigma} \quad (26)$$

Donde η es constante. La utilidad de la sociedad U_t no necesariamente es la suma de las utilidades individuales. Dado que se asumió una distribución igualitaria del ingreso se tiene:

$$U_t = N_t^\alpha u_t \quad (27)$$

Donde $\alpha \in [0,1]$ es un parámetro que mide el efecto del aumento de la población sobre la utilidad de la sociedad en su conjunto (DGPI-MEF, 2011). Se asume que la Felicidad F , es la suma descontada de las utilidades futuras de la sociedad:

$$F = \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t U_t \quad (28)$$

Donde $\beta \in (0,1)$ es la tasa pura de preferencia por el tiempo.

A partir de estos supuestos, se puede obtener la tasa de descuento. Para esto, y siguiendo a Feldstein, la tasa de descuento entre $t-1$ y t está definida por:

$$d_t \equiv MRS_{t,t-1} - 1 \quad (29)$$

Donde $MRS_{t,t-1}$ es la tasa marginal de sustitución del ingreso entre $t-1$ y t . Por definición:

$$MRS_{t,t-1} = \frac{\partial F / \partial Y_{t-1}}{\partial F / \partial Y_t} \quad (30)$$

Usando la función de Felicidad F , se obtiene:

$$\frac{\partial F}{\partial Y_{t-1}} = \beta^{t-1} \frac{\partial U_{t-1}}{\partial Y_{t-1}} \quad y \quad \frac{\partial F}{\partial Y_t} = \beta^t \frac{\partial U_t}{\partial Y_t} \quad (31)$$

De donde:

$$MRS_{t,t-1} = \frac{\beta^t \partial U_{t-1} / \partial Y_{t-1}}{\beta^t \partial U_t / \partial Y_t} = \frac{\partial U_{t-1} / \partial Y_{t-1}}{\beta \partial U_t / \partial Y_t} \quad (32)$$

A partir de los supuestos y la ecuación 25 se tiene que $\partial y_t / \partial Y_t = N_t^{-1}$. Se define π como la tasa de crecimiento de la población entre $t-1$ y t . Usando la función de utilidad de la sociedad de la ecuación 27:

$$\frac{\partial U_t}{\partial Y_t} = N_t^\alpha \frac{\partial u_t}{\partial Y_t} = N_t^\alpha \frac{\partial u_t}{\partial y_t} \frac{\partial y_t}{\partial Y_t} = N_t^\alpha u'_t N_t^{-1} = N_t^{\alpha-1} u'_t \quad (33)$$

Asimismo:

$$\frac{\partial U_{t-1}}{\partial Y_{t-1}} = N_{t-1}^{\alpha-1} u'_{t-1} = N_t^{\alpha-1} (1 + \pi_t)^{1-\alpha} u'_{t-1} \quad (34)$$

De donde se obtiene:

$$MRS_{t,t-1} = \frac{N_t^{\alpha-1}(1 + \pi_t)^{1-\alpha}u'_{t-1}}{\beta N_t^{\alpha-1}u'_t} = (1 + \pi_t)^{1-\alpha} \frac{u'_{t-1}}{\beta u'_t} \quad (35)$$

Usando la utilidad marginal definida previamente y las últimas dos ecuaciones, se obtiene la tasa de descuento:

$$d_t = \frac{(1 + \pi_t)^{1-\alpha}}{\beta} \left(\frac{y_{t-1}}{y_t} \right)^{-\sigma} - 1 \quad (36)$$

Se define γ_t como la tasa de crecimiento del ingreso per cápita entre el período $t-1$ y t , y se define ρ como la tasa pura de preferencia por el tiempo considerando $\beta(1 + r) = 1$. Se puede obtener:

$$d_t = (1 + \pi_t)^{1-\alpha}(1 + \gamma_t)^\sigma(1 + \rho) - 1 \quad (37)$$

Esta forma de calcular la tasa de descuento permite incorporar el comportamiento decreciente en el tiempo, el cual dependerá del comportamiento de la tasa de crecimiento de la población (π) y de la tasa de crecimiento del consumo per cápita (γ). Asimismo, al considerar el ingreso en lugar del consumo, se toman en consideración todos los elementos que podrían influir en el nivel de bienestar de la sociedad y no lo limita únicamente al consumo, lo que permite integrar todos aquellos bienes y servicios que provee el Estado, incluyendo los temas ambientales.

2.1.3.1.3 TASA DE DESCUENTO GAMMA

Weitzman (2001), propone una tasa de descuento en la cual se asume que la tasa de descuento exponencial que se suele utilizar se entiende como un caso particular de una tasa Gamma, de la misma manera en que la distribución de probabilidades exponencial se puede considerar como un caso especial de la distribución de probabilidades Gamma. Esto se presenta cuando se toma un único parámetro que describa el tiempo de espera hasta el “quiebre” de un sistema de un único componente, mientras que la forma general de la distribución gamma requiere de dos parámetros, el tiempo de espera hasta el “quiebre” de un sistema con múltiples componentes y un segundo parámetro que especifique el número de componentes del sistema. La propuesta metodológica pretende determinar, a partir de la aplicación de una encuesta los dos parámetros

de una distribución gamma. El segundo parámetro debería de jugar un rol significativo en el descuento en el largo plazo.

El autor propone que cada individuo posee una estimación propia de la tasa de descuento, a partir de un modelo particular, el cual no es relevante conocerlo. Lo importante para la estimación es que las opiniones de cada uno de los individuos serán valoradas de la misma forma, asimismo, el modelo pretende realizar una ponderación de las funciones de descuento de cada individuo y no una ponderación de las tasas de descuento.

A partir de lo anterior, la forma que se espera que tengan los modelos propuestos debería ser similar para todos los individuos y tener una forma como la siguiente:

$$VP = \int_0^{\infty} A(t)Z(t)dt \quad (38)$$

En la que el valor presente de los beneficios depende del factor de descuento $A(t)$ y del beneficio neto en el año t , $Z(t)$. Al considerar una tasa de descuento constante, la función anterior se convierte en la forma tradicional, representada por la función:

$$A_j(t) = e^{-x_j t} \quad (39)$$

Al aplicar una encuesta en la que se consulta el valor de la tasa de descuento a 2.160 economistas, el autor demuestra que el histograma de las respuestas obtenidas es similar a la forma general de una distribución gamma. Lo anterior permite suponer que la variable x_j se comporta como una variable aleatoria cuya función de densidad probabilística definida para todas las x con valor positivo, sigue una distribución gamma, cuya forma se describe por la siguiente ecuación:

$$f(x) = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\beta x} \quad (40)$$

Donde los parámetros α y β pueden ser estimados. Esta forma asume que los economistas consultados conocen y además se sienten conformes de alguna manera con la tradicional aproximación exponencial de la tasa de descuento. La mayor discrepancia que podría surgir se relaciona con el valor constante de dicha tasa. La selección de la función gamma como función

de distribución para x , permite un análisis más sencillo y un menor costo en términos de las restricciones empíricas.

Utilizando lo anterior, el valor esperado actual de un dólar extra esperado en el período t , se calcularía como el valor presente esperado del dólar en el período t ajustado por la “probabilidad de corrección” o “probabilidad de realidad” de la tasa a la que se está descontando, representado por:

$$A(t) = \int_0^{\infty} e^{-xt} f(x) dx \quad (41)$$

La función $A(t)$ se denominará la función de descuento efectiva para el período t . Esta proporciona funciones de descuento, no así una tasa de descuento. La marginal o “tasa de descuento instantánea” en el período t está definida por:

$$R(t) = \frac{A'(t)}{A(t)} \quad (42)$$

Utilizando la función de la distribución gamma en la ecuación tras anterior, se tiene que:

$$A(t) = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} \int_0^{\infty} x^{\alpha-1} e^{-(\beta+t)x} dx \quad (43)$$

Suponiendo que:

$$\int_0^{\infty} y^{a-1} e^{-by} dy = \frac{\Gamma(a)}{b^a} \quad (44)$$

Y reemplazando $a = \alpha$ y $b = \beta+t$ y utilizando esto, se tiene que:

$$A(t) = \left(\frac{\beta}{\beta + t} \right)^\alpha \quad (45)$$

Usando la definición de la media y varianza de una distribución gamma, se puede llegar a expresarlas de la siguiente forma:

$$\mu = \frac{\alpha}{\beta} \quad , \quad \sigma = \frac{\alpha}{\beta^2} \quad (46)$$

Para efectos prácticos, ambos se mostrarán de la siguiente forma:

$$\alpha = \frac{\mu^2}{\sigma^2} \quad , \quad \beta = \frac{\mu}{\sigma^2} \quad (47)$$

Luego de sustituir estos valores en la ecuación 45, se obtiene:

$$A(t) = \frac{1}{\left(1 + t \frac{\sigma^2}{\mu}\right)^{\mu^2/\sigma^2}} \quad (48)$$

Luego, se puede llegar a:

$$R(t) = \frac{\mu}{1 + t \frac{\sigma^2}{\mu}} \quad (49)$$

A partir de esta función, se puede notar que cuando el parámetro σ se aproxima a cero, esta tasa se comportaría como una tasa de descuento exponencial. También se puede concluir que para cualquier valor positivo constante de σ , la tasa de descuento efectiva empieza en el valor de la media μ cuando $t = 0$. La tasa de descuento efectiva decrece con el tiempo porque esta menor tasa otorga cada período un mayor peso a los valores a descontar. En comparación, una tasa de descuento creciente, le daría una menor importancia a los beneficios que se generen en el futuro.

Esta metodología genera distintas tasas para distintos períodos de tiempo, con un comportamiento decreciente conforme aumenta el plazo correspondiente. El principal problema de esta forma de cálculo corresponde al sesgo que se podría presentar en los valores obtenidos a través de la consulta realizada mediante una encuesta. Según lo encontrado por el autor, la mayoría de autores se ubicaron en tasas cercanas a las previamente establecidas por las autoridades correspondientes.

Otros autores han utilizado esta metodología aplicando ciertos ajustes, por ejemplo, Edwards (2016) utiliza esta metodología para estimar una tasa de descuento de largo plazo con un ajuste importante en la consulta realizada, evitando el uso de una tasa de descuento de referencia para

evitar el sesgo mencionado. Por su parte, Castro et al (2019) utilizan esta metodología, pero en lugar de utilizar una consulta a economistas, utilizan valores estimados a partir de la ecuación de Ramsey para varios años y a partir de estas tasas utilizan la propuesta de Weitzman, tratando de evitar el sesgo mencionado y partir de un valor estimado.

Cabe señalar que esta metodología también fue aplicada por (Jiménez Montero, 2014) para estimar una tasa de largo plazo en el caso costarricense mencionada en el primer capítulo. Para su aplicación, al igual que hizo Edwards en Chile, se aplicó una encuesta en la que no se preguntó directamente la tasa de descuento a los especialistas, sino que se les solicitó seleccionar diferentes valores esperados con distintos plazos y a partir de estas preguntas se obtiene la tasa de descuento de manera indirecta.

No obstante, para aplicar la encuesta se utilizaron valores que se correspondían con tasas entre 3,2% y 6,8%. Esto debido a que, la autora utilizó como referencia el estudio de Mora García (2010), el cual estima que la TSD para Costa Rica se debía ubicar en un valor entre 3,7% y 7,2%. En ese momento, la TSD establecida por Mideplan era del 12%, sin contar con un respaldo metodológico.

Los resultados obtenidos por la autora ubican la tasa de descuento de largo plazo en 6,0% para los primeros nueve años y continuas disminuciones de 0,5% en períodos de distinto tamaño hasta llegar a un valor mínimo de 1,0% a partir del año 286. No obstante, al comparar estos resultados, con los obtenidos para el caso chileno aplicando la misma metodología y una encuesta similar, se nota que el decrecimiento es mucho más rápido en el caso costarricense. Lo anterior se muestra en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1

Tasas de descuento de largo plazo estimadas para Costa Rica y Chile por horizonte de evaluación y valor

Costa Rica ¹		Chile ²	
Horizonte	Tasa	Horizonte	Tasa
0-9	6,0%	21-32	5,0%
10-16	5,5%	33-48	4,5%
17-25	5,0%	49-67	4,0%
26-36	4,5%	68-91	3,5%
37-50	4,0%	92-125	3,0%
51-68	3,5%	126-174	2,5%
69-92	3,0%	175-251	2,0%
93-128	2,5%	252-390	1,5%
129-184	2,0%	391 en adelante	1,0%
185-285	1,5%		
286 en adelante	1,0%		

1. Estimación realizada por Jiménez Montero (2014).

2. Estimación realizada por Edwards (2016).

En el caso chileno se partió de tasas de descuento entre 2,7% y 6,4%. Aunque la estimación para el caso chileno inicia en el año 20 con un valor de 5,0% para el caso costarricense este mismo valor se obtiene a partir del año 17. Aunque la diferencia no es significativa, el resultado mínimo de 1,0% sí presenta una diferencia considerable en ambos casos, con una anticipación de más de 100 años para el caso costarricense.

Cabe señalar que actualmente, la TSD definida por Mideplan es de 8,31%, estimada mediante la metodología de Ramsey, la cual se encuentra por fuera del rango utilizado en la estimación señalada. Esto podría haber generado valores menores a los esperados si se considerase la tasa vigente.

2.1.3.2 TASA DE DESCUENTO ESTIMADA A PARTIR DE TASAS DE MERCADO

Newell & Pizer (2001a) plantean un modelo en el cual se considera la incertidumbre acerca del comportamiento de las tasas de interés en el futuro. Para esto sugieren modelar el

comportamiento de series de tiempo de tasas de interés directamente a través de un modelo autorregresivo. La intención de este tipo de modelo no tiene que ver con los determinantes de las tasas, ni con imponer restricciones estructurales en su definición, más bien, pretende tener un mayor poder predictivo acerca del comportamiento de la tasa de descuento basándose en el comportamiento histórico de las tasas de interés de mercado de los bonos del gobierno de Estados Unidos.

El modelo asume que la tasa de interés en el momento t (r_t) será incierta y esta incertidumbre tendrá un componente permanente η y un componente fugaz pero persistente ε_t :

$$r_t = \eta + \varepsilon_t \quad (50)$$

El componente permanente η tiene una distribución normal con media $\bar{\eta}$ y varianza σ_η^2 . El otro componente aleatorio ε_t , es un shock auto correlacionado de media cero de la tasa de descuento que se comporta de la siguiente manera:

$$\varepsilon_t = \rho * \varepsilon_{t-1} + \xi_t \quad (51)$$

Donde el parámetro de correlación ρ describe la persistencia de las desviaciones de la tasa media y ξ es una variable aleatoria distribuida normalmente, independiente idénticamente distribuida, con media cero y varianza σ_ξ^2 . Ambos componentes η y ε_t son independientes, por lo que la media de r_t es $\bar{\eta}$.

En resumen, la tasa de descuento tiene un valor medio de $\bar{\eta}$, el cual es incierto, al igual que son inciertas las persistentes desviaciones de esta tasa media. Un valor de ρ cercano a uno significa que la tasa de interés se desvía persistentemente de la tasa media, manteniéndose por encima o por debajo durante muchos períodos. En este caso, la mejor predicción de la tasa de interés del año siguiente es la tasa del año anterior. Por otro lado, un valor de ρ cercano a cero, significa que períodos con tasas anormalmente altas puede ser seguido de tasas que se encuentren por encima o por debajo de la media con la misma probabilidad, por lo que la mejor predicción para la tasa del año siguiente será el valor medio de la tasa de interés. Esto demuestra que la persistencia es esencial.

Las consecuencias de descontar el futuro en el período t al presente es tradicionalmente computado como el factor P_t , donde:

$$P_t = \exp\left(-\sum_{s=1}^t r_s\right) \quad (52)$$

Dado que r es estocástico, el valor descontado *esperado* de un dólar entregado después de t años (el factor de descuento de certeza-equivalente) sería:

$$E[P_t] = E\left[\exp\left(-\sum_{s=1}^t r_s\right)\right] \quad (53)$$

Siguiendo a Weitzman, los autores definen la correspondiente tasa de certeza-equivalente para el descuento entre períodos adyacentes al momento t , la cual es igual a la tasa de cambio del factor de descuento esperado:

$$\tilde{r}_t = -\frac{dE[P_t]/dt}{E[P_t]} \quad (54)$$

Nótese que \tilde{r}_t es la tasa instantánea período a período en el momento t en el futuro, no la tasa promedio para descontar entre el período t y el presente. Luego, los autores demuestran que se puede estimar el factor de descuento en un momento determinado t a través de:

$$E[P_t] = \exp\left(-\eta t + \frac{t^2 \sigma_\eta^2}{2}\right) \exp\left(\frac{\sigma_\xi^2}{2(1-\rho)^2} \left(t - \frac{2(\rho - \rho^{t+1})}{1-\rho} + \frac{\rho^2 - \rho^{2t+2}}{1-\rho^2}\right)\right) \quad (55)$$

Mientras que la correspondiente tasa de descuento de certeza-equivalente en el momento t está dada por la tasa de cambio de $E[P_t]$, que está determinada por:

$$\tilde{r}_t = \bar{\eta} - t\sigma_\eta^2 - \sigma_\xi^2 \Omega(\rho, t) \quad (56)$$

Donde $\Omega(\rho, t)$ es el efecto de autocorrelación en los shocks de la tasa de interés. Esta última ecuación presenta el resultado básico del modelo de incertidumbre de la tasa de descuento. La tasa de certeza-equivalente disminuye respecto a la media ante incrementos en: el período de pronóstico (t), la incertidumbre en la tasa media (σ_η^2), la incertidumbre en las desviaciones de

la tasa media (σ_{ξ}^2) y el grado de persistencia de estas desviaciones (ρ). El segundo término de esta ecuación captura la influencia de la incertidumbre en la tasa de interés media y el tercer término captura el efecto de las desviaciones persistentes de la media.

La propuesta de los autores consiste en estimar un modelo logarítmico, de manera que se asegure que la tasa de descuento nunca sea negativa. Los autores utilizan una base de datos histórica de tasas de interés, para la cual plantean y comprueban la hipótesis nula que estas tasas históricas siguen una caminata aleatoria y si esta hipótesis no se puede rechazar, estiman el siguiente modelo:

$$\ln r_t = \ln r_0 + \varepsilon_t \quad (57)$$

En este modelo r_0 reemplaza a η porque ahora la tasa de interés es modelada como la acumulación de cambios permanentes desde una tasa de interés inicial (r_0), en lugar de hacerlo a partir de las desviaciones de la tasa de largo plazo (η). Adicionalmente, se realizó la simulación de cien mil trayectorias futuras alternativas para la tasa de descuento, las cuales se utilizan para estimar la tasa de descuento de certeza-equivalente.

El modelo utiliza datos de tasas de interés de mercado de dos siglos, desde 1789 hasta 1999, correspondiente a bonos de Gobierno de largo plazo de alta calidad. Además, utiliza las tasas de interés reales. Luego de los cálculos realizados, se obtiene una tasa de descuento que es decreciente en el tiempo y que, además, según demuestran los autores, es consistente en el tiempo debido a la inclusión de la incertidumbre a través del modelo planteado.

Este modelo, aunque presenta resultados muy satisfactorios, requiere de una cantidad considerable de información acerca de tasas de interés. Además, se requiere que el mercado ofrezca instrumentos de largo plazo con un nivel bajo o casi nulo de riesgo, en el caso de los Estados Unidos, esta condición la cumplen los bonos de gobierno. Esta necesidad de información hace que su aplicación sea complicada para el caso de economías en que los mercados financieros no estén tan desarrollados y además, no se cuente con datos históricos o bien, que el desarrollo de estos instrumentos sea de reciente data.

2.2 MARCO METODOLÓGICO

2.2.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación tiene un carácter mixto, al presentar elementos tanto cuantitativos, como elementos cualitativos. De acuerdo con Hernández Sampieri et al (2006), se trata de una investigación cuantitativa por estar dirigida hacia datos medibles u observables, datos numéricos que podrían implicar un análisis estadístico (dependiendo de la metodología seleccionada), entre otras características. Sin embargo, al utilizar experiencias de participantes en el taller que se realizó para seleccionar la metodología a aplicar, así como la revisión bibliográfica para definir la metodología, se utilizará un enfoque cualitativo, considerando ambos elementos como parte fundamental de la investigación.

2.2.2 ETAPAS DE INVESTIGACIÓN

La investigación se desarrolló en cinco etapas consecutivas. En la primera etapa se realizó una síntesis, estructuración y análisis de la revisión bibliográfica, que permitió identificar las posibles metodologías a aplicar para realizar el cálculo de la tasa de descuento de largo plazo. Esta revisión bibliográfica se realizó de forma manual. En esta etapa, se desarrolló un taller participativo con expertos en evaluación de proyectos, vinculados a instituciones encargadas de desarrollar proyectos de inversión pública con impactos ambientales de mediano y largo plazo. A este grupo de expertos, se le aplicó un cuestionario con el fin de conocer sus opiniones acerca de la tasa de descuento a aplicar en estos proyectos, así como de temas relacionados con el análisis costo-beneficio y su relevancia en este tipo de proyectos.

En la segunda etapa, y tomando en cuenta los resultados del cuestionario aplicado, se procedió a estimar los parámetros necesarios para la tasa de descuento de largo plazo para proyectos con impactos medioambientales, de acuerdo a la metodología seleccionada. En esta etapa, se realizó la identificación de las fuentes de información, así como la recopilación y sistematización de los datos requeridos.

Una vez estimados los parámetros, en la tercera etapa, se realizó la estimación de la tasa de descuento de largo plazo para proyectos con impactos medioambientales, aplicando la metodología seleccionada y se comprobó el comportamiento decreciente de dicha tasa.

Luego de realizado el cálculo, se utilizó la tasa estimada en la cuarta etapa para realizar el cálculo de los indicadores de la evaluación costo-beneficio en un proyecto particular, con el fin de comparar sus resultados con los obtenidos al utilizar la TSD estimada por Mideplan. En esta etapa se obtuvieron los indicadores de rentabilidad del proyecto, usando la TSD de Mideplan, así como la tasa de descuento de largo plazo para proyectos con efectos medioambientales obtenidas en esta tesis, con el fin de comprobar el impacto del uso de la segunda tasa, en la estimación de los indicadores de rentabilidad del proyecto.

Finalmente, en la quinta etapa, se realizó un análisis de los resultados obtenidos de la aplicación de la tasa de descuento de largo plazo, para proyectos con impactos medioambientales, sobre los indicadores de rentabilidad del proyecto seleccionado.

2.2.2.1 TALLER DE EXPERTOS. SELECCIÓN DE LA METODOLOGIA

Se desarrolló un taller de consulta con expertos institucionales que están a cargo de la evaluación de los proyectos de inversión con impactos medioambientales. En este sentido, se han identificado al Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) por su labor en temas de conservación, y al Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) por sus proyectos relacionados con saneamiento ambiental, como las principales instituciones a tomar en cuenta.

Asimismo, por su papel como rectores en materia ambiental, participaron funcionarios del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). Además, por tratarse del ente rector en materia de inversión pública, también se contó con la participación de Mideplan. El taller se realizó de manera virtual y se aplicó el método Delphi para obtener la información de los expertos que participaron.

Este método ha sido aplicado por Almansa Sáez y Martínez Paz (2008), cuyo estudio tenía como objetivo indagar sobre las principales posturas del descuento ambiental, respecto a su contenido cualitativo, considerando la idoneidad del análisis costo-beneficio y el enfoque de descuento más adecuado para el contexto intergeneracional; así como en su contenido cuantitativo, en el cual se obtuvieron valores numéricos para estimar una tasa de descuento para diferentes horizontes temporales.

La principal razón para utilizar el método Delphi se debe que, una de sus características es que se logra obtener resultados apropiados aun cuando se cuente con pocos participantes. Dalkey (1969), demuestra una mejora de 80% en las respuestas a partir de una submuestra de 7 expertos. Por su parte, Astigarraga (2003) indica que, si bien el error disminuye notablemente a partir de 7 expertos consultados, no es aconsejable acudir a más de 30 expertos debido a que la mejora obtenida en las respuestas es muy pequeña y no compensa el incremento en costos y trabajo de investigación.

Según Linstone & Turoff (1975), “Delphi se puede describir como un método para estructurar un proceso de comunicación grupal para tratar un problema complejo, integrando las opiniones de varios expertos” (p. 3). Para su aplicación es importante considerar el proceso de retroalimentación en cada una de las rondas, en las cuales cada experto puede conocer los resultados obtenidos en rondas previas y de esta forma ajustar o no, la respuesta brindada anteriormente.

El método Delphi consta de seis etapas (Romero-Collado, 2021):

1. Identificación del problema de investigación.
2. Construcción del cuestionario inicial.
3. Selección del panel de expertos.
4. Administración del cuestionario.
5. Análisis de datos y retroalimentación del panel.
6. Informe de resultados

La identificación del problema de investigación se realizó en la sección 1.3 Problemática de este documento. La construcción del cuestionario fue realizada tomando en cuenta los objetivos

de investigación definidos en la sección 1.4 Objetivos, en este sentido, se establecieron 12 ítems, de los cuales, los encuestados debían contestar 10 ítems. La diferencia estriba en que de acuerdo a la respuesta en la pregunta relacionada con el comportamiento de la tasa de descuento (pregunta 1.3), el cuestionario los dirigía a secciones distintas con el fin de conocer su opinión respecto a la forma de cálculo en cada caso.

El cuestionario se divide en secciones. La primera sección del cuestionario tenía por objeto conocer el criterio de los expertos acerca de la conveniencia de utilizar el análisis costo-beneficio para la evaluación de proyectos, así como su preferencia por una tasa de descuento constante o bien, una tasa decreciente. La segunda sección, pretende conocer la opinión acerca de la tasa de descuento que hubiesen seleccionado, en caso de seleccionar una tasa constante, interesaba conocer su opinión acerca del uso de la actual TSD y, además, interesaba conocer su opinión acerca del valor de la misma.

En caso de seleccionar una tasa decreciente, interesa conocer la metodología que consideran más adecuada para su estimación. Ambos casos se consideran excluyentes, ya que al seleccionar una de las dos opciones mejor que la otra, las opiniones respecto a la opción no seleccionada perderían valor al responder posteriormente únicamente con el propósito de completar el cuestionario.

La parte final del cuestionario busca conocer la opinión de los expertos en relación a la aplicación de la tasa de descuento específica para proyectos con efectos medioambientales y su relación con las tasas solicitadas por Mideplan actualmente. El cuestionario aplicado se puede consultar en el Anexo I.

En nueve de los ítems se utilizó una escala de Likert, de 1 a 5, donde 1 significaba Totalmente en desacuerdo y 5 Totalmente de acuerdo. Asimismo, se agregó la opción No sabe/No responde en caso de que el experto consultado no contara con la información necesaria para dar respuesta. Dos de los ítems tenían una respuesta cerrada de selección única y un ítem correspondía a una pregunta abierta.

Para la selección del panel de expertos, se consideró la participación de funcionarios con conocimiento acerca de formulación y evaluación de proyectos de inversión pública

relacionados con impactos medioambientales. Para este propósito, se seleccionaron instituciones que forman parte del Sector Ambiente y Energía, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Orgánico del Poder Ejecutivo, asimismo, se tomó en consideración que las instituciones representadas formaran parte del SNIP y por lo tanto que se cuente con información en el Banco de Proyectos de Inversión Pública.

La administración del cuestionario se realizó al finalizar el taller con el panel de expertos. El mismo se aplicó de manera individual a través de un formulario de Google Forms. Se consideró la aplicación del cuestionario en dos momentos diferentes, al respecto, Astigarraga (2003) señala que a pesar de que la metodología indica la realización de varias rondas de preguntas, la experiencia en su aplicación ha demostrado que utilizar únicamente dos etapas, no afecta la calidad de los resultados y se han utilizado estas dos etapas en diversos estudios, como es el caso señalado anteriormente del estudio realizado por Almansa -Saéz y Martínez -Paz (2008).

Para realizar el análisis de los datos y brindar la retroalimentación al panel, se sistematizaron las respuestas utilizando Excel. Se obtuvieron datos descriptivos para identificar las respuestas más comunes en cada caso, utilizando la mediana y la moda como las medidas de posición más adecuadas. Esto, porque el valor de la media puede verse afectado por los valores extremos que se podrían presentar en algunas de las respuestas, mientras que la moda y la mediana no se ven afectados por esto.

Adicionalmente, se utilizaron la desviación estándar y los valores de la amplitud del rango, así como los valores máximos y mínimos en cada pregunta, con el propósito de valorar la dispersión de los datos en cada una de las rondas de aplicación del formulario.

Una semana después de la primera aplicación, se reenvió el mismo formulario acompañado de los resultados obtenidos en la primera aplicación. Para esto, en cada pregunta del formulario se incluyó un gráfico mostrando el porcentaje de respuestas obtenidas para cada una de las opciones. Asimismo, cada participante contaba con las respuestas brindadas al primer cuestionario, esto debido a que Google Forms les remitió copia del mismo de manera automática.

La siguiente etapa, corresponde al informe de resultados. El resumen de los resultados obtenidos en cada una de las consultas realizadas se muestra en la Tabla II.1 del Anexo II. En las siguientes secciones se desarrollarán en detalle los principales resultados obtenidos.

La aplicación de esta metodología permitió determinar la conveniencia de utilizar la metodología costo-beneficio como un método adecuado para el análisis de proyectos con efectos medioambientales, así como la aplicación de la actual TSD en estos proyectos. Además, permitió validar la selección de la metodología para el cálculo de la tasa de descuento, así como el tipo de tasa que se considera más apropiada, sea esta una tasa constante o bien una tasa con comportamiento decreciente.

2.2.2.2 ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS

El segundo paso consiste en la recolección de la información para el cálculo de los parámetros que conforman la tasa de descuento. Esto dependerá de la metodología que se seleccione en la primera etapa, pero se puede reducir a dos situaciones diferentes entre sí. En un escenario, aplicando una metodología como la de Weitzman, será necesario aplicar un cuestionario a expertos, de forma que se logre estimar los parámetros necesarios. Los expertos consultados serían los mismos que participen en el taller.

En el otro escenario, que podría ser la aplicación de una metodología como la de Feldstein, el cálculo de parámetros utilizará información de distintos indicadores económicos a través de información de carácter público, siendo necesario contar con la colaboración de instituciones como el Ministerio de Hacienda.

2.2.2.3 ESTIMACIÓN DE LA TASA DE DESCUENTO

El tercer paso, será la estimación de la tasa de descuento a partir de la metodología seleccionada, lo que también depende enteramente de la primera etapa. En cualquier caso, corresponderá a la realización de cálculos matemáticos para obtener los valores de la tasa de descuento, los cuales serán realizados en Excel.

2.2.2.4 CÁLCULO DE INDICADORES EN UN PROYECTO DE INVERSIÓN

Como cuarto paso, se seleccionará un proyecto con impactos medioambientales, para lo cual se usará la información del Banco de Proyectos de Inversión Pública, identificando aquellos proyectos que cumplan con la condición señalada (generar impactos medioambientales), y que, además, cuenten con una evaluación costo-beneficio realizada usando la TSD. A este proyecto se le aplicará la tasa estimada para calcular los indicadores de rentabilidad e identificar las diferencias, si es que las hay, entre ambos resultados.

2.2.2.5 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS INDICADORES DE RENTABILIDAD

Finalmente, como quinto paso, se analizarán los resultados obtenidos en los indicadores VAN, así como en la R-B/C al aplicar la tasa de descuento estimada en un proyecto de inversión, con el fin de definir las recomendaciones en la aplicación del análisis costo-beneficio para este tipo de proyectos. Se utilizarán estos indicadores, ya que ambos se verán afectados por la aplicación de una u otra tasa de descuento.

CAPÍTULO 3 RESULTADOS

A partir de la revisión bibliográfica, su síntesis y análisis, se identificaron las posibles metodologías a utilizar para el cálculo de la tasa de descuento de largo plazo. Se seleccionaron las metodologías de Feldstein propuesta por Valentim y Prado (2008), así como la metodología Gamma propuesta por Weitzman (2001), dado que ambas permiten estimar tasas de descuento de largo plazo, con las características sugeridas en el marco teórico. Se descartaron las metodologías basadas en el costo de oportunidad del capital, debido a que la revisión bibliográfica indicó que este enfoque no es el apropiado para estimar tasas de descuento de largo plazo.

A partir de lo anterior, se realizó el resumen para los expertos seleccionados para participar en el taller donde se seleccionó la metodología para el cálculo de la tasa de descuento de largo plazo.

3.1 SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA TASA DE DESCUENTO

En los talleres, así como para la aplicación del cuestionario se seleccionaron funcionarios de las siguientes instituciones:

- Instituto Costarricense de Acueductos de Alcantarillados (AyA)
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC)
- Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE)
- Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO)
- Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (Mideplan)

Se contó con la participación de 47 funcionarios. La mayoría de participantes provienen del AyA, los que representaron un 59,57% del total, mientras que las participantes del SINAC corresponden a un 19,15%, mientras que un 17,02% corresponden a MINAE y un 2,13% a funcionarios de Mideplan y FONAFIFO en cada caso.

La selección de los participantes se hizo a partir de su participación en la formulación y evaluación de proyectos de inversión pública. Esto se refleja en el hecho de que el 44,68% labora en Unidades Ejecutoras de proyectos las cuales se encargan de ambas tareas, un 12,77% laboran en las Unidades de Planificación Institucional que tienen como tarea la coordinación de estas tareas, el 8,51% en unidades relacionadas específicamente con estudios de formulación de proyectos, el 8,51% en Unidades Financieras que suelen asumir la tarea de evaluación, el 2,13% en unidades relacionadas con inversiones públicas. El restante 24,40% labora para unidades administrativas, las cuales también tienen a cargo la tarea de la formulación y evaluación de proyectos de inversión pública.

De los 47 participantes, 44 de ellos respondieron al primer cuestionario. En la segunda ronda se tuvo una participación de 31 funcionarios, siendo un 70,45% respecto a la primera aplicación, lo cual era de esperar debido a que en esta segunda ronda no se realizó una actividad virtual con la participación de los funcionarios. La Tabla 3.1 muestra los resultados obtenidos en cada ronda, tal como predice la metodología Delphi, la aplicación de un segundo cuestionario disminuye la dispersión de las respuestas, lo que se refleja en una menor desviación estándar para cada la mayoría de las preguntas con excepción de la pregunta 3.1, pero en cuyo caso la moda y la mediana se mantiene constante.

A modo de aclaración, la pregunta 3.1 y la pregunta 4.4 son preguntas cerradas que no corresponden a la escala Likert. La primera corresponde a la selección entre una tasa de descuento constante o una tasa de descuento decreciente, mientras que la segunda corresponde a la selección de un rango en el cual consideran que debería encontrarse la tasa de descuento para este tipo de proyectos. El detalle de análisis de las respuestas obtenidas se abordará en las secciones siguientes, utilizando las respuestas obtenidas en la segunda ronda. Adicionalmente, las respuestas obtenidas en cada ronda, se puede revisar en la Tabla II.1 del Anexo II.

Tabla 3.1**Resultados obtenidos de la aplicación del cuestionario por pregunta, según ronda de aplicación**

Pregunta	Mediana		Moda		Desviación estándar		Rango		Mínimo		Máximo	
	Ronda 1	Ronda 2	Ronda 1	Ronda 2	Ronda 1	Ronda 2	Ronda 1	Ronda 2	Ronda 1	Ronda 2	Ronda 1	Ronda 2
1.1	5	5	5	5	0,76	0,44	3	1	2	4	5	5
1.2	4	4	4	5	0,99	0,62	5	2	0	3	5	5
1.3	2	2	2	2	0,76	0,67	2	2	0	0	2	2
2.1	2,5	4	2	4	1,46	1,13	4	3	1	2	5	5
2.2	3,5	4	3	4	0,89	0,82	2	2	3	3	5	5
3.1	4	4	4	4	0,61	1,12	2	5	3	0	5	5
3.2	2	2	2	2	1,20	1,03	5	4	0	0	5	4
4.1	4	4	4	4	1,44	0,80	5	3	0	2	5	5
4.2	4	4	4	4	1,21	0,97	5	4	0	1	5	5
4.3	4	4	4	4	1,59	1,40	5	5	0	0	5	5
4.4	7	8	8	8	3,49	3,23	9	9	0	0	9	9

Para la selección de la metodología que se empleó en el cálculo de la tasa de descuento de largo plazo, se utilizaron las respuestas obtenidas en el formulario aplicado a los expertos. La Tabla 3.2 muestra las respuestas relacionadas a este tema. Los expertos reconocen la conveniencia del análisis costo-beneficio para evaluar proyectos de inversión con impactos medioambientales, así como la necesidad de reconsiderar el uso de la TSD estimada por Mideplan. Al respecto, los expertos consideran que se debe utilizar una tasa de descuento con un comportamiento decreciente, que permita reflejar de mejor manera los efectos, positivos y negativos, que se producirán en el largo plazo.

Tabla 3.2**Respuestas a las preguntas relacionadas con la selección de la metodología para el cálculo de la tasa de descuento**

Pregunta	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo	NS/NR
1.1 El análisis costo-beneficio es una metodología adecuada	74,19	25,81	0,00	0,00	0,00	0,00
2. Se debe reconsiderar la tasa de descuento utilizada	48,39	45,16	6,45	0,00	0,00	0,00
3. Se debe utilizar la metodología de Feldstein	33,33	52,38	9,52	0,00	0,00	4,76
4. Se debe utilizar la metodología Gamma	0,00	19,05	0,00	66,67	9,52	4,76

Respecto al uso de la metodología costo beneficio, el 100% indicaron estar de acuerdo o totalmente de acuerdo con su utilización, por lo que los participantes no tienen ninguna duda respecto a la utilidad de la misma en la evaluación de proyectos con efectos medioambientales de largo plazo.

En relación a si se debe reconsiderar el uso de la TSD actual en los proyectos con efectos medioambientales, el 93,55% indicó estar de acuerdo o totalmente de acuerdo, mientras el restante 6,45% indicó no estar de acuerdo ni en desacuerdo. Según los resultados, una

importante mayoría de los participantes creen necesario reconsiderar el uso de la actual TSD para evaluar este tipo de proyectos.

En la tercera pregunta relacionada con el tipo de tasa de descuento a utilizar, el 67,74% indicó estar de acuerdo con una tasa de descuento decreciente, mientras que el 22,58% indicó una preferencia por una tasa de descuento constante y el 9,68% indicó No sabe/No responde. Dado este resultado, se procede a analizar las respuestas a las preguntas 3.1 y 3.2 (consultar Anexo I) correspondientes a las metodologías para estimar tasas de descuento decrecientes.

Al respecto se les consultó por las dos metodologías que se presentaron en el marco teórico, a saber, la metodología aplicada por Feldstein, la cual se basa a su vez en la teoría propuesta por Ramsey; y la metodología Gamma propuesta por Weitzman. Al consultar si estaban de acuerdo con el uso de la metodología de Feldstein, el 85,71% estuvo de acuerdo o totalmente de acuerdo, un 9,52% no estuvo ni de acuerdo ni en desacuerdo y un 4,76% No sabe/No responde. Respecto al uso de la metodología de la tasa Gamma, un 19,05% indicó estar de acuerdo con su uso, mientras que un 76,19% indicó estar en desacuerdo o totalmente en desacuerdo y un 4,76% No sabe/No responde.

En este sentido, la opinión de los expertos consultados se inclina por la utilización de una tasa de descuento decreciente y siguiendo la metodología sugerida por Feldstein. Al respecto, se debe considerar que la actual TSD publicada por Mideplan, se calculó utilizando la metodología de Ramsey. La selección de la metodología de Feldstein por parte de los participantes asegura la consistencia teórica entre la actual TSD y la tasa de descuento de largo plazo para proyectos con efectos medioambientales a estimar.

Respecto a la forma de aplicación del análisis costo-beneficio, el 80,65% de los participantes, estuvo de acuerdo o totalmente de acuerdo con que la tasa de descuento de largo plazo se aplique a proyectos con un horizonte de evaluación mayor a los 30 años. El 74,19% indicó estar de acuerdo o totalmente de acuerdo en que se debe de realizar la evaluación de corto plazo considerando la actual TSD, y el 80,65% está de acuerdo o totalmente de acuerdo, en que también se debe realizar la evaluación financiera utilizando la TREMA del proyecto.

Estos resultados indican que los expertos consideran ambas tasas, la actual TSD estimada por Mideplan y la tasa de descuento de largo plazo estimada en este documento, como complementarias. En este sentido, la tasa de largo plazo no reemplaza la utilización de la TSD estimada por Mideplan, por lo que los proyectos con efectos medioambientales, deberán aplicar ambas tasas de descuento, lo que permitirá mantener comparabilidad con proyectos asociados a otros sectores.

En resumen, los expertos consultados están de acuerdo en que la metodología costo-beneficio es la más apropiada para evaluar los proyectos de inversión pública, así como en la necesidad de contar con una tasa de descuento de largo plazo específica para proyectos con efectos medioambientales. La recomendación de los expertos es utilizar una metodología de cálculo como la propuesta por Feldstein.

3.2 ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS

De acuerdo a los resultados obtenidos, se estimaron los parámetros correspondientes a la metodología presentada en la sección 2.1.3.1.2 **TASA DE DESCUENTO DE FELDSTEIN**. La cual utiliza la siguiente ecuación para el cálculo de la tasa de descuento:

$$d_t = (1 + \pi_t)^{1-\alpha}(1 + \gamma_t)^\sigma(1 + \rho) - 1 \quad (58)$$

La Tabla 3.3 muestra la información requerida para cada uno de los parámetros, así como las respectivas fuentes de información. A continuación, se detallan cada uno de estos indicadores, con la correspondiente interpretación de los resultados obtenidos.

Tabla 3.3

Parámetros a estimar por información necesaria y fuente de datos

Parámetro	Datos necesarios	Fuente de información
α	NA.	Valentim Prado (2008)
Tasa de crecimiento de la población π	Estimaciones de población 2000-2100.	Centro Centroamericano de Población e Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
Tasa de crecimiento del Ingreso Nacional <i>per cápita</i> γ	Ingreso Nacional Bruto <i>per cápita</i> .	Banco Central de Costa Rica.
Coefficiente de aversión relativa al riesgo σ	Recaudación del impuesto sobre la renta por quintiles.	Ministerio de Hacienda.
Tasa pura de preferencia por el tiempo ρ	Tasa de crecimiento de la esperanza de vida al nacer 2000-2023.	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

3.2.1 PARÁMETRO α

Este parámetro debe tomar un valor entre 0 y 1. Sin embargo, tal como mencionan Valentim & Prado (2008), no se cuentan con estimaciones conocidas del mismo. Estos autores sugieren utilizar un valor de 0,5, así como estimar las tasas utilizando los valores extremos de 0 y 1. En este cálculo se utilizaron dos valores sugeridos: 0 y 0,5. No se utiliza el valor igual a 1, ya que esto genera una tasa de descuento constante, la cual no es de interés para el objetivo de este documento. El efecto de este parámetro en la tasa de descuento será negativo, al aumentar su valor disminuirá el resultado obtenido para la tasa calculado. Esto hará que se cuente con dos resultados distintos para la tasa de descuento.

Este parámetro busca medir el efecto que genera el aumento en la población, sobre la utilidad social en su conjunto. Esto quiere decir que al usar un valor de uno y de acuerdo a la fórmula 58, el efecto sobre la utilidad social sería nulo al anularse el exponente y generaría una tasa constante. Por otra parte, al usar un valor de cero, el efecto a considerar será el máximo posible de acuerdo a la tasa de crecimiento de la población.

3.2.2 TASA DE CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN π

Para este valor, se utilizaron datos del Centro Centroamericano de Población de la Universidad de Costa Rica, cuya base de datos permite conocer la estimación de la población desde 2023 hasta el 2100, a partir de los datos censales del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). A partir de los datos, es posible obtener la tasa de crecimiento de la población. Este parámetro será el que determine el comportamiento de la tasa de descuento en el largo plazo, dado el valor de α y que es el único parámetro que varía con el tiempo.

La tasa de crecimiento de la población permitirá determinar el comportamiento decreciente (o creciente) de la tasa de descuento de acuerdo con el comportamiento esperado en la tasa de natalidad: si se espera que la población aumente conforme avanza el tiempo, la tasa será decreciente. Si se espera que se dé una disminución de la población, entonces la tasa será creciente. Esto reflejará la importancia de las generaciones futuras para la generación presente, donde se asume que una tasa negativa de crecimiento de la población, indica que la generación actual tendrá una menor preocupación por las siguientes al tener una menor descendencia.

En la Tabla 3.4 se muestran los datos correspondientes a la población total y la tasa de crecimiento de esta, desde 2023 hasta el 2100, siendo el último año disponible en la estimación realizada por el Centro Centroamericano de Población. De acuerdo con los datos correspondientes a la tasa de crecimiento, se aprecia una tasa positiva pero decreciente desde el 2023 hasta el 2064 cuando la tasa es igual a cero. A partir del 2065, la tasa se vuelve negativa, lo que implica una disminución en la cantidad total de población.

Tabla 3.4**Tasas de crecimiento de la población por año y población total**

Año	Población total	Tasa de crecimiento	Año	Población total	Tasa de crecimiento	Año	Población total	Tasa de crecimiento
2023	5.262.239	0,94%	2049	6.078.954	0,25%	2075	6.120.221	-0,15%
2024	5.309.639	0,90%	2050	6.093.070	0,23%	2076	6.110.141	-0,16%
2025	5.355.597	0,87%	2051	6.105.953	0,21%	2077	6.099.476	-0,17%
2026	5.400.087	0,83%	2052	6.117.622	0,19%	2078	6.088.272	-0,18%
2027	5.443.147	0,80%	2053	6.128.135	0,17%	2079	6.076.653	-0,19%
2028	5.484.781	0,76%	2054	6.137.529	0,15%	2080	6.064.716	-0,20%
2029	5.525.017	0,73%	2055	6.145.846	0,14%	2081	6.052.556	-0,20%
2030	5.563.905	0,70%	2056	6.153.129	0,12%	2082	6.040.279	-0,20%
2031	5.601.470	0,68%	2057	6.159.412	0,10%	2083	6.027.981	-0,20%
2032	5.637.735	0,65%	2058	6.164.743	0,09%	2084	6.015.723	-0,20%
2033	5.672.730	0,62%	2059	6.169.138	0,07%	2085	6.003.604	-0,20%
2034	5.708.066	0,62%	2060	6.172.629	0,06%	2086	5.991.692	-0,20%
2035	5.742.095	0,60%	2061	6.175.215	0,04%	2087	5.980.122	-0,19%
2036	5.774.797	0,57%	2062	6.176.944	0,03%	2088	5.968.915	-0,19%
2037	5.806.211	0,54%	2063	6.177.802	0,01%	2089	5.958.104	-0,18%
2038	5.836.297	0,52%	2064	6.177.791	0,00%	2090	5.947.708	-0,17%
2039	5.865.057	0,49%	2065	6.176.925	-0,01%	2091	5.937.782	-0,17%
2040	5.892.492	0,47%	2066	6.175.175	-0,03%	2092	5.928.318	-0,16%
2041	5.918.580	0,44%	2067	6.172.548	-0,04%	2093	5.919.310	-0,15%
2042	5.943.332	0,42%	2068	6.169.036	-0,06%	2094	5.910.760	-0,14%
2043	5.966.732	0,39%	2069	6.164.633	-0,07%	2095	5.902.670	-0,14%
2044	5.988.787	0,37%	2070	6.159.345	-0,09%	2096	5.895.025	-0,13%
2045	6.009.490	0,35%	2071	6.153.176	-0,10%	2097	5.887.797	-0,12%
2046	6.028.846	0,32%	2072	6.146.143	-0,11%	2098	5.880.978	-0,12%
2047	6.046.856	0,30%	2073	6.138.263	-0,13%	2099	5.874.539	-0,11%
2048	6.063.560	0,28%	2074	6.129.620	-0,14%	2100	5.868.409	-0,10%

Fuente: Centro Centroamericano de Población, Universidad de Costa Rica.

Este comportamiento de la población tendrá una influencia significativa en el cálculo de la tasa de descuento, que podría generar una tasa que no decrezca como se espera, debido a que, al disminuir la población total, la generación actual disminuye sus preocupaciones respecto a las generaciones futuras.

3.2.3 TASA DE CRECIMIENTO DEL INGRESO PER CÁPITA γ

Para este cálculo se utilizaron los datos del Ingreso Nacional Bruto *per cápita* publicados por el Banco Central de Costa Rica en su página web. Se utilizó el valor promedio para la serie disponible de 1991 a 2023. El valor obtenido se mantendrá constante durante todo el plazo de estimación, siguiendo la aplicación realizada originalmente por Ramsey (1928), así como lo hecho por Valentim y Prado (2008), y considerando la dificultad planteada por varios autores acerca de la predicción de este parámetro en el largo plazo.

Este parámetro pretende mostrar el nivel de riqueza de la generación actual, pero, además, como se mencionó anteriormente, al utilizar el ingreso per cápita, se pretende incluir todos los gastos realizados por el Estado en temas de conservación ambiental, así como en otros bienes y servicios de largo plazo y por los cuales, los individuos no realizan un pago de manera directa. Este parámetro tendrá un efecto positivo sobre el valor estimado de la tasa de descuento.

De acuerdo con la Tabla 3.5, la tasa de crecimiento del ingreso nacional bruto *per cápita*, ha tenido un comportamiento fluctuante durante el período 1992-2025, siendo los últimos dos años valores estimados. Se logra identificar que, en 1996, así como en el período 1998-2000, y en los años 2009 y 2020, la tasa de crecimiento fue negativa. En 1996 se presentaba una situación fiscal compleja, así como el impacto de eventos naturales, los que provocaron esta caída (CEPAL, 1997). Mientras que, en los tres casos restantes, coinciden con eventos de crisis mundiales, la crisis financiera asiática de 1997, la crisis financiera del 2008 que tuvo su impacto en el resultado del año siguiente y la situación generada por la pandemia provocada por el COVID-19 en 2020.

Tabla 3.5**Tasa de crecimiento anual del ingreso nacional bruto per cápita por año**

Año	Tasa de crecimiento	Año	Tasa de crecimiento	Año	Tasa de crecimiento
1992	7,81	2004	2,12	2016	3,94
1993	6,18	2005	2,00	2017	1,54
1994	3,21	2006	5,67	2018	0,79
1995	0,88	2007	5,64	2019	0,93
1996	-3,45	2008	1,99	2020	-4,90
1997	3,41	2009	-0,69	2021	4,79
1998	-3,28	2010	4,61	2022	0,51
1999	-1,81	2011	2,30	2023	4,90
2000	-0,54	2012	4,21	2024	2,41
2001	1,27	2013	0,65	2025	3,29
2002	0,77	2014	2,21		
2003	2,42	2015	4,00		
Promedio =					2,05

Fuente: Banco Central de Costa Rica

Todos estos eventos, son considerados dentro del cálculo del valor promedio, ya que interesa conocer el comportamiento a largo plazo del ingreso, incluidos los momentos en que se presentan eventos particulares que podrían volver a repetirse en el largo plazo. Como resultado de lo señalado, el valor promedio de la tasa de crecimiento es de 2,05%.

3.2.4 COEFICIENTE DE AVERSIÓN RELATIVA AL RIESGO σ

Para la estimación de este parámetro se utiliza lo planteado por Lopez (2008), el cual se apoya en lo planteado por Evans and Sezer (2004) y Evans (2005). Se asume que la estructura de los impuestos a los ingresos individuales refleja el principio de igual sacrificio absoluto, por lo que:

$$U(Y) - U(Y - T(Y)) = \kappa \quad (59)$$

Para cualquier valor de Y . $T(Y)$ es el impuesto sobre el ingreso correspondiente a cada nivel de ingreso Y , y U es la función de utilidad. Diferenciando en 58 y utilizando la función de utilidad:

$$U(c_t) = c_t^{1-\varepsilon} - 1 / (1 - \varepsilon) \quad (60)$$

Luego de simplificar, se obtiene:

$$\varepsilon = \frac{\ln\left(1 - \frac{\partial T(Y)}{\partial Y}\right)}{\ln\left(1 - \frac{T(Y)}{Y}\right)} \quad (61)$$

Esta ecuación indica que es posible estimar la elasticidad de la utilidad marginal del ingreso a partir de dos elementos: 1. La tasa marginal efectiva de impuestos y 2. La tasa promedio de impuestos. Adicionalmente, el autor demuestra que, para obtener este parámetro, utilizando la información del impuesto de renta efectivamente cobrado por quintiles, se puede usar la siguiente expresión:

$$\varepsilon = \frac{\ln\left(1 - N^{-1} \sum_{i=1}^N \frac{\partial T(Y_i)}{\partial Y_i}\right)}{\ln\left(1 - N^{-1} \sum_{i=1}^N \frac{T(Y_i)}{Y_i}\right)} = \frac{\ln\left(1 - \frac{\partial \overline{T(Y)}}{\partial Y}\right)}{\ln\left(1 - \frac{\overline{T(Y)}}{Y}\right)} \quad (62)$$

Tanto el numerador, como el denominador en la ecuación 61 se pueden estimar a partir de lo expresado en las ecuaciones 62 y 63:

$$\frac{\partial T(Y_i)}{\partial Y_i} = \frac{T_{i+1} - T_i}{Y_{i+1} - Y_i} \quad i = 1, 2, 3, 4 \quad (63)$$

$$\frac{T(Y_i)}{Y_i} = \frac{T_{i+1} + T_i}{Y_{i+1} + Y_i} \quad i = 1, 2, 3, 4 \quad (64)$$

Donde T_i y Y_i son la tasa de impuesto promedio y el nivel de ingreso promedio *per cápita* para el i -ésimo quintil. Este indicador tiene un efecto positivo en la tasa de descuento, de acuerdo con (Valentim & Prado, 2008), un incremento de 0,5 en este parámetro produce un incremento ligeramente mayor a 1 en la tasa de descuento.

Este parámetro, es equivalente a la utilidad marginal del ingreso (Valentim & Prado, 2008) y trata de medir la utilidad marginal para la generación actual, de ahí el efecto positivo que tiene sobre la tasa de descuento. Un aumento en la utilidad marginal del ingreso para la generación actual hace que la valoración de las generaciones futuras sea menor y, por lo tanto, aumenta el valor de la tasa de descuento.

Para su estimación, se utiliza la información acerca de la recaudación del impuesto sobre la renta por quintiles, la cual se obtiene del Departamento de Estadísticas Fiscales de la División de Política Fiscal del Ministerio de Hacienda, a partir de la Declaración del Impuesto sobre la Renta. Se utilizó la información del período 2008-2022, ya que es la información que el Departamento de Estadísticas Fiscales tiene disponible.

En la Tabla III. 1 del Anexo III se muestran la distribución de contribuyentes por quintiles, la renta bruta por quintil y el impuesto del período por quintil., así como los correspondientes totales. En el caso de la distribución de contribuyentes por quintiles, el primer quintil puede diferir en cuanto a tamaño, debido a que es en este grupo donde se agrupan los individuos que, a pesar de estar inscritos, no reportan ingresos suficientes para tributar en el período. El cálculo del coeficiente se muestra en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6

Coeficiente de aversión relativa al riesgo por año

Año	Coeficiente
2008	1,10
2009	1,11
2010	1,12
2011	1,17
2012	1,17
2013	1,15
2014	1,12
2015	1,11
2016	1,07
2017	1,06
2018	1,05
2019	1,06
2020	1,07
2021	1,10
2022	1,12
Promedio	1,11

Nota: Cálculos realizados a partir de información de la Dirección General de Hacienda-División Política Fiscal, Departamento de Estadísticas Fiscales

Se realizó el cálculo para cada uno de los años para los que se cuenta con la información, asimismo, se calculó el promedio para el período. El valor mínimo obtenido fue de 1,05; mientras que el mayor valor fue de 1,17. Estos valores se encuentran en los rangos encontrados por Lopez (2008), en su cálculo para 9 países latinoamericanos, dentro de los que no se encontraba Costa Rica. Para la estimación de la tasa de descuento se usará el valor promedio, 1,11.

3.2.5 TASA PURA DE PREFERENCIA POR EL TIEMPO ρ

Según lo planteado por Brent (1993), esta tasa se puede estimar a partir de la tasa de crecimiento de la esperanza de vida al nacer. El autor define la tasa de preferencia pura por el tiempo como:

$$\rho = \alpha\lambda \quad (65)$$

Donde λ es la tasa de crecimiento de la esperanza de vida y α es la elasticidad de la aversión de la sociedad a la inequidad en la esperanza de vida entre generaciones. De acuerdo a lo señalado por el autor, el parámetro α se asume con un valor de 1 según recomendación realizada por Squire and Van der Tak (1975).

Por lo tanto, para obtener el valor de ρ , se debe estimar únicamente el parámetro λ , el cual se puede estimar como una tasa de crecimiento entre dos períodos, en este caso utilizando la esperanza de vida al nacer (EV):

$$\rho = \left(\left(\frac{EV_{t+n}}{EV_t} \right)^{1/n} - 1 \right) * 100 \quad (66)$$

Para su estimación, se utilizará la información disponible en el INEC. Este parámetro tiene una relación positiva con la tasa de descuento. Se utilizará el valor promedio de la tasa de crecimiento de la esperanza de vida al nacer para el período 1992-2023, con el fin de utilizar el mismo período de estudio en todos los parámetros.

Usando los datos de la Tabla 3.7 y aplicando la fórmula 66, se obtiene un valor de $\rho = 0,18$.

Tabla 3.7**Esperanza de vida al nacer en Costa Rica por año**

Año	Esperanza de vida	Año	Esperanza de vida	Año	Esperanza de vida
1992	76,8	2003	78,4	2014	79,5
1993	76,9	2004	78,6	2015	79,6
1994	76,6	2005	79,2	2016	80,0
1995	76,4	2006	79,1	2017	80,2
1996	76,4	2007	79,3	2018	80,3
1997	77,1	2008	79,2	2019	80,5
1998	77,1	2009	79,3	2020	80,6
1999	77,4	2010	79,3	2021	80,9
2000	77,8	2011	79,3	2022	80,9
2001	77,7	2012	79,4	2023	81,0
2002	78,7	2013	79,4		

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos

3.3 CÁLCULO DE LA TASA DE DESCUENTO PARA PROYECTOS CON EFECTOS MEDIOAMBIENTALES PARA COSTA RICA

Una vez que se cuenta con cada uno de los parámetros, se procedió a estimar la tasa de descuento de largo plazo para el periodo comprendido entre 2023 y 2100. Se utilizó la función 58, considerando los parámetros anteriormente estimados.

En el Anexo IV, en las Tablas IV.1 y IV.2, se muestran los cálculos realizados para los dos escenarios planteados para el parámetro α , al cual se le asignará un valor de cero en el primer escenario y un valor de 0,5 en el segundo escenario. En caso de considerarse el valor de este parámetro como cero, se le otorga el mayor peso posible a la valoración que se hace del bienestar a las generaciones futuras, mientras que el valor de 0,5 es una situación intermedia. En caso de usarse un valor de 1 para este parámetro, se obtendría una tasa constante y por esa razón no se considera como una opción.

Luego de realizar los cálculos, se establecieron los rangos en los cuales se genera un cambio en la tasa de descuento. Cabe señalar que, dado el comportamiento de la población, la tasa resultante en ambos casos muestra un comportamiento decreciente, pero con una tendencia a

estabilizarse en el momento en que la población empieza a tener tasas de crecimiento negativas. La Tabla 3.8 muestra los resultados obtenidos en ambos escenarios.

Tabla 3.8

Valores de la tasa de descuento para $\alpha = 0$ y $\alpha = 0,5$, según horizonte de evaluación

$\alpha = 0$		$\alpha = 0,5$	
Horizonte de evaluación	Valor	Horizonte de evaluación	Valor
1-7	3,08	1-18	3,06
8-17	3,07	19-45	3,05
18-28	3,06	46 en adelante	3,04
29-43	3,05		
44 en adelante	3,04		

De acuerdo con los resultados obtenidos, se pueden sacar algunas conclusiones. La tasa de descuento estimada es significativamente menor a la actual TSD utilizada por Mideplan, lo cual, tendrá un impacto significativo al aplicarlo en el cálculo de los indicadores de rentabilidad del análisis costo-beneficio. Al no contar con un documento metodológico publicado relacionado con la actual TSD estimada por Mideplan siguiendo una metodología similar, no es posible señalar cuáles parámetros han sufrido variaciones importantes que determinen la diferencia entre ambos cálculos. Se puede inferir que la inclusión de la tasa de crecimiento de la población, la cual es menor a 1 para todo el período, podría estar generando un valor menor comparado con la TSD.

Respecto al uso de un valor de cero o de 0,5 para el parámetro α , las diferencias que se aprecian en los cálculos consisten en que se obtiene a un valor inicial menor en el caso de utilizar 0,5, no obstante, en el largo plazo se converge al mismo valor de tasa de descuento. Asimismo, se obtienen distintos períodos para el horizonte de evaluación a aplicar en la evaluación de proyectos, identificándose cinco períodos en el primer caso y tres en el segundo caso.

En ambos escenarios, la tasa de descuento se estabiliza en el valor 3,04 luego de que la tasa de crecimiento de la población se vuelve negativa, es decir, a partir del momento en que se espera que la población empiece a disminuir. Esto ocurre en ambos escenarios con una diferencia de solo dos años. Lo anterior es consistente con lo planteado por Valentim y Prado (2008), ya que,

al disminuir la población de la generación futura, el interés de la generación actual por lo que les suceda disminuye y, por lo tanto, la tasa de descuento deja de mostrar algún efecto. Incluso, si la disminución de la población fuese más acentuada, se podría revertir el valor de la tasa de descuento generando un aumento en la misma.

Los resultados muestran que, tal como se planteó, la TSD utilizada actualmente para este tipo de proyectos, presenta un valor muy alto. Asimismo, al comprobarse un comportamiento decreciente, también se verifica la necesidad de que la tasa de descuento varíe en distintos períodos de tiempos, haciendo incorrecta la aplicación de una tasa constante para aquellos proyectos que se pretendan analizar en un período mayor a los 30 años y que cuenten con efectos medioambientales.

En relación con la consulta realizada a los expertos mediante el cuestionario, los valores sugeridos por los mismos se encuentran por encima del valor estimado. El 48,39% consideró un valor entre 7,00% y 8,31% (actual valor de la TSD), un 12,90% sugirió un valor mayor a 8,31%, un 9,68% un valor entre 6,00% y 6,99%, un 6,45% un valor entre 5,00% y 5,99%, y un 3,23 % un valor entre 4,00% y 4,99%. En ningún caso se seleccionó un valor cercano al 3,00%.

Este comportamiento puede estar influenciado por el actual valor de la TSD, lo que hace que las sugerencias de los expertos se muevan alrededor de este valor, alejándose relativamente poco del mismo, dada la confianza en la estimación realizada por la institución rectora, a pesar de que dicha tasa requiere ajustes para proyectos valorados para el largo plazo y con efectos medioambientales estimados.

La Tabla 3.9 muestra la comparación de los resultados obtenidos para cada uno de los parámetros utilizados en el cálculo de la tasa de descuento de largo plazo, la primera columna muestra los datos para Costa Rica, la segunda muestra la estimación hecha por Valentim y Prado (2008) para Brasil y la tercera columna muestra el promedio de los resultados para nueve países de Latinoamérica¹ realizada por Lopez (2008). La estimación hecha por López corresponde a una tasa de corto plazo, por lo que no incluye el valor de la tasa de crecimiento de la población.

¹ Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Honduras, México, Nicaragua y Perú.

Tabla 3.9**Valores obtenidos para los parámetros de cálculo de la tasa de descuento para Costa Rica, Brasil y para el promedio de nueve países latinoamericanos**

Parámetro	Costa Rica	Brasil ^a	Promedio para nueve países latinoamericanos ^b
Tasa de crecimiento de la población	0,94%	1,43%	NA
Tasa de crecimiento del ingreso <i>per cápita</i>	2,05%	1,4%	2,1%
Coefficiente de aversión relativa al riesgo	1,11%	0,5%	1,5%
Tasa pura de preferencia por el tiempo	0,18	1,26	0,6

Notas: ^a Valentim y Prado (2008), ^b Lopez (2008)

Se observa que la tasa de crecimiento de la población es menor para Costa Rica, así como una menor tasa pura de preferencia pura por el tiempo. Este último parámetro está asociado con el aumento en la esperanza de vida al nacer y puede estar afectado por contar Costa Rica con valores altos que hacen más difícil el aumento de la misma.

Asimismo, en comparación con los nueve países latinoamericanos, se observa un menor coeficiente de aversión relativa al riesgo, pero mayor si se compara con los resultados para Brasil. Este parámetro se estima a partir de los datos de recaudación del impuesto de renta por quintiles, tratando de reflejar el principio de igual sacrificio absoluto. Para el caso costarricense el valor es más cercano a 1, lo que sugiere un sacrificio más equitativo entre los distintos quintiles.

Por otra parte, la tasa de crecimiento del ingreso *per cápita*, es mayor para Costa Rica si se compara con Brasil, mientras que es muy similar al crecimiento del consumo *per cápita* para los nueve países latinoamericanos.

El valor inicial obtenido para Costa Rica (3,08%) es similar al obtenido por Lopez (2008), en promedio, este encontró un valor de 3,1% y cercano a lo encontrado por Valentim y Prado (2008) los cuales determinaron un valor inicial de 3,58%.

En relación a los resultados obtenidos por Jiménez Montero (2014) para Costa Rica utilizando la metodología Gamma, cuyos resultados se muestran en la Tabla 1.2, el valor inicial es mayor (6,0%) respecto al valor que se obtuvo en este documento (3,08%), los cálculos realizados por Jiménez Montero, decrecen en períodos irregulares y recién para horizontes de evaluación mayores a 69 años, encuentra un valor de 3,0%. Esto muestra que la aplicación de la aplicación de la metodología de Feldstein, efectivamente genera una menor tasa de descuento, debido a la influencia que podría generar la TSD vigente, en la metodología Gamma.

3.4 CALCULO DE INDICADORES A UN PROYECTO DE INVERSIÓN APLICANDO LA TSD Y LA TASA DE DESCUENTO DE LARGO PLAZO ESTIMADA

Para la aplicación de la tasa de descuento estimada, es necesario contar con un proyecto con efectos medioambientales que hayan sido valorados de manera apropiada. Esta no es una tarea que se realice de manera sistemática en las instituciones del Sector Público, lo cual dificultó la selección de proyecto a utilizar en este trabajo.

Adicionalmente, el horizonte de evaluación utilizado, por lo general, no excede los 25 o 30 años, lo que podría representar una dificultad adicional para la aplicación de la tasa de descuento estimada. Se suelen utilizar estos horizontes de evaluación debido al nivel de incertidumbre que se genera al ampliar el plazo de estimación tanto en los beneficios, como en los costos del proyecto.

No obstante, como se señaló en secciones anteriores, es de especial relevancia contar con estimaciones de impactos ambientales más allá de 25 o 30 años, debido a que los efectos medioambientales suelen manifestarse en el largo plazo.

Para la aplicación de la tasa de descuento, se seleccionó un proyecto del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), correspondiente al Mejoramiento del medio ambiente del Área Metropolitana de San José. Se selecciona este proyecto, debido a que el mismo tendrá un importante impacto en el medio ambiente en la GAM, a través del tratamiento de las aguas residuales de una gran cantidad de usuarios.

Este proyecto tiene por objetivo (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2024):

...mejorar las condiciones ambientales, disminuir los aportes de aguas residuales al subsuelo proveniente de los tanques sépticos, aumentar la cobertura del servicio de alcantarillado sanitario y descontaminar los ríos y quebradas producto de descarga directa de aguas residuales sin tratamiento, mediante la rehabilitación y ampliación de la cobertura del alcantarillado sanitario existente y la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales. (p. 13)

El proyecto atenderá una población total de 1.070.000 personas en el Gran Área Metropolitana (GAM). Como parte de este proyecto, actualmente se cuenta con la planta de tratamiento Los Tajos, así como una serie de obras de recolección que comprenden tuberías en redes, colectores y subcolectores. El proyecto bajo análisis consiste en la ampliación de las redes de recolección, colectores y subcolectores, con el propósito de que la planta de tratamiento opere con un caudal óptimo, dado que actualmente está siendo subutilizada (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2024).

En cuanto a los beneficios valorados por la institución, se realizó una valoración de beneficios ambientales utilizando la Disposición a Pagar (DAP) por parte de los beneficiarios del proyecto, en la cual se consideraron como beneficios para la población, los siguientes (Gonzalez, 2004):

(i) ampliación y mejora del servicio de alcantarillado; (ii) tratamiento de las aguas servidas mediante tratamiento preliminar; (iii) mejora del acuífero (al eliminar los pozos sépticos); y (iv) mejora de la calidad de las fuentes superficiales (al mejorar la calidad de la descarga). (p. 47)

Entre los resultados obtenidos de la aplicación de la encuesta correspondiente, se encontró que (Gonzalez, 2004):

Con respecto a la percepción que se tiene del proyecto y la percepción sobre la situación actual, se encuentra en el estudio que algo más del 80% de los encuestados están preocupados por la contaminación de los ríos y que a pesar de que un alto porcentaje se encuentran satisfechos con la solución que tienen para las aguas residuales (59% de los que no están conectados a la red y 86% de los que tienen el servicio), existe una gran aceptación al proyecto y consideran que su ejecución es importante como solución a la falta de la red de alcantarillado y la contaminación de los ríos. (p. 51)

Para efectos de aplicar la DAP a la evaluación del proyecto realizada en 2023, se realizó un proceso de actualización de los valores estimados originalmente por González en 2004 (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2024).

Adicionalmente, se valoran efectos indirectos de la mejora ambiental producto del desarrollo del proyecto. Los beneficios estimados corresponden a la reducción en la tasa de enfermedades asociadas a problemas estomacales, producto de una disminución en la contaminación ambiental y de las fuentes de agua potable de las zonas beneficiarias, así como de la disminución en el riesgo de contaminación de fuentes subterráneas producto del uso de tanques sépticos. Adicionalmente, se estimó el beneficio de la disminución en el ausentismo laboral como consecuencia de estas enfermedades. Asimismo, se consideró la revaloración de las propiedades, como consecuencia de contar con un sistema de tratamiento que reduciría la posibilidad de contaminación ambiental. También se consideraron los beneficios productos del

pago del canon ambiental, tomando en cuenta que dicho canon es utilizado para financiar proyectos que reduzcan la contaminación ambiental.

Respecto a estos beneficios, se debe considerar que, aunque muchas viviendas cuentan con tanques sépticos, muchos de estos no cuentan con un mantenimiento periódico adecuado, además, las empresas que brindan los servicios de limpieza tampoco cuentan con los servicios de tratamiento más adecuados. Por otra parte, un grupo importante de población conecta directamente sus aguas residuales al sistema de alcantarillado pluvial, por lo que estas aguas se vierten directamente en muchos de los cuerpos de agua de la GAM.

La dificultad de la valoración de efectos medioambientales directos es una de las debilidades presentes en este tipo de proyectos, lo cual podría estar motivado por presentarse en el largo plazo, como es el caso de la disminución de la contaminación de cuerpos de agua. El efecto del proyecto sobre los cuerpos de agua que actualmente se ven afectados, se vería materializado después de varios años de operación y aún faltarían varios años para ver una mejora real en el ecosistema relacionado a estos cuerpos de agua. Asimismo, sumado a esta complejidad, la valoración de estos beneficios no tendría un peso importante en la evaluación del proyecto, considerando el horizonte de evaluación de 25 años utilizado por la institución.

Para aplicar la tasa de descuento, se utilizaron los supuestos de la evaluación económica-social, por lo tanto, no se consideraron las transferencias, tales como impuestos, financiamiento mediante créditos, subsidios y otros similares. Asimismo, se utilizarán los factores de precios sociales seleccionados por el AyA para transformar los precios de mercado en precios sociales.

Siguiendo las recomendaciones de los expertos, se desarrollaron los siguientes escenarios:

1. Evaluación económica-social de corto plazo, considerando un horizonte de evaluación de 25 años y TSD constante de 8,31%.
2. Evaluación económica-social de largo plazo considerando un horizonte de 50 años, utilizando la TSD constante de 8,31%.
3. Evaluación económica-social de largo plazo considerando un horizonte de 50 años, utilizando la tasa de descuento decreciente estimada considerando el parámetro $\alpha = 0$.

En el Anexo V, en las tablas V.1 y V.2, se muestran los flujos de caja utilizados para cada uno de los escenarios planteados, en el mismo orden señalado anteriormente, tomando en cuenta que el flujo utilizado para el escenario 2 y 3, es el mismo. La Tabla 3.10 muestra los resultados de los indicadores de rentabilidad para los cuatro escenarios planteados.

Tabla 3.10

Indicadores de rentabilidad según los escenarios planteados

Escenario	VANE	R-B/C	VAEE*
Escenario 1	231.409.703.524,48	1,68	22.255.075.265,48
Escenario 2	301.846.619.973,27	1,86	25.555.580.158,11
Escenario 3	930.025.610.673,41	2,86	36.558.779.210,07

*Para el cálculo del VAEE en el escenario 3, se utilizó una tasa constante de 3,06% (valor promedio), debido a que la fórmula no permite usar una tasa decreciente.

3.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS INDICADORES DE RENTABILIDAD

Para los escenarios 1 y 2, en los que se realizó la evaluación económica-social se utilizaron los costos y beneficios estimados a 25 años para el escenario 1, y para el escenario 2 se ajustaron la cantidad de beneficiarios con el fin de estimar los beneficios y costos para completar el horizonte de 50 años, respetando los demás supuestos asumidos por la institución.

Para efectos de comparación entre el primer escenario y el segundo escenario, considerando que se amplía el horizonte de evaluación de 25 a 50 años y utilizando la TSD estimada por Mideplan (8,31%), se utiliza el valor obtenido en el indicador Valor Anual Equivalente Económico (VAEE), el cual permite la comparabilidad entre alternativas con distintos períodos de evaluación utilizando la información obtenida en el VANE. De acuerdo con Mideplan (2022), este indicador “representa el valor de los flujos económicos distribuidos de manera equivalente a lo largo del horizonte evaluación del proyecto” (p. 108). Al respecto, el valor del VAEE aumenta un 14,83% en el segundo escenario, producto de la importante cantidad de beneficios generados por el proyecto, los cuales están asociados a la tasa de crecimiento de los beneficiarios.

En el tercer escenario, al utilizar la tasa de descuento de largo plazo estimada (según los valores de la Tabla 3.7 para $\alpha = 0$), los resultados del VANE y la R-B/C aumentan considerablemente. Si se compara con el escenario 2, el incremento en el VANE es de 208,11%, mientras que en la R-B/C el incremento es de 53,98%. Nuevamente, para efectos de comparación con el escenario uno, se utiliza el indicador VAEE debido a la diferencia en los horizontes de evaluación. De acuerdo a los resultados, el VAEE del tercer escenario aumenta un 64,27% respecto al primer escenario.

Cabe señalar que, de acuerdo a todos los escenarios, el proyecto muestra una rentabilidad positiva, por lo que la aplicación de una tasa de descuento u otra; o de un horizonte de vida u otro; no modifica la decisión de que se debería ejecutar el proyecto. No obstante, la valoración de los efectos de largo plazo si muestra una diferencia significativa, mostrando que la aplicación de la tasa estimada tiene un efecto importante en la valoración de largo plazo.

El reflejar de una manera más clara los efectos de largo plazo, no sólo es positivo por la mejora que se puede percibir en los indicadores de rentabilidad del proyecto, sino que también es de importancia para mostrar que dichos efectos mantienen su relevancia a pesar del paso del tiempo.

CAPÍTULO 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

A partir del taller con los expertos, se determinó que, para Costa Rica, efectivamente es necesario contar con una tasa de descuento específica para proyectos con impactos medioambientales estimados, la cual debe tener un comportamiento decreciente, que permita una mejor valoración de los impactos de mediano y largo plazo, de acuerdo a lo señalado en el marco teórico. La selección de una metodología diferente a la utilizada para estimar la TSD actual, indica que los expertos consultados coinciden en que los beneficios y costos de los proyectos con efectos medioambientales calculados para el largo plazo, se podrían subvalorar al utilizar la TSD constante para los proyectos que cumplan con las condiciones indicadas.

La metodología utilizada, se basa en el enfoque de la “tasa de preferencia temporal de la sociedad”. Este enfoque permite incorporar a las generaciones futuras en el cálculo, a través de las expectativas de crecimiento de la población. El comportamiento de estas expectativas de crecimiento de la población hace que la tasa de descuento de largo plazo se establezca en un valor de 3,04% desde el año 45 en adelante, lo que indica una estabilización de la población y genera un comportamiento constante de la tasa de descuento. Este comportamiento es consistente con lo señalado en el marco teórico, ya que al permanecer constante la población o incluso disminuir la población futura, el descuento también puede mantenerse constante.

En la estimación de los parámetros, se identificó un comportamiento decreciente de la tasa de crecimiento de la población, así como un valor relativamente bajo para el coeficiente de aversión relativa al riesgo y para la tasa pura de preferencia por el tiempo. Al comparar estos indicadores con los resultados mostrados por Valentim y Prado (2008), en ambos casos, los valores son significativamente menores, lo que tiene un impacto en el cálculo de la tasa de descuento de largo plazo, así como en el comportamiento decreciente de la misma, haciendo que no se acerque a cero. Los resultados obtenidos para el coeficiente de aversión relativa al riesgo y para la tasa pura de preferencia por el tiempo, indican una preocupación relativamente baja hacia las generaciones futuras, esto se puede explicar debido a la expectativa de decrecimiento poblacional que se refleja en la tasa de crecimiento negativa del parámetro asociado a la tasa de crecimiento de la población.

Se debe señalar que en el caso del cálculo del coeficiente de aversión relativa al riesgo, al utilizarse información relacionada con la recaudación de impuestos a los ingresos, esta información no se encuentra disponible en las estadísticas publicadas por el Ministerio de Hacienda, por lo que, es necesario que se realice la solicitud de la misma al Departamento de Estadísticas Fiscales, de la División de Política Fiscal de dicho ministerio, quienes deben preparar la información solicitada, de acuerdo a los requerimientos para el cálculo.

La aplicación de dos escenarios, en los cuales se utilizaron dos valores distintos para el parámetro α , permitió identificar una diferencia de 0,02 en el valor inicial de la tasa de descuento de largo plazo cuando α es igual a 0. Sin embargo, en ambos escenarios la tasa se estabiliza en el mismo valor después de 44 a 46 años. Esto sugiere que la utilización de un valor u otro no genera cambios significativos en la estimación final de la tasa de descuento.

Este valor menor es consistente con lo señalado en el Marco Teórico, respecto a que la inclusión de elementos adicionales en el cálculo de la tasa de descuento, de manera que se pueda reflejar el interés por las generaciones futuras, produciría una tasa de descuento menor comparada con metodologías que no consideran estos elementos, como sucede con la actual TSD.

La selección del proyecto Mejoramiento del medio ambiente del Área Metropolitana de San José, del AyA, permitió corroborar el efecto de la aplicación de la tasa de descuento de largo plazo sobre un proyecto con importantes beneficios medioambientales estimados. Los importantes beneficios que se esperan obtener de este proyecto hacen que sus indicadores indiquen una rentabilidad aceptable aplicando la TSD o la tasa de descuento de largo plazo, aunque se presentó una mejora significativa en estos indicadores al aplicar la segunda. A partir de estos resultados, se puede inferir que, al aplicar la tasa de descuento de largo plazo a un proyecto con beneficios de largo plazo, sus indicadores se verán afectados positivamente. Esto refleja que, al aplicar la tasa de descuento de largo plazo, algunos proyectos con resultados negativos en sus indicadores de rentabilidad, puedan ver modificados dichos indicadores pasando a obtener resultados positivos.

Al aplicar la tasa de descuento de largo plazo en el proyecto seleccionado la variación obtenida en el valor del VANE fue de un 208,11% y en la R-B/C fue de 53,76% respecto al uso de la TSD de Mideplan, considerando el mismo horizonte de evaluación. Estos resultados se

presentan debido a que la tasa de largo plazo tiene un valor inicial menor y además un comportamiento decreciente, lo que permite que los beneficios y costos del proyecto en el largo plazo representen un mayor valor actual neto. Dado que el proyecto tiene importantes beneficios en el largo plazo, esto permite una significativa mejora en ambos indicadores debido al mayor peso relativo de los beneficios generados por el proyecto.

La aplicación de la tasa de descuento de largo plazo en el proyecto mostró que su aplicación no se puede realizar a través de las fórmulas de Excel, ya que, al no ser un valor constante, la aplicación de las fórmulas de Excel generaría un error en la estimación de los indicadores. Con el fin de lograr una aplicación adecuada de una tasa decreciente como la tasa estimada, se deben calcular los factores de actualización para cada uno de los años que componen el horizonte de evaluación, para luego aplicarlo al valor correspondiente en el flujo del proyecto.

4.2 RECOMENDACIONES

Como se mencionó en la introducción a este documento y en los antecedentes es importante que el análisis costo-beneficio se utilice en la evaluación de propuestas de políticas y proyectos con impactos medioambientales con el fin de realizar un análisis de rentabilidad mediante la evaluación ex-ante y seleccionar aquellas propuestas que generen el mayor valor actual neto para la sociedad.

En esta línea, se recomienda que la aplicación de esta tasa social de largo plazo se incorpore como parte de los instrumentos de evaluación tanto para proyectos de inversión pública, como para la evaluación de políticas ambientales. Será importante que la normativa del MINAE incorpore la obligatoriedad en el uso de esta tasa de descuento de largo plazo para los distintos instrumentos que generen impactos de mediano y largo plazo. En este sentido, el apoyo de Mideplan con su experiencia en evaluación es fundamental para que los encargados de evaluar políticas ambientales puedan aplicar adecuadamente el análisis costo-beneficio, así como la tasa de descuento estimada.

Respecto a la aplicación de esta tasa de descuento de largo plazo estimada, como se señaló, es necesario que los encargados de llevar a cabo la evaluación de los proyectos tengan clara la forma correcta de aplicación de esta tasa con el fin de evitar cálculos incorrectos que produzcan errores en la toma de decisiones. Al respecto, se recomienda la incorporación de la forma correcta de aplicar esta tasa en las capacitaciones relacionadas con evaluación de proyectos, así como la elaboración de una herramienta que permita su aplicación de manera correcta para evitar posibles errores de aplicación.

Por otra parte, y tomando en cuenta lo señalado por los expertos en el cuestionario aplicado, este análisis de largo plazo deberá ser considerado un complemento a los demás análisis que se deben de realizar al proyecto bajo evaluación, considerando la integralidad de los resultados. Aunque es importante tomar en cuenta los efectos de largo plazo, la decisión de ejecutar o no un proyecto debe responder a una serie de criterios, tales como la definición de objetivos de política, prioridades nacionales, así como al cumplimiento de aspectos técnicos, legales, administrativos y demás. La utilización de esta tasa de descuento de largo plazo es una herramienta más que permitirá tomar una decisión entre alternativas de proyectos con impactos medioambientales, positivos o negativos, logrando una mejor valoración de estos impactos, pero no pretende sustituir los demás elementos asociados a la toma de decisiones.

Se recomienda que la tasa de descuento de largo plazo estimada en este documento se aplique a aquellos proyectos con efectos medioambientales de largo plazo en conjunto con la actual TSD estimada por Mideplan. La aplicación de la TSD de Mideplan permitirá mantener la comparabilidad entre distintos proyectos, al evaluarse todos con la misma tasa de descuento y en horizonte de evaluación de mediano plazo, tal como se realiza actualmente. Al aplicar la tasa de descuento de largo plazo a los proyectos con efectos medioambientales de largo plazo, se podrá realizar una comparación específica de este tipo de proyectos, permitiendo seleccionar aquellos que generen los mayores beneficios netos para la sociedad.

La aplicación conjunta permitirá que los proyectos con efectos medioambientales de largo plazo, aseguren su viabilidad cumpliendo con todos los requerimientos técnicos, financieros y demás que son solicitados por Mideplan, incluyendo la vinculación con las políticas e instrumentos de planificación nacional, y adicionalmente, se podrá realizar una valoración

apropiada de los beneficios netos medioambientales, que permitirá determinar si en el largo plazo los beneficios son mayores a los costos.

Para la aplicación de esta tasa de descuento, es necesario mejorar la estimación que se hace actualmente de los beneficios de largo plazo para los proyectos con efectos medioambientales, aplicando de manera consistente las metodologías más apropiadas, con el propósito de contar con datos más precisos acerca de los efectos ambientales positivos y negativos de los proyectos de inversión. En esta línea, contar con otros factores como, por ejemplo, el valor social del carbono, puede incidir positivamente en esta tarea. Mideplan (2024) ha estimado un valor de \$40 ton CO₂e, pero, además, será necesario que los encargados de la evaluación de proyectos a nivel institucional tengan la capacitación requerida para su correcta aplicación, así como para la valoración de otros beneficios medioambientales, en el largo plazo.

Es necesario que los proyectos de inversión en los que se aplique la tasa de descuento estimada en esta investigación, cuenten con un componente medioambiental significativo. Se recomienda que la tasa de descuento estimada sea utilizada únicamente en aquellos proyectos que demuestren una contribución significativa a políticas públicas como el Plan Nacional de Descarbonización, la Política Nacional de Adaptación o a que contribuya al cumplimiento de la Contribución Nacional Determinada (NDC) de Costa Rica, así como cualquier otra política ambiental oficial. Adicionalmente, se recomienda que esta tasa de descuento, se aplique a aquellos proyectos con posibles efectos negativos, como es el caso de proyectos relacionados con actividades extractivas que podrían afectar negativamente el medio ambiente.

Se debe evitar aplicar esta tasa de descuento a proyectos con efectos medioambientales nulos o muy poco significativos, debido a que al aplicar una tasa de descuento menor respecto a la actual TSD, a proyectos con muy bajos impactos ambientales, se estaría generando un sesgo inadecuado en la selección de proyectos a pesar de que no contribuyen con los objetivos de política ambiental.

En este sentido, el papel desarrollado por Mideplan como rector del SNIP es sumamente relevante, ya que es el ente encargado de avalar las tasas de descuento a utilizar para la evaluación costo-beneficio de los distintos proyectos. Además, será importante, que se incluyan dentro de los programas de capacitación de Mideplan y de otros actores asociados a la temática,

la forma correcta de aplicación de la tasa de descuento de largo plazo, así como la aplicación de metodologías para el cálculo de beneficios y costos ambientales de mediano y largo plazo.

Será importante considerar el desarrollo de estudios de caso particulares, donde se logre profundizar en la estimación de beneficios y costos de largo plazo, con metodologías apropiadas, para luego aplicar de manera adecuada la tasa de descuento de largo plazo. Estos estudios deberán ser liderados por las instituciones ejecutoras de los proyectos, debido al conocimiento que tienen sobre los mismos, con el acompañamiento de Mideplan como ente rector y además por el conocimiento respecto a la aplicación de la tasa de descuento de largo plazo.

Se recomienda la elaboración de estudios similares a este, que se enfoquen en la estimación de impactos medioambientales para proyectos de inversión, identificando aquellos elementos necesarios para realizar una estimación adecuada considerando horizontes de evaluación superiores a los 30 años, sin que esto represente un aumento significativo en la incertidumbre.

REFERENCIAS

- Almansa Sáez, C., & Martínez Paz, J. (2008). *Acercando posturas sobre el descuento ambiental: Sondeo Delphi a expertos en el ámbito internacional*. Documento de trabajo, Fundación de las Cajas de Ahorros, Departamento de Gestión de Empresas. Recuperado el 29 de setiembre de 2023, de https://www.researchgate.net/publication/28245857_Acercando_posturas_sobre_el_descuento_ambiental_sondeo_Delphi_a_expertos_en_elambito_internacional
- Arrow, K. (Diciembre de 1995). Intergenerational Equity and the Rate of Discount in Long-Term Social Investment. *Working Papers*. Recuperado el 3 de junio de 2023, de <https://www.mv.helsinki.fi/home/valsta/Arrow-97-005.pdf>
- Astigarraga, E. (2003). *El método Delphi*. Universidad de Deusto, Facultad de CC.EE. y Empresariales, San Sebastián. Recuperado el 6 de octubre de 2023
- Brent, R. (Agosto de 1993). Country Estimates of Social Discount Rates Based on Changes in Life Expectancies. *KYKLOS*, 46(3), 399-409. Recuperado el 16 de setiembre de 2023, de https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3262617
- Cáceres Valderrama, A. (2017). *Manual de Aplicación del Análisis Costo Beneficio (ACB) y Análisis Costo Efectividad (ACE) para la presentación o evaluación de proyectos de ley*. Congreso de la República, Centro de Capacitación y Estudios Parlamentarios, Perú. Recuperado el 14 de febrero de 2024, de <https://cies.org.pe/publicaciones/manual-de-aplicacion-del-analisis-costo-beneficio-acb-y-del-analisis-costo-efectividad-ace-para-la-presentacion-o-evaluacion-de-proyectos-de-ley/>
- Campos, J., Serebrisky, T., & Suárez-Alemán, A. (2016). *Tasa de descuento social y evaluación de proyectos: algunas reflexiones prácticas para América Latina y el Caribe*. (B. I. Desarrollo, Ed.) Recuperado el 20 de mayo de 2023, de <https://publications.iadb.org/es/publicacion/15533/tasa-de-descuento-social-y-evaluacion-de-proyectos-algunas-reflexiones-practicas>
- Castillo, J., & Zhangallimbay, D. (agosto de 2021). La tasa social de descuento en la evaluación de proyectos de inversión: una aplicación para el Ecuador. *Revista de la CEPAL*(134). Recuperado el 15 de junio de 2023, de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/47285-la-tasa-social-descuento-la-evaluacion-proyectos-inversion-aplicacion-ecuador>
- Castro Amado, D., & Casallas Abril, Y. (2019). *Guía para la definición de la Tasa de Descuento: Aspectos relevantes en el marco del Licenciamiento Ambiental en Colombia*. Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. Recuperado el 20 de junio de 2023, de https://www.anla.gov.co/documentos/proyectos/02_transformacionales/03_nuevo_modelo/Documentos/04-04-2022-anla-definici%C3%B3n_tasa%20de_descuento.pdf
- Centro Centroamericano de Población. (9 de setiembre de 2023). *Proyecciones Nacionales de Población*. (U. d. Rica, Productor) Obtenido de <https://censos.ccp.ucr.ac.cr/>

- CEPAL. (1997). *Costa Rica: Evolución económica durante 1996*. Naciones Unidas. Recuperado el 11 de marzo de 2024, de <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/25253>
- Correa Restrepo, F. (julio-diciembre de 2008). Tasa de descuento ambiental Gamma: una aplicación para Colombia. *Lecturas de Economía*. Recuperado el 24 de junio de 2023, de <https://www.redalyc.org/pdf/1552/155215609006.pdf>
- Correa, F. (enero-junio de 2006). La tasa social de descuento. *Lecturas de Economía*(64), 91-116. Recuperado el 12 de junio de 2023, de <http://www.scielo.org.co/pdf/le/n64/n64a4.pdf>
- Cropper, M., Aydede, S., & Portney, P. (diciembre de 1991). Discounting human lives. *American journal of agricultural economics*, 73(5), 1410-1415. Recuperado el 15 de julio de 2023, de http://reader.library.cornell.edu/docviewer/digital?id=chla5032826_2778_005#page/132/mode/1up
- Dalkey, N. (Diciembre de 1969). Analyses from a Group Opinion Study. *Futures*, 1(6), 541-551. Recuperado el 5 de octubre de 2023, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016328769800443>
- Dasgupta, P., & Heal, G. (1979). *Economic Theory and Exhaustible Resources*. Cambridge: Cambridge University Press.
- DGPI-MEF. (2011). *Cálculo de la Tasa Social de Descuento para Proyectos de Inversión Pública Ambientales*. Recuperado el 3 de julio de 2023, de https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/estudios_documentos/estudios/Calculo_TSD_PIP_Ambientales_Noviembre_2011.pdf
- Diario Oficial. (2013). *Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión*. Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Unidad de Inversiones, México. Recuperado el 12 de julio de 2023, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/21174/Lineamientos_costo_beneficio.pdf
- Dirección de Proyectos e Información para la Inversión Pública. (2023). *Metodología General Ajustada para la formulación de proyectos de inversión pública en Colombia*. Lineamientos conceptuales que soportan la Metodología General Ajustada para Colombia, Subdirección de Proyectos, Colombia. Recuperado el 12 de julio de 2023, de https://mgaayuda.dnp.gov.co/Recursos/Documento_conceptual_2023.pdf
- Dirección General de Inversiones Públicas. (2015). *Guía Metodológica General para la Formulación y Evaluación de Programas y Proyectos de Inversión Pública*. Gobierno de la República de Honduras, Secretaría de Finanzas. Recuperado el 12 de julio de 2023, de https://observatorioplanificacion.cepal.org/sites/default/files/methodology/Guia_Metodologica_General_Version_Final_Segunda-Edicion-2015%20%281%29.pdf
- Domínguez Martínez, J. (2014). La tasa de descuento aplicable a los efectos medioambientales. (I. Econospérides, Ed.) *eXtoikos*(15). Recuperado el 7 de julio de 2023, de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5559898.pdf>

- Edwards, G. (diciembre de 2002). La Tasa de Descuento en Proyectos de Inversión de Largo Plazo. *Revista de Análisis Económico*, 17(2), 123-141. Recuperado el 14 de julio de 2023, de <https://www.rae-ear.org/index.php/rae/article/view/21>
- Edwards, G. (enero-marzo de 2016). Estimación de la tasa social de descuento a largo plazo en el marco de los sistemas nacionales de inversión. Aplicación al caso chileno. *El Trimestre Económico*, LXXXIII(329), 99-125. Recuperado el 12 de junio de 2023, de <https://www.scielo.org.mx/pdf/ete/v83n329/2448-718X-ete-83-329-00099.pdf>
- Fischer, D. W. (1994). Sobre los problemas de medición de los beneficios y los costes ambientales. En F. Aguilera Klink, & V. Alcántara, *De la economía ambiental a la economía ecológica* (págs. 110-119). Madrid. Recuperado el 28 de octubre de 2023, de https://www.fuhem.es/media/ecosocial/File/Actualidad/2011/LibroEA_EE.pdf
- Fontaine, E. R. (2008). *Evaluación social de proyectos*. Pearson Educación de México S.A. de C.V.
- Gittinger, J. (1983). *Análisis económico de proyectos agrícolas*. (B. Mundial, Ed.) Madrid: Editorial Tecnos, S.A. Recuperado el 4 de junio de 2023, de <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/23841>
- Gonzalez, L. (2004). *Análisis financiero del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados*. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.
- Harvey, C. (1994). The reasonableness of non-constant discounting. *of Public*, 53.
- Herburn, C. (2007). *Valuing the far-off future: Discounting and its alternatives*. Recuperado el 9 de junio de 2023, de https://www.researchgate.net/publication/50232845_Valuing_the_far-off_future_Discounting_and_its_alternatives
- Hernández Díaz, G., Piraquive Galeano, G., & Matamoros Cárdenas, M. (2018). *Una estimación de la tasa de descuento para proyectos ambientales*. Departamento Nacional de Planeación, Dirección de Estudios Económicos. Recuperado el 20 de abril de 2023, de <https://ideas.repec.org/p/col/000118/016812.html>
- Hernández Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGraw-Hill Interamericana.
- Hoel, M., & Sterner, T. (2006). *Discounting and Relative Prices. Assessing Future Environmental Damages*. Washington D.C.: Resources for the Future. Recuperado el 4 de julio de 2023, de <https://media.rff.org/documents/RFF-DP-06-18.pdf>
- Hossain, N., & Rahman, R.-U. (25 de junio de 2023). *Ramsey-Cass-Koopmans Model: A Numerical Method Analysis*. Obtenido de http://www.wiu.edu/cas/mathematics_and_philosophy/graduate/652%20Project.pdf
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2024). *Informe de actualización del estudio de factibilidad del proyecto: 000043 Mejoramiento del Medio Ambiente del Área Metropolitana (Proyecto de alcantarillado sanitario GAM)*. Unidad Ejecutora Programa de Agua Potable y Saneamiento .

- Jiménez Montero, S. V. (2014). *Estructura temporal de tasa social de descuento*. Tesis de Grado Magister en Economía, Pontificia Universidad Católica de Chile, Instituto de Economía. Recuperado el 16 de julio de 2023, de <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/15018>
- Koopmans, T. (1963). On the Concept of Optimal Economic Growth. *Cowles Foundation Discussion Papers*.
- Linstone, H., & Turoff, M. (1975). *The Delphi Method: Techniques and Applications*. Journal of Marketing Research. Recuperado el 1 de octubre de 2023, de https://www.researchgate.net/publication/237035943_The_Delphi_Method_Techniques_and_Applications
- Lopez, H. (junio de 2008). The Social Discount Rate: Estimates for Nine Latin American Countries. (T. W. Bank, Ed.) *Policy Research Working Paper*. Recuperado el 30 de junio de 2023, de <https://elibrary.worldbank.org/doi/abs/10.1596/1813-9450-4639>
- Martínez Alier, J. (1998). *Curso de Economía Ecológica*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oficina Regional para América Latina y el Caribe. México: Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental. Recuperado el 9 de junio de 2023, de https://aulavirtual4.unl.edu.ar/pluginfile.php/6972/mod_resource/content/1/Martinez%20Alier%20-%20Cursode%20Economia%20ecol%C3%B3gica.pdf
- Mideplan. (2010). *Guía metodológica general para la identificación, formulación y evaluación de*. Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica. San José: Área de Inversiones Públicas.
- Mideplan. (2017). *Manual de evaluación para intervenciones públicas. Gestión de evaluaciones en el Sistema Nacional de Planificación*. San José, Costa Rica. Recuperado el 17 de setiembre de 2024, de <https://documentos.mideplan.go.cr/share/s/6eepeLCESrKkft6Mf5SToA>
- Mideplan. (2022). *Guía Metodológica General para la Identificación, Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión Pública*. Recuperado el 3 de abril de 2023, de https://drive.google.com/file/d/1YRsED3U_tEhmINcBpGk6m3V5fjMWXJzG/view
- Mideplan. (3 de noviembre de 2024). *Precios Sociales en Costa Rica*. Obtenido de <https://www.mideplan.go.cr/precios-sociales>
- Mideplan. (ND). *Precios Sociales*. Recuperado el 4 de abril de 2023, de <https://drive.google.com/file/d/1ARyr7uHu60Tkj-aWjplhknPiuWCjGLEN/view>
- Ministerio de Ambiente y Energía. (21 de setiembre de 2023). *Minae*. Obtenido de <https://www.minae.go.cr/>
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2022). *Guía Metodología General para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión Pública*. Dirección de Programación de Inversiones, Panamá. Recuperado el 12 de julio de 2023, de <https://www.mef.gob.pa/wp-content/uploads/2022/06/Guia-Metodologica-General-Formulacion-y-Evaluacion-de-Proyectos-Panama-2022.pdf>

- Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo. (2017). *Guía Metodológica General para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión Pública*. Viceministerio de Planificación, Dirección General de Inversión Pública. Recuperado el 12 de julio de 2023, de [https://mepyd.gob.do/wp-content/uploads/drive/DGIP/Normas%20Tecnicas/Guia%20Metodol%C3%B3gica%20\(1\).pdf](https://mepyd.gob.do/wp-content/uploads/drive/DGIP/Normas%20Tecnicas/Guia%20Metodol%C3%B3gica%20(1).pdf)
- Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (2010). *Tasa Social de Descuento Nicaragua*. Dirección General de Inversiones Públicas. Recuperado el 12 de julio de 2023, de <http://190.212.238.38/preinversion/TasaSocialdeDescuento.pdf>
- Moore, M., Boardman, A., Vining, A., Weimer, D., & Greenberg, D. (Agosto de 2004). Just Give Me a Number! *Journal of Policy Analysis and Management*, 23(4), 789-812. Recuperado el 23 de julio de 2023, de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pam.20047>
- Mora García, C. (2010). *Una tasa social de descuento para Costa Rica*. Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias Económicas. Escuela de Economía. Recuperado el 4 de julio de 2023, de <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/4242/1/31780.pdf>
- Müller, F. G. (enero-junio de 2013). The Discounting Confusion: An Ecological Economics Perspective. *Economía*, XXXVII(71), 57-74. Recuperado el 3 de febrero de 2023, de <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/economia/article/view/6377>
- Naredo, J. M. (1994). Fundamentos de la economía ecológica. En F. Aguilera Klink, & V. Alcántara, *De la economía ambiental a la economía ecológica* (págs. 231-252). Barcelona.
- Newell, R., & Pizer, W. (2001a). Discounting the Distant Future:. *Resources for the Future*. Recuperado el 14 de julio de 2023
- Newell, R., & Pizer, W. (2001b). *Discounting the benefits of climate change mitigation. How much do uncertain rates increase valuations?* Washington, D.C.: Prepared for the Pew Center on Global Climate Change. Recuperado el 14 de julio de 2023, de https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=366281
- Pasalía, C., & Peinado, G. (2021). Economía ecológica latinoamericana en el siglo XXI. Rasgos distintivos en el marco de las diferentes corrientes económico-ambientales. En A. Azamar Alonso, J. Silva Macher, & F. Zuberger, *Economía ecológica latinoamericana* (págs. 63-99). Ciudad de México.
- Pearce, D., & Turner, R. (1995). *Economía de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente*. Madrid: Celeste Ediciones.
- Pearce, D., & Ulph, D. (1995). *A Social Discount Rate for the United Kingdom*. CSERGE Working Paper GEC 95-01. Recuperado el 16 de julio de 2023, de <https://www.semanticscholar.org/paper/A-social-discount-rate-for-the-United-Kingdom-Pearce-Ulph/c10c8f3105d2f535c34a82ceac06d7d740959304>
- Polasky, S., & Dampha, N. (2021). Discounting and Global Environmental Change. *Annual Review of Environment and Resources*. Recuperado el 26 de junio de 2023, de <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-environ-020420-042100>

- Ramsey, F. (Diciembre de 1928). A Mathematical Theory of Saving. *The Economic Journal*, 38, 543-559. Recuperado el 23 de junio de 2023, de <https://www.jstor.org/stable/2224098>
- Robinson, J. C. (1990). Philosophical Origins of the Social Rate of Discount in Cost-Benefit Analysis. *The Milbank Quarterly*, 68(2), 245-265. Recuperado el 20 de diciembre de 2023, de <https://escholarship.org/content/qt04r430mv/qt04r430mv.pdf?t=o9rldg>
- Romero-Collado, A. (2021). Elementos esenciales para elaborar un estudio con el método (e)Delphi. (S. E. Coronarias, Ed.) *Enfermería intensiva*(32), 100-104. Recuperado el 2 de abril de 2024, de https://www.researchgate.net/publication/344438477_Elementos_esenciales_para_elaborar_un_estudio_con_el_metodo_eDelphi
- Rosales Posas, R. (2008). *Formulación y evaluación de proyectos*. San José, Costa Rica: Instituto Centroamericano de Administración Pública.
- Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. (2019). *Marco Conceptual Sistema Nacional de Inversión Pública*. 3 edición, Subsecretaría de Inversión Para el Desarrollo, Dirección de Inversión Para el Desarrollo., Guatemala. Recuperado el 12 de julio de 2023, de [https://sistemas.segeplan.gob.gt/sche\\$sinip/documentos/Marco_Conceptual_2019.pdf](https://sistemas.segeplan.gob.gt/sche$sinip/documentos/Marco_Conceptual_2019.pdf)
- Tagle Zamora, D., Azamar Alonso, A., & Caldera Ortega, A. (2018). *Análisis y reflexiones desde la economía ecológica para la sustentabilidad*. (U. d. Guanajuato, Ed.) Editorial Fontamara, S.A. de C.V. Recuperado el 28 de diciembre de 2023, de https://www.researchgate.net/publication/329104066_Analisis_y_reflexiones_desde_la_Economia_Ecologica_para_la_sustentabilidad
- UK Treasury. (2022). *Guidance The Green Book*. Recuperado el 29 de junio de 2023, de GOV.UK: <https://www.gov.uk/government/publications/the-green-book-appraisal-and-evaluation-in-central-government/the-green-book-2020#the-overarching-policy-framework>
- Valentim, J., & Prado, J. (2008). *Social Discount Rates*. Recuperado el 6 de agosto de 2023, de https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1113323
- Weitzman, M. (Marzo de 2001). Gamma Discounting. *American Economic Review*, 91(1).
- Zuber, S., & Fleurbaey, M. (2019). *Discounting and Intergenerational Ethics*. Working Paper 2019:6, The Institute for Futures Studies. Recuperado el 27 de agosto de 2023, de <https://academic.oup.com/edited-volume/34721/chapter-abstract/397724670?redirectedFrom=fulltext>

ANEXOS

Anexo I. Cuestionario

Tasa de descuento para proyectos con efectos medioambientales

Mediante este cuestionario se pretende recolectar información que permita valorar la aplicación de una tasa de descuento específica para proyectos con efectos medioambientales y posteriormente aplicar una metodología de cálculo para la estimación de dicha tasa de descuento, la cual se aplicaría en la evaluación costo-beneficio de manera complementaria con la Tasa Social de Descuento.

Esta información será de utilidad para Mideplan para tomar decisiones respecto a la conveniencia de contar con una tasa de descuento específica para estos proyectos, y adicionalmente, podrá ser utilizada en estudios posteriores que permitan definir dicha tasa.

Por favor conteste las preguntas de acuerdo a lo señalado en la presentación. La información recopilada será tratada de manera confidencial. Al contestar este formulario autoriza a que la información sea utilizada para los objetivos señalados anteriormente.

Sección 1. Tasa de descuento

En esta sección interesa conocer su opinión acerca del tipo de tasa de descuento a utilizar en el análisis costo-beneficio para proyectos con efectos medioambientales.

Al concluir las preguntas de esta sección, presione en Continuar y espere las instrucciones del expositor.

1.1 El análisis costo-beneficio es una metodología adecuada para la evaluación económica-social de proyectos de inversión pública, incluidos los proyectos con impacto medioambiental.

Marca solo una opción.

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo
- NS/NR

1.2 Para proyectos con impactos medioambientales, la tasa de descuento debe ser reconsiderada; ya que la tasa social de descuento es más indicada para proyectos con un horizonte temporal menor a 30 años.

Marca solo una opción.

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo
- NS/NR

1.3 De acuerdo a la información que se ha presentado en el taller, indique cuál de las opciones se debería considerar para estimar la tasa de descuento para proyectos con efectos medioambientales:

- Tasa de descuento constante durante todo el período de evaluación del proyecto

Salta a la pregunta 2.1

Tasa de descuento decreciente de acuerdo a la duración del proyecto

Salta a la pregunta 3.1

NS/NR

Salta a la pregunta 4.1

Sección 3. Metodología de cálculo tasa decreciente

De acuerdo a su respuesta anterior, donde seleccionó la opción de una tasa decreciente, en esta sección se solicita su opinión acerca de la forma en que se debería estimar la tasa de descuento para proyectos con efectos medioambientales.

3.1 Para realizar la estimación de una tasa de descuento decreciente, se debe realizar su cálculo a partir de una metodología que considere una serie de parámetros que permitan considerar variables económicas (siguiendo la propuesta de Feldstein basada en Ramsey).

Marca solo una opción.

Totalmente de acuerdo

De acuerdo

Ni de acuerdo ni en desacuerdo

En desacuerdo

Totalmente en desacuerdo

NS/NR

3.2 Para realizar la estimación de una tasa de descuento decreciente, se debe establecer su cálculo a partir de una metodología que considere únicamente la opinión de expertos en la temática (siguiendo la propuesta de una tasa Gamma).

Marca solo una opción.

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo
- NS/NR

Sección 4. Aplicación de la tasa de descuento

En esta sección, interesa conocer su opinión acerca de la forma en que se deben aplicar la evaluación costo-beneficio a los proyectos con impactos medioambientales

4.1 Al contar con una tasa específica para proyectos con impactos medioambientales, estos proyectos deben utilizar siempre en sus evaluaciones horizontes de evaluación mayores a 30 años.

Marca solo una opción.

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- En desacuerdo

Totalmente en desacuerdo

NS/NR

4.2 A pesar de que se pueda contar con una tasa de descuento específica para evaluar los proyectos con efectos medioambientales, estos proyectos deberán realizar la evaluación económica-social de corto plazo, usando la actual tasa social de descuento, tal como se propone desde Mideplan.

Marca solo una opción.

Totalmente de acuerdo

De acuerdo

Ni de acuerdo ni en desacuerdo

En desacuerdo

Totalmente en desacuerdo

NS/NR

4.3 Adicionalmente a la tasa de descuento específica que se podría estimar, los proyectos con impactos medioambientales deben estimar un valor para la TREMA con el fin de realizar el análisis financiero correspondiente.

Marca solo una opción.

Totalmente de acuerdo

De acuerdo

Ni de acuerdo ni en desacuerdo

En desacuerdo

Totalmente en desacuerdo

NS/NR

4.4 Seleccione el rango de tasas de descuento en el que cree que se debería ubicar una tasa de descuento adecuada para la evaluación de proyectos con efectos medioambientales.

Marca solo una opción.

Mayor a 8,31%

7% a 8,31%

6% a 6,99%

5% a 5,99%

4% a 4,99%

3% a 3,99%

2% a 2,99%

1% a 1,99%

0 a 0,99%

NS/NR

Otro:

Por favor indique cualquier comentario adicional que desee respecto a la aplicación de una tasa de descuento específica para proyectos con efectos medioambientales.

Anexo II. Resultados obtenidos de la aplicación del cuestionario

Tabla II.1

Resultados obtenidos de la aplicación del cuestionario por ronda

Pregunta	NS/NR		Totalmente en desacuerdo		En desacuerdo		Ni de acuerdo ni en desacuerdo		De acuerdo		Totalmente de acuerdo	
	Ronda 1	Ronda 2	Ronda 1	Ronda 2	Ronda 1	Ronda 2	Ronda 1	Ronda 2	Ronda 1	Ronda 2	Ronda 1	Ronda 2
Pregunta 1.1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	4,55%	0,00%	2,27%	0,00%	40,91%	25,81%	52,27%	74,19%
Pregunta 1.2	2,27%	0,00%	0,00%	0,00%	4,55%	0,00%	9,09%	6,45%	52,27%	45,16%	31,82%	48,39%
Pregunta 2.1	0,00%	0,00%	12,50%	0,00%	37,50%	28,57%	25,00%	14,29%	0,00%	42,86%	25,00%	14,29%
Pregunta 2.2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	50,00%	28,57%	25,00%	42,86%	25,00%	28,57%
Pregunta 3.1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	6,90%	9,52%	51,72%	52,38%	41,38%	33,33%
Pregunta 3.2	3,45%	4,76%	10,34%	9,52%	37,93%	66,67%	17,24%	0,00%	27,59%	19,05%	3,45%	0,00%
Pregunta 4.1	9,09%	0,00%	0,00%	0,00%	15,91%	6,45%	20,45%	12,90%	34,09%	58,06%	20,45%	22,58%
Pregunta 4.2	2,27%	0,00%	6,82%	3,23%	15,91%	6,45%	20,45%	16,13%	43,18%	51,61%	11,36%	22,58%
Pregunta 4.3	15,91%	9,68%	2,27%	0,00%	4,55%	3,23%	9,09%	6,45%	59,09%	58,06%	9,09%	22,58%

Pregunta	NS/NR		Tasa constante		Tasa decreciente	
	Ronda 1	Ronda 2	Ronda 1	Ronda 2	Ronda 1	Ronda 2
Pregunta 1.3	15,91%	9,68%	18,18%	22,58%	65,91%	67,74%

Pregunta	NS/NR		4-4,99%		5-5,99%		6-6,99%		7-8,31%		Mayor a 8,31%	
	Ronda 1	Ronda 2	Ronda 1	Ronda 2	Ronda 1	Ronda 2	Ronda 1	Ronda 2	Ronda 1	Ronda 2	Ronda 1	Ronda 2
Pregunta 4.4	31,82%	19,35%	6,82%	3,23%	9,09%	6,45%	11,36%	9,68%	29,55%	48,39%	11,36%	12,90%

Anexo III. Recaudación de impuesto sobre la renta por quintiles

Tabla III.1

Distribución de contribuyentes, renta bruta y recaudación tributaria por quintil, según año

Millones de colones

Año	Quintiles					Renta Bruta					Recaudación de impuestos				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
2008	34.517	34.719	34.288	34.508	34.509	78,2	34.943,4	109.422,9	263.231,7	2.061.544,2	78,2	34.943,4	109.422,9	263.231,7	2.061.544,2
2009	36.478	36.476	36.477	36.477	36.478	19,3	34.759,0	120.491,4	284.056,5	2.128.471,5	19,3	34.759,0	120.491,4	284.056,5	2.128.471,5
2010	39.714	36.572	38.142	38.143	38.143	0,0	32.135,7	125.693,2	297.679,5	2.230.448,2	0,0	32.135,7	125.693,2	297.679,5	2.230.448,2
2011	44.339	38.783	41.561	41.561	41.562	0,0	32.219,9	140.021,7	335.362,8	2.528.009,4	0,0	32.219,9	140.021,7	335.362,8	2.528.009,4
2012	52.563	38.324	45.398	45.396	45.421	0,0	29.132,2	151.241,6	368.993,7	2.716.562,7	0,0	29.132,2	151.241,6	368.993,7	2.716.562,7
2013	55.835	39.431	47.606	47.624	47.625	0,0	29.208,1	157.686,2	394.655,6	3.023.526,7	0,0	29.208,1	157.686,2	394.655,6	3.023.526,7
2014	58.345	44.833	51.617	51.561	51.590	0,0	35.403,4	180.432,3	447.768,8	3.396.792,4	0,0	35.403,4	180.432,3	447.768,8	3.396.792,4
2015	66.658	44.338	55.497	55.498	55.498	0,0	30.146,8	182.567,8	467.016,6	3.648.279,1	0,0	30.146,8	182.567,8	467.016,6	3.648.279,1
2016	71.317	49.221	60.269	60.269	60.269	0,0	31.705,1	196.764,8	516.571,1	4.104.894,0	0,0	31.705,1	196.764,8	516.571,1	4.104.894,0
2017	81.725	45.832	63.777	63.778	63.779	0,0	26.394,4	195.336,1	532.013,5	4.213.718,7	0,0	26.394,4	195.336,1	532.013,5	4.213.718,7
2018	82.123	47.011	64.575	64.561	64.565	0,0	27.520,7	200.672,1	543.405,5	4.329.104,3	0,0	27.520,7	200.672,1	543.405,5	4.329.104,3
2019	97.697	42.695	70.201	70.190	70.180	0,0	16.216,7	147.174,2	452.855,8	4.200.163,2	0,0	16.216,7	147.174,2	452.855,8	4.200.163,2
2020	80.463	43.690	62.076	62.076	62.077	0,0	16.529,8	128.829,4	423.987,6	4.513.667,4	0,0	16.529,8	128.829,4	423.987,6	4.513.667,4
2021	75.854	40.054	57.953	57.954	57.954	0,0	15.738,8	125.145,2	398.670,4	3.899.130,4	0,0	15.738,8	125.145,2	398.670,4	3.899.130,4
2022	65.720	40.983	53.344	53.349	53.349	0,0	22.160,1	146.058,3	447.917,7	4.263.778,0	0,0	22.160,1	146.058,3	447.917,7	4.263.778,0

Fuente: Declaración del Impuesto sobre la Renta (D-101), GH-División Política Fiscal, Departamento Estadísticas Fiscales, Ministerio de Hacienda

Anexo IV. Cálculo de tasa de descuento

Tabla IV.1

Cálculo de tasa de descuento por año, según parámetros definidos, utilizando $\alpha = 0,5$

Año	π	$(1+\pi_t)^{(1-\alpha)}$	$(1+\gamma)^\sigma$	$(1+\rho)$	Resultado
2023	0,0094	1,0047	3,4356	1,1776	3,06
2024	0,0090	1,0045	3,4356	1,1776	3,06
2025	0,0087	1,0043	3,4356	1,1776	3,06
2026	0,0083	1,0041	3,4356	1,1776	3,06
2027	0,0080	1,0040	3,4356	1,1776	3,06
2028	0,0076	1,0038	3,4356	1,1776	3,06
2029	0,0073	1,0037	3,4356	1,1776	3,06
2030	0,0070	1,0035	3,4356	1,1776	3,06
2031	0,0068	1,0034	3,4356	1,1776	3,06
2032	0,0065	1,0032	3,4356	1,1776	3,06
2033	0,0062	1,0031	3,4356	1,1776	3,06
2034	0,0062	1,0031	3,4356	1,1776	3,06
2035	0,0060	1,0030	3,4356	1,1776	3,06
2036	0,0057	1,0028	3,4356	1,1776	3,06
2037	0,0054	1,0027	3,4356	1,1776	3,06
2038	0,0052	1,0026	3,4356	1,1776	3,06
2039	0,0049	1,0025	3,4356	1,1776	3,06
2040	0,0047	1,0023	3,4356	1,1776	3,06
2041	0,0044	1,0022	3,4356	1,1776	3,05
2042	0,0042	1,0021	3,4356	1,1776	3,05
2043	0,0039	1,0020	3,4356	1,1776	3,05
2044	0,0037	1,0018	3,4356	1,1776	3,05
2045	0,0035	1,0017	3,4356	1,1776	3,05
2046	0,0032	1,0016	3,4356	1,1776	3,05
2047	0,0030	1,0015	3,4356	1,1776	3,05
2048	0,0028	1,0014	3,4356	1,1776	3,05
2049	0,0025	1,0013	3,4356	1,1776	3,05
2050	0,0023	1,0012	3,4356	1,1776	3,05
2051	0,0021	1,0011	3,4356	1,1776	3,05
2052	0,0019	1,0010	3,4356	1,1776	3,05
2053	0,0017	1,0009	3,4356	1,1776	3,05
2054	0,0015	1,0008	3,4356	1,1776	3,05
2055	0,0014	1,0007	3,4356	1,1776	3,05
2056	0,0012	1,0006	3,4356	1,1776	3,05
2057	0,0010	1,0005	3,4356	1,1776	3,05
2058	0,0009	1,0004	3,4356	1,1776	3,05

Año	π	$(1+\pi_t)^{(1-\alpha)}$	$(1+\gamma)^\sigma$	$(1+\rho)$	Resultado
2059	0,0007	1,0004	3,4356	1,1776	3,05
2060	0,0006	1,0003	3,4356	1,1776	3,05
2061	0,0004	1,0002	3,4356	1,1776	3,05
2062	0,0003	1,0001	3,4356	1,1776	3,05
2063	0,0001	1,0001	3,4356	1,1776	3,05
2064	0,0000	1,0000	3,4356	1,1776	3,05
2065	-0,0001	0,9999	3,4356	1,1776	3,05
2066	-0,0003	0,9999	3,4356	1,1776	3,05
2067	-0,0004	0,9998	3,4356	1,1776	3,05
2068	-0,0006	0,9997	3,4356	1,1776	3,04
2069	-0,0007	0,9996	3,4356	1,1776	3,04
2070	-0,0009	0,9996	3,4356	1,1776	3,04
2071	-0,0010	0,9995	3,4356	1,1776	3,04
2072	-0,0011	0,9994	3,4356	1,1776	3,04
2073	-0,0013	0,9994	3,4356	1,1776	3,04
2074	-0,0014	0,9993	3,4356	1,1776	3,04
2075	-0,0015	0,9992	3,4356	1,1776	3,04
2076	-0,0016	0,9992	3,4356	1,1776	3,04
2077	-0,0017	0,9991	3,4356	1,1776	3,04
2078	-0,0018	0,9991	3,4356	1,1776	3,04
2079	-0,0019	0,9990	3,4356	1,1776	3,04
2080	-0,0020	0,9990	3,4356	1,1776	3,04
2081	-0,0020	0,9990	3,4356	1,1776	3,04
2082	-0,0020	0,9990	3,4356	1,1776	3,04
2083	-0,0020	0,9990	3,4356	1,1776	3,04
2084	-0,0020	0,9990	3,4356	1,1776	3,04
2085	-0,0020	0,9990	3,4356	1,1776	3,04
2086	-0,0020	0,9990	3,4356	1,1776	3,04
2087	-0,0019	0,9990	3,4356	1,1776	3,04
2088	-0,0019	0,9991	3,4356	1,1776	3,04
2089	-0,0018	0,9991	3,4356	1,1776	3,04
2090	-0,0017	0,9991	3,4356	1,1776	3,04
2091	-0,0017	0,9992	3,4356	1,1776	3,04
2092	-0,0016	0,9992	3,4356	1,1776	3,04
2093	-0,0015	0,9992	3,4356	1,1776	3,04
2094	-0,0014	0,9993	3,4356	1,1776	3,04
2095	-0,0014	0,9993	3,4356	1,1776	3,04
2096	-0,0013	0,9994	3,4356	1,1776	3,04
2097	-0,0012	0,9994	3,4356	1,1776	3,04
2098	-0,0012	0,9994	3,4356	1,1776	3,04
2099	-0,0011	0,9995	3,4356	1,1776	3,04
2100	-0,0010	0,9995	3,4356	1,1776	3,04

Tabla IV.2Cálculo de tasa de descuento por año, según parámetros definidos, utilizando $\alpha = 0$

Año	π	$(1+\pi_t)^{(1-\alpha)}$	$(1+\gamma)^\sigma$	$(1+\rho)$	Resultado
2023	0,0094	1,0094	3,4356	1,1776	3,08
2024	0,0090	1,0090	3,4356	1,1776	3,08
2025	0,0087	1,0087	3,4356	1,1776	3,08
2026	0,0083	1,0083	3,4356	1,1776	3,08
2027	0,0080	1,0080	3,4356	1,1776	3,08
2028	0,0076	1,0076	3,4356	1,1776	3,08
2029	0,0073	1,0073	3,4356	1,1776	3,08
2030	0,0070	1,0070	3,4356	1,1776	3,07
2031	0,0068	1,0068	3,4356	1,1776	3,07
2032	0,0065	1,0065	3,4356	1,1776	3,07
2033	0,0062	1,0062	3,4356	1,1776	3,07
2034	0,0062	1,0062	3,4356	1,1776	3,07
2035	0,0060	1,0060	3,4356	1,1776	3,07
2036	0,0057	1,0057	3,4356	1,1776	3,07
2037	0,0054	1,0054	3,4356	1,1776	3,07
2038	0,0052	1,0052	3,4356	1,1776	3,07
2039	0,0049	1,0049	3,4356	1,1776	3,07
2040	0,0047	1,0047	3,4356	1,1776	3,06
2041	0,0044	1,0044	3,4356	1,1776	3,06
2042	0,0042	1,0042	3,4356	1,1776	3,06
2043	0,0039	1,0039	3,4356	1,1776	3,06
2044	0,0037	1,0037	3,4356	1,1776	3,06
2045	0,0035	1,0035	3,4356	1,1776	3,06
2046	0,0032	1,0032	3,4356	1,1776	3,06
2047	0,0030	1,0030	3,4356	1,1776	3,06
2048	0,0028	1,0028	3,4356	1,1776	3,06
2049	0,0025	1,0025	3,4356	1,1776	3,06
2050	0,0023	1,0023	3,4356	1,1776	3,06
2051	0,0021	1,0021	3,4356	1,1776	3,05
2052	0,0019	1,0019	3,4356	1,1776	3,05
2053	0,0017	1,0017	3,4356	1,1776	3,05
2054	0,0015	1,0015	3,4356	1,1776	3,05
2055	0,0014	1,0014	3,4356	1,1776	3,05
2056	0,0012	1,0012	3,4356	1,1776	3,05
2057	0,0010	1,0010	3,4356	1,1776	3,05
2058	0,0009	1,0009	3,4356	1,1776	3,05
2059	0,0007	1,0007	3,4356	1,1776	3,05
2060	0,0006	1,0006	3,4356	1,1776	3,05

Año	π	$(1+\pi_t)^{(1-\alpha)}$	$(1+\gamma)^\sigma$	$(1+\rho)$	Resultado
2061	0,0004	1,0004	3,4356	1,1776	3,05
2062	0,0003	1,0003	3,4356	1,1776	3,05
2063	0,0001	1,0001	3,4356	1,1776	3,05
2064	0,0000	1,0000	3,4356	1,1776	3,05
2065	-0,0001	0,9999	3,4356	1,1776	3,05
2066	-0,0003	0,9997	3,4356	1,1776	3,04
2067	-0,0004	0,9996	3,4356	1,1776	3,04
2068	-0,0006	0,9994	3,4356	1,1776	3,04
2069	-0,0007	0,9993	3,4356	1,1776	3,04
2070	-0,0009	0,9991	3,4356	1,1776	3,04
2071	-0,0010	0,9990	3,4356	1,1776	3,04
2072	-0,0011	0,9989	3,4356	1,1776	3,04
2073	-0,0013	0,9987	3,4356	1,1776	3,04
2074	-0,0014	0,9986	3,4356	1,1776	3,04
2075	-0,0015	0,9985	3,4356	1,1776	3,04
2076	-0,0016	0,9984	3,4356	1,1776	3,04
2077	-0,0017	0,9983	3,4356	1,1776	3,04
2078	-0,0018	0,9982	3,4356	1,1776	3,04
2079	-0,0019	0,9981	3,4356	1,1776	3,04
2080	-0,0020	0,9980	3,4356	1,1776	3,04
2081	-0,0020	0,9980	3,4356	1,1776	3,04
2082	-0,0020	0,9980	3,4356	1,1776	3,04
2083	-0,0020	0,9980	3,4356	1,1776	3,04
2084	-0,0020	0,9980	3,4356	1,1776	3,04
2085	-0,0020	0,9980	3,4356	1,1776	3,04
2086	-0,0020	0,9980	3,4356	1,1776	3,04
2087	-0,0019	0,9981	3,4356	1,1776	3,04
2088	-0,0019	0,9981	3,4356	1,1776	3,04
2089	-0,0018	0,9982	3,4356	1,1776	3,04
2090	-0,0017	0,9983	3,4356	1,1776	3,04
2091	-0,0017	0,9983	3,4356	1,1776	3,04
2092	-0,0016	0,9984	3,4356	1,1776	3,04
2093	-0,0015	0,9985	3,4356	1,1776	3,04
2094	-0,0014	0,9986	3,4356	1,1776	3,04
2095	-0,0014	0,9986	3,4356	1,1776	3,04
2096	-0,0013	0,9987	3,4356	1,1776	3,04
2097	-0,0012	0,9988	3,4356	1,1776	3,04
2098	-0,0012	0,9988	3,4356	1,1776	3,04
2099	-0,0011	0,9989	3,4356	1,1776	3,04
2100	-0,0010	0,9990	3,4356	1,1776	3,04

Anexo V. Flujos de caja

Tabla V.1

Flujo de caja económico-social para un horizonte de evaluación de 25 años

Año	Beneficios	Costos Operación y Mantenimiento	Inversión	Flujo Neto
0			-151.452.472.130,00	-151.452.472.130,00
1	82.398.361.551,09	-6.193.722.243,67	-9.694.045.313,80	66.510.593.993,62
2	55.412.438.532,66	-7.121.329.219,97	-1.834.094.669,52	46.457.014.643,16
3	46.943.060.531,81	-7.302.828.348,99	-10.668.875.563,36	28.971.356.619,47
4	47.030.578.332,88	-7.380.625.205,23	-17.111.161.018,31	22.538.792.109,34
5	47.124.362.293,11	-7.452.711.719,24	-76.577.062.423,46	-36.905.411.849,60
6	56.511.919.880,49	-7.942.705.603,80	-36.271.473.460,61	12.297.740.816,08
7	51.241.211.579,59	-8.005.795.403,27	-1.069.748.878,10	42.165.667.298,21
8	51.548.996.861,51	-8.066.945.252,22	0,00	43.482.051.609,29
9	51.829.889.609,66	-8.126.901.465,91	0,00	43.702.988.143,74
10	52.111.123.249,73	-8.184.275.861,58	0,00	43.926.847.388,15
11	52.393.110.614,59	-8.242.477.883,13	0,00	44.150.632.731,46
12	52.675.239.278,14	-8.300.877.677,16	0,00	44.374.361.600,98
13	52.956.900.183,77	-8.358.768.481,73	0,00	44.598.131.702,04
14	53.266.141.088,24	-8.416.368.906,90	0,00	44.849.772.181,34
15	53.565.530.927,32	-8.475.821.370,36	0,00	45.089.709.556,96
16	53.864.190.705,91	-8.535.292.177,24	0,00	45.328.898.528,67
17	54.164.786.131,35	-8.594.889.913,47	0,00	45.569.896.217,88
18	54.469.048.826,30	-8.656.671.720,71	0,00	45.812.377.105,59
19	54.775.874.511,03	-8.718.737.855,42	0,00	46.057.136.655,61
20	55.087.174.824,76	-8.783.115.899,45	0,00	46.304.058.925,32
21	55.402.253.356,19	-8.847.883.282,30	0,00	46.554.370.073,88
22	55.718.499.357,74	-8.914.064.939,05	0,00	46.804.434.418,69
23	55.376.524.516,44	-8.942.292.768,31	0,00	46.434.231.748,12
24	55.688.167.005,84	-8.966.088.082,95	0,00	46.722.078.922,89
25	56.002.622.142,30	-8.990.402.252,71	0,00	47.012.219.889,58

Tabla V.2

Flujo de caja económico-social para un horizonte de evaluación de 50 años

Año	Beneficios	Costos Operación y Mantenimiento	Inversión	Flujo Neto
0			-151.452.472.130,00	-151.452.472.130,00
1	82.398.361.551,09	-6.193.722.243,67	-9.694.045.313,80	66.510.593.993,62
2	55.412.438.532,66	-7.121.329.219,97	-1.834.094.669,52	46.457.014.643,16
3	46.943.060.531,81	-7.302.828.348,99	-10.668.875.563,36	28.971.356.619,47
4	47.030.578.332,88	-7.380.625.205,23	-17.111.161.018,31	22.538.792.109,34
5	47.124.362.293,11	-7.452.711.719,24	-76.577.062.423,46	-36.905.411.849,60
6	56.511.919.880,49	-7.942.705.603,80	-36.271.473.460,61	12.297.740.816,08
7	51.241.211.579,59	-8.005.795.403,27	-1.069.748.878,10	42.165.667.298,21
8	51.548.996.861,51	-8.066.945.252,22	0,00	43.482.051.609,29
9	51.829.889.609,66	-8.126.901.465,91	0,00	43.702.988.143,74
10	52.111.123.249,73	-8.184.275.861,58	0,00	43.926.847.388,15
11	52.393.110.614,59	-8.242.477.883,13	0,00	44.150.632.731,46
12	52.675.239.278,14	-8.300.877.677,16	0,00	44.374.361.600,98
13	52.956.900.183,77	-8.358.768.481,73	0,00	44.598.131.702,04
14	53.266.141.088,24	-8.416.368.906,90	0,00	44.849.772.181,34
15	53.565.530.927,32	-8.475.821.370,36	0,00	45.089.709.556,96
16	53.864.190.705,91	-8.535.292.177,24	0,00	45.328.898.528,67
17	54.164.786.131,35	-8.594.889.913,47	0,00	45.569.896.217,88
18	54.469.048.826,30	-8.656.671.720,71	0,00	45.812.377.105,59
19	54.775.874.511,03	-8.718.737.855,42	0,00	46.057.136.655,61
20	55.087.174.824,76	-8.783.115.899,45	0,00	46.304.058.925,32
21	55.402.253.356,19	-8.847.883.282,30	0,00	46.554.370.073,88
22	55.718.499.357,74	-8.914.064.939,05	0,00	46.804.434.418,69
23	55.376.524.516,44	-8.942.292.768,31	0,00	46.434.231.748,12
24	55.688.167.005,84	-8.966.088.082,95	0,00	46.722.078.922,89
25	56.002.622.142,30	-8.990.402.252,71	0,00	47.012.219.889,58
26	56.319.722.832,03	-9.014.782.357,46	0,00	47.304.940.474,57
27	56.639.813.501,56	-9.039.228.575,99	0,00	47.600.584.925,58
28	56.962.380.347,93	-9.063.741.087,58	0,00	47.898.639.260,35
29	57.287.849.332,43	-9.088.320.072,03	0,00	48.199.529.260,40
30	57.615.649.450,97	-9.112.965.709,57	0,00	48.502.683.741,40
31	57.946.676.879,40	-9.137.678.180,97	0,00	48.808.998.698,43
32	58.280.325.203,57	-9.162.457.667,46	0,00	49.117.867.536,10
33	58.617.010.799,16	-9.187.304.350,78	0,00	49.429.706.448,38
34	58.956.323.393,46	-9.212.218.413,14	0,00	49.744.104.980,32
35	59.298.891.468,62	-9.237.200.037,27	0,00	50.061.691.431,35
36	59.644.121.715,21	-9.262.249.406,38	0,00	50.381.872.308,83
37	59.992.271.346,59	-9.287.366.704,18	0,00	50.704.904.642,41
38	60.343.574.489,04	-9.312.552.114,88	0,00	51.031.022.374,16

Año	Beneficios	Costos Operación y Mantenimiento	Inversión	Flujo Neto
39	60.697.846.252,58	-9.337.805.823,18	0,00	51.360.040.429,40
40	61.055.106.523,01	-9.363.128.014,29	0,00	51.691.978.508,71
41	61.415.377.471,21	-9.388.518.873,94	0,00	52.026.858.597,27
42	61.778.684.134,87	-9.413.978.588,32	0,00	52.364.705.546,55
43	62.145.472.047,88	-9.439.507.344,17	0,00	52.705.964.703,72
44	62.514.944.682,75	-9.465.105.328,70	0,00	53.049.839.354,05
45	62.887.742.652,54	-9.490.772.729,65	0,00	53.396.969.922,89
46	63.263.687.144,83	-9.516.509.735,26	0,00	53.747.177.409,57
47	63.643.012.654,79	-9.542.316.534,30	0,00	54.100.696.120,50
48	64.025.333.099,49	-9.568.193.316,01	0,00	54.457.139.783,47
49	64.411.087.863,40	-9.594.140.270,19	0,00	54.816.947.593,21
50	64.800.309.675,11	-9.620.157.587,12	0,00	55.180.152.087,99