



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
INSTITUTO DE ECONOMIA
MAGISTER EN ECONOMIA

TESIS DE GRADO
MAGISTER EN ECONOMIA

Jiménez Montero Susan Vanessa

Julio, 2014



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
INSTITUTO DE ECONOMIA
MAGISTER EN ECONOMIA

Estructura temporal de tasa social de descuento decreciente

Susan Vanessa Jiménez Montero

Comisión

Gonzalo Edwards
Raimundo Soto
Matías Tapia

Santiago, julio de 2014

TESIS DE GRADO
MAGISTER EN ECONOMÍA
Estructura temporal de tasa social de descuento
decreciente

Jiménez Montero, Susan Vanessa

18 de agosto de 2014

Resumen

En este trabajo se construye un método que permite a la administración pública realizar un análisis costo-beneficio de un proyecto de inversión pública bajo el esquema de tasa social de descuento (TSD) decreciente. Se evaluaron las opiniones de economistas y *policy makers* -metodología de Weitzman (2001)- con el objetivo de diferenciar el horizonte temporal de ambos grupos en la implementación de proyectos de inversión pública.

Se encuentra que los economistas consideran una TSD promedio del 5.9%, mientras que los *policy makers* una del 7.3%. Los resultados sugieren que los economistas se inclinan por una mayor equidad intergeneracional en la aprobación de proyectos de inversión pública, mientras que los *policy makers* tienen un menor horizonte temporal que los conduce a la implementación de proyectos públicos que buscan beneficios inmediatos sin consideraciones de largo plazo.

Se evaluaron dos proyectos de inversión pública específicos. La comparación se hizo con el VAN calculado con la TSD constante del 12%. Se encontró que al usar la estructura temporal de TSD decreciente para la evaluación del proyecto de la carretera San José-San Ramón el VAN se incrementó en 15 y 11 veces con el criterio de economistas y *policy makers*, respectivamente. El proyecto del tren interurbano es socialmente viable cuando se evaluó con la estructura de TSD decreciente derivada de este estudio. De acuerdo a la TSD constante del 12% este proyecto no era viable socialmente.

Finalmente, se recomienda que Costa Rica adopte una estructura temporal de tasa social de descuento decreciente, que parte de 6% para flujos entre 0 y 9 años hasta llegar a 1% para flujos mayores a 285 años.

Índice

1. Introducción	4
2. Revisión de la literatura	7
2.1. Críticas a la metodología de Weitzman (2001)	9
2.2. ¿Qué están haciendo otros países en el tema del descuento social?	10
3. Marco teórico	12
3.1. Metodología del descuento gamma de Weitzman (2001)	12
3.2. Máxima verosimilitud para estimar los parámetros α y β de la función gamma	14
3.3. Regla de Ramsey	15
4. Metodología	16
4.1. Recopilación de los datos	16
4.2. Tratamiento de los datos	18
5. Resultados	21
5.1. Tasa social de descuento de largo plazo para Costa Rica	21
5.2. Evaluación del proyecto de la carretera San José-San Ramón	24
5.3. Evaluación del proyecto del tren interurbano en el área metropolitana	25
5.4. Equivalencia entre la metodología de Weitzman (2001) y la regla de Ramsey .	27
6. Conclusiones y recomendaciones	30
7. Anexo	35
7.1. Encuesta enviada a economistas y <i>policy makers</i>	35
7.2. Detalle del número de respuestas según subgrupo	37

Índice de cuadros

1.	Número de encuestas enviadas por entidad para cada grupo	17
2.	Tasa de respuesta según grupo de encuestados	21
3.	Número de respuestas según rangos de tasa social de descuento	21
4.	Tasa social de descuento instantánea según grupo	22
5.	Tasa social de descuento decreciente escalonada según grupo para cada período	23
6.	Estimación del VAN para el proyecto de la carretera San José-San Ramón . . .	25
7.	Estimación del VAN para el proyecto del tren interurbano	27
8.	Estimación de parámetros de regla de Ramsey	29
9.	Tasa de descuento social interanual recomendada	31
10.	Número de respuestas según subgrupo encuestado	37

Índice de figuras

1.	Ejemplo de cómo se elige la tasa de descuento interanual	19
2.	Tasa de descuento instantánea	23

1. Introducción

El objetivo del análisis costo-beneficio es proporcionar un procedimiento consistente para la evaluación social de proyectos de inversión pública en términos de consecuencias sociales futuras.

La tasa social de descuento (TSD) que utiliza este análisis es un elemento fundamental en la evaluación de proyectos de inversión pública, ya que trata de integrar la dimensión social en la valoración de los beneficios y costos futuros frente a los actuales y resume las opiniones de la sociedad por el consumo presente con respecto al consumo futuro.

Se requiere que las decisiones de inversión pública sean evaluadas utilizando una tasa de descuento que represente en qué medida, desde el punto de vista social, un beneficio presente es más o menos valioso que ese mismo beneficio obtenido en el futuro. Como menciona Aylward y Porras (1998), Cruz y Muñoz (2005) y Correa (2008), los enfoques tradicionales de tasa de descuento social constante y la del costo de oportunidad social del capital son conflictivos, pues por ambos métodos se obtienen altas tasas de descuento que van en detrimento de la conservación del medio ambiente, los recursos naturales y proyectos de inversión pública en infraestructura, ya que establecen un mayor valor al uso y consumo actual que al uso y consumo futuro de dichos recursos, repercutiendo en el bienestar sostenible de un país.

Con respaldo en la evidencia sobre los efectos adversos de algunos enfoques, las propuestas sobre tasas de descuentos decrecientes han aumentado considerablemente. Muchos países han adoptado o están migrando hacia estructuras de descuento decrecientes, o bien, hacia sistemas que permitan diferenciar entre proyectos de corto y largo plazo.

En la literatura se ha dado una discusión importante sobre cuál debería ser la TSD de largo plazo para la valoración de proyectos de inversión pública. Costa Rica es uno de los países que aún utiliza un enfoque tradicional de TSD constante del 12%¹ para descontar flujos de beneficios y costos de los proyectos de inversión pública. Cabe señalar que ésta tasa no cuenta con ningún estudio técnico previo que la justifique.

Este trabajo tiene alcances de política económica, ya que introduce un método que permite determinar la tasa de interés con la cual se puede realizar un análisis costo-beneficio de un proyecto de inversión pública bajo un esquema de tasa social de descuento decreciente. Lo anterior se motiva en que la utilización de un esquema de tasa social de descuento constante como el actual, introduce un sesgo contra el futuro que reduce los beneficios que podrían disfrutar las generaciones futuras en caso de no aprobarse un determinado proyecto de inversión pública o bien, aprobarse proyectos que lleven a un menor bienestar futuro.

¹Guía metodológica general para la identificación, formulación y evaluación de proyectos de inversión pública, Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (2010).

La utilización de una tasa social de descuento adecuada permitirá a la administración pública evaluar los costos y beneficios presentes y futuros de las propuestas de inversión y saber identificar una cartera equilibrada de proyectos de inversión financiada con recursos públicos que serán socialmente viables.

El objetivo de este trabajo es proporcionar una metodología práctica que se focaliza en calcular una tasa social de descuento decreciente usando una función de probabilidad específica -función gamma- planteada por Weitzman (2001), para que sea utilizada por la administración pública en la evaluación de proyectos de inversión pública de largo plazo (con impacto intergeneracional). El método desarrollado difiere de la mayoría de la literatura sobre el tema.

Primero, en contraste con Weitzman (2001), se logra diferenciar las opiniones de dos grupos, *policy makers* y economistas. Y segundo, la encuesta elaborada permite obtener rangos de tasas de interés para cada encuestado, de las cuales, por medio de máxima verosimilitud se obtiene la media y varianza de los datos. De estas variables se construye la estructura de TSD decreciente en el tiempo sin necesidad de recurrir a un mercado que no aporta información sobre el futuro.

El método presentado en este trabajo permite responder varias interrogantes.

Por ejemplo, coinciden las opciones de economistas y *policy makers* en cuanto a qué tasa de descuento se debe utilizar para la valoración de proyectos de inversión pública. En ocasiones las decisiones de los *policy makers* están determinadas por elementos de la actividad política, las cuales pueden reflejar el poder cambiante de grupos de interés especial. Esto lleva a que los objetivos de los *policy makers* entren en conflicto con el bienestar público. Es por esto, que se considera importante contrastar la opinión de éstos con la de economistas que por el contrario opera en base a ciertos objetivos para el logro del máximo bienestar general.

Difieren los resultados de valoración de dos proyectos de inversión pública específicos. La comparación se realiza usando los resultados obtenidos del Valor Actual Neto (VAN) para cada proyecto con el esquema actual para Costa Rica (TSD constante de 12 %) y la estructura de tasa social de descuento decreciente propuesta en este trabajo. Esto con la finalidad de preguntarse qué efecto tendría en la decisión de aprobar o no estos proyectos.

Son equivalentes las metodologías de Weitzman (2001) y la regla de Ramsey para la derivación de la tasa social de descuento. La ausencia de consenso sobre cuál es la mejor metodología para la valoración de proyectos de inversión de largo plazo abre la discusión sobre la importancia de comparar el método propuesto en este trabajo con, por ejemplo, la regla Ramsey que es de las más usadas en la determinación de este precio social.

El trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 2 se hace una revisión de la literatura. La sección 3 se describe el marco teórico de la estimación de la tasa social de

descuento decreciente. La sección 4 se describe la metodología. En la sección 5 se analizan los resultados obtenidos y se aplica el método propuesto en dos proyectos de inversión pública para Costa Rica y finalmente en la sección 6 se presentan conclusiones y recomendaciones.

2. Revisión de la literatura

La tasa social de descuento se puede definir como aquella que refleja la valoración relativa de una sociedad sobre el bienestar de hoy en comparación con el bienestar en el futuro. La eficiencia económica requiere que la TSD mida el costo marginal de oportunidad social de los fondos asignados a la inversión pública². La importancia de una buena estimación para la TSD se evidencia con la creciente literatura sobre este tema.

Este trabajo se relaciona con diferentes aspectos de la literatura. En primer lugar, está estrechamente ligado al enfoque de tasa social de descuento decreciente en el tiempo. Dentro de este enfoque están quienes argumentan que los individuos tienen preferencias decrecientes en el tiempo como los trabajos de Cropper et al. (1991), Weitzman (2001), Almansa y Calatrava (2001), Newell y Pizer (2003), Cruz y Muñoz (2005), Gollier (2002)³, Edwards (2002), Correa (2008) y Almansa y Martínez (2008).

Newell y Pizer (2003) afirman que es la incertidumbre la que conduce a tasas decrecientes en el tiempo. Para esto utilizan una base de datos de doscientos años para la tasa de interés de Estados Unidos. Con modelos de paseo aleatorio y media inversa calculan la tasa de equivalente cierto, la cual resume el efecto de la incertidumbre y mide la tasa de descuento adecuada hacia adelante en el futuro. Estos autores junto a Cropper y Laibson (1999) y Cropper et al. (1991) argumentan que las personas descuentan a tasas interanuales mayores los flujos más cercanos y a tasas interanuales menores los flujos más lejanos, es decir descuentan el futuro en forma hiperbólica.

Por su parte, el Tesoro del Reino Unido, en el *Green Book*, valida la evidencia de que la incertidumbre en el futuro favorece las tasas de descuento decrecientes y recomienda utilizar este enfoque para horizontes mayores a 30 años, que van desde 3.5 % hasta 1 % para horizontes de más de 300 años. Gollier et al. (2008) utilizan para su estimación empírica un modelo univariado (*regime-switching*) con datos históricos que describen la dinámica estocástica de la tasa de interés real y estiman un esquema de tasas de descuento decrecientes consistente con la teoría para los países analizados.

El apoyo a la evidencia empírica con respecto al enfoque de descuento decreciente, también lo da el estudio realizado por Almansa y Martínez (2008). Estos autores utilizan la técnica *Delphi*⁴ para indagar sobre el apoyo de un panel de expertos a los distintos enfoques y posturas sobre temas de descuento y evaluación de proyectos públicos en el largo plazo. Por medio de

²Para más detalle ver Zhuang et al. (2007).

³En una posterior investigación Gollier (2003) demuestra tasas crecientes en el tiempo, lo cual dio origen al llamado “*puzzle Weitzman- Gollier*”. Para más detalle ver Gollier y Weitzman (2010).

⁴El método Delphi es descrito como una técnica de previsión grupal que se nutre del juicio de expertos. Se realiza una consulta a un grupo de expertos en el tema a tratar de forma individual y anónima por medio de encuestas.

este panel de expertos encuentran un apoyo mayoritario al esquema de descuento decreciente en función del horizonte temporal (86 % de los expertos opinó que era el mejor enfoque).

Otro estudio empírico es el de Pearce y Ulph (1995), que estiman una tasa de descuento social para el Reino Unido. Los estudios del Tesoro en 1991 habían acordado recomendar dos tasas, una del 6 % para proyectos del sector público y otra del 8 % como una tasa promedio de rendimiento requerida. Los autores hacen una nueva revisión y concluyen que las tasas oficiales en ese momento eran superiores a cualquier tasa razonable y sostenible. Los autores dan como su mejor estimación una tasa del 2.4 % y un rango para una tasa de descuento social creíble entre 2 % y 4 %. Con esto concluyen que la disparidad de tasas entre las oficiales y las estimadas por ellos lleva a implicancias importantes de política.

De manera general, la literatura señala dos enfoques como los más usados para derivar la tasa social de descuento: el enfoque de Costo de Oportunidad Social del Capital (COSC) y el enfoque de la Tasa Social de Preferencia Intertemporal (TSPI). También es usado el enfoque de Promedio Ponderado, asociado a Harberger, recomendado por los Bancos de Desarrollo Multilateral.

El enfoque TSPI admite una tasa social de descuento como una que resume las preferencias por consumo del conjunto de la sociedad, tanto presentes como futuras. Por otro lado, el enfoque del COSC considera que esta tasa debe reflejar la rentabilidad de un proyecto público para financiar la mejor inversión alternativa; esto es, que los fondos que destina el gobierno a la inversión deben provenir ya sea de inversiones alternativas o de menor consumo presente. Se argumenta que estos dos enfoques son conflictivos desde el punto de vista ambiental, pues por ambos se llega a altas tasas de descuento en detrimento de la conservación del medio ambiente y los recursos naturales, estableciendo un mayor valor al uso y consumo actual que al uso y consumo futuro de estos recursos (Cruz y Muñoz, 2005).

Como se mencionó anteriormente, se ha dado una amplia discusión sobre cómo deberían los gobiernos descontar costos y beneficios de los proyectos públicos, en especial aquellos que afecten a las generaciones futuras. En Arrow et al. (2013) se discute sobre cuál debe ser la mejor forma de descontar beneficios y costos en un contexto intergeneracional. Este panel de expertos plantea la discusión con tres preguntas.

La primera tiene que ver con el uso de la fórmula de Ramsey; aquí la pregunta es cómo debería ser parametrizada esta fórmula. Para esto plantean dos enfoques, uno prescriptivo y otro descriptivo. El primero, toma a los parámetros como representaciones de las decisiones políticas. El segundo enfoque, basa sus estimaciones en las tasas de retorno del mercado. La crítica a este segundo método es que incluso los activos de más largo plazo, como los bonos a 30 años, pueden estar reflejando preferencias intrageneracionales en lugar de intergeneracionales. Todavía no hay consenso sobre cómo debe ser parametrizada la regla de Ramsey.

La segunda pregunta se refiere al uso de un esquema de tasas de descuento decrecientes. Se discute cómo podría el resultado de este esquema de tasas ser reflejado en el análisis de costo-beneficio, además de si debería ser estimado por modelos teóricos y/o simulaciones y si estas pueden ser estimadas empíricamente. La tercera pregunta se relaciona con la evaluación de costos y beneficios intra e intergeneracionales dentro de una reglamentación o normativa. Para ésta los expertos ven claramente inapropiado descontar beneficios y/o costos que ocurren en el mismo año futuro al presente a tasas de descuento diferentes.

Este estudio sigue la metodología desarrollada por Weitzman (2001), diferenciando dos aspectos. Primero, distingue entre dos grupos de encuestados en lugar de sólo preguntar a economistas. Con el fin de diferenciar el horizonte temporal de cada grupo en la implementación de proyectos de inversión pública. Segundo, se cambia el tipo de pregunta que se hace a los encuestados. Esto para no asumir que los encuestados saben qué es una TSD.

2.1. Críticas a la metodología de Weitzman (2001)

Algunas de las críticas a esta metodología las da Dasgupta (2001). El autor (citado en Edwards (2002)) plantea dos críticas. Primero, el supuesto de tasa constante cuando es perfectamente posible pensar que la tasa pueda ser incluso negativa en el muy largo plazo. Segundo, luego de “obligar” a cada economista encuestado a dar un solo número por razones prácticas Weitzman hace malabarismos matemáticos para “probar” que la tasa es decreciente. Según Dasgupta, “el consejo que los economistas le dan a los tomadores de decisiones de política toma esta forma sólo cuando su investigación se hace a partir de curiosidades matemáticas, no economía”.

En relación con la primera crítica, de acuerdo con Edwards (2002), Weitzman se hace cargo de ella en su trabajo. Dice Weitzman: “En la medida que algunos miembros del panel crean en tasas de descuento decrecientes, las conclusiones básicas de este trabajo sólo se reforzarían. En este espíritu, la principal conclusión puede expresarse como sigue: Aun cuando todos creyeran en una tasa constante, la tasa efectiva de descuento decrece fuertemente en el tiempo”.

En relación con la segunda crítica, el principal artificio matemático no es el uso de la función de densidad gamma, sino la forma de agregar las opiniones diversas acerca de la tasa de descuento a utilizar en proyectos de largo plazo. Weitzman aboga por “promediar” las funciones de descuento en lugar de las tasas de descuento, ya que es equivalente a promediar las distintas percepciones sobre el valor presente de los proyectos. En todo caso, el usar una función gamma a pesar de 3 números negativos y 46 ceros puede ser un “malabarismo” aun cuando gráficamente parece una buena aproximación, de acuerdo con Weitzman (citado en Edwards (2002)).

En Arrow et al. (2013), también se discuten algunas limitaciones de esta metodología. El panel de expertos señala que si existe incertidumbre sobre cuál tasa de descuento futura usar y se

le asignan probabilidades a estas tasas, el resultado será un esquema de tasas de descuento decrecientes. Sin embargo, hay consenso en el panel que asegura que si el desacuerdo entre opiniones es reflejo de un desacuerdo entre preferencias y no de incertidumbre de la economía, no será apropiado usar estos desacuerdos para asignar probabilidades.

2.2. ¿Qué están haciendo otros países en el tema del descuento social?

En esta sección se sigue el análisis realizado por Zhuang et al. (2007). Debido al poco consenso en materia de TSD se observan variaciones importantes en cuanto a política pública de tasa de descuento en diferentes países analizados. Se incluye a Canadá, que utiliza una tasa de 10% basada en el enfoque de COSC. En Estados Unidos, por un lado la oficina de Administración y Presupuesto (OMB por sus siglas en inglés) utiliza una tasa de descuento que se aproxima al enfoque COSC y fue revisada en 1992 por la OMB en 7%. Por otro lado, la Oficina de Presupuesto del Congreso y la Oficina de Contabilidad General (1991) favorecen el uso de tasas de descuento basadas en las tasas de los bonos del gobierno (Lyon (1990), Hartman (1990)), lo cual favorece el enfoque TSPI. La Agencia de Protección Ambiental utiliza un rango de tasas entre el 2% y 3% para proyectos medioambientales, favoreciendo el enfoque de TSPI. Para políticas o proyectos con efectos intergeneracionales, recomiendan hacer un análisis de sensibilidad con el fin de incluir advertencias manifestadas en la literatura con respecto a descontar horizontes de tiempo muy largos.

Para los países de Asia se observan tasas de descuento elevadas. Por ejemplo, basados en el enfoque COSC, Filipinas y Pakistán usan 15% y 12%, respectivamente. India actualmente utiliza una tasa del 12%. Para China, se usa una tasa de descuento social sugerida de 8% para los proyectos a corto y medio plazo, mientras que se recomienda una tasa de descuento inferior al 8% para los proyectos con un horizonte a largo plazo. Por su parte, Australia y Nueva Zelanda utilizan una tasa de descuento social del 8% y 10% respectivamente.

Chile recientemente actualizó su tasa de descuento social para el corto plazo y largo plazo (definido para proyectos con plazo mayor a los 25 años). En el primer caso mediante el enfoque de TSPI⁵ y para el segundo caso siguió un esquema de tasas de descuento decreciente de acuerdo a la metodología de Weitzman (2001)⁶.

Por su parte, Alemania utiliza una tasa del 3%, basada en valores de la tasa real de los bonos del Estado a largo plazo. Asimismo, Noruega ha utilizado una tasa de descuento del 3.5% después de 1998. En 2005 Francia redujo su tasa de descuento de proyectos a 4% basada en

⁵Para más detalle del estudio ver Capablanca Limitada (2013).

⁶Consultar Asesorías e Inversiones Rauquén 2 Ltda. (2014) para más detalle.

el enfoque de TSPI; mientras que Italia utiliza este mismo enfoque con una tasa de descuento del 5 %. España mantiene para diferentes sectores un rango entre 4 % y 6 %. Reino Unido, en el *Green Book* indica que se debe usar una TSPI del 3.5 % para descontar los beneficios y costos futuros de los proyectos públicos con una esperanza de vida inferior a 30 años y luego para proyectos con impacto a muy largo plazo con una vida útil de 31 a 75 años la tasa es de 3 %; 2.5 % con 76 a 125 años; 2 % con 126 a 200 años; 1.5 % con 201 a 300 años; y una de 1 % para proyectos con una vida útil igual o mayor a los 300 años.

Costa Rica utiliza una tasa social de descuento elevada en comparación con la mayoría de los países citados, además de no contar con un respaldo técnico que haga suponer que esta tasa es la socialmente deseable. La tasa usada para evaluar los proyectos de inversión pública es actualmente del 12 % para cualquier proyecto sin importar su plazo.

Finalmente, la experiencia internacional muestra que los países se están moviendo hacia tasas de descuento decrecientes en el horizonte temporal, en especial cuando se habla de proyectos que impactan a las generaciones futuras, como aquellos con impacto medioambiental.

3. Marco teórico

En esta sección se desarrolla el método de Weitzman (2001) sobre el descuento gamma, el cual será implementado en este documento para derivar una estructura temporal de tasas de descuento decrecientes. Por otro lado, se desarrolla la regla de Ramsey para comparar los resultados obtenidos por otros estudios sobre sus parámetros y compararlos con los calculados en este trabajo.

3.1. Metodología del descuento gamma de Weitzman (2001)

Weitzman propone un enfoque teórico que incorpora la distribución de probabilidad. Esto le permite resolver el dilema de la incertidumbre sobre la tasa de descuento que se utiliza en el análisis de costo-beneficio de un proyecto de inversión. Para ello, el autor se basa en una encuesta de opinión realizada a 2.160 economistas, con una única pregunta directa sobre cuál debería de ser la tasa social de descuento que se debe utilizar en la evaluación de proyectos de inversión que tienen el objetivo de mitigar los posibles efectos del cambio climático global.

Esta metodología parte de dos premisas fundamentales:

1. No ha existido jamás, ni habrá en el corto plazo, un consenso en la profesión de economía alrededor de la tasa de descuento que se debe aplicar a los proyectos de largo y muy largo plazo.
2. Para agregar las opiniones o posiciones individuales, lo que se debe promediar son las funciones de descuento y no las tasas de descuento propuestas por cada uno de los agentes económicos⁷.

El método establecido por este autor para estimar la tasa de descuento de largo plazo es relativamente práctico e incorpora lo que se llama incertidumbre irreducible con respecto a las tasas de descuento en el análisis costo-beneficio de largo plazo, agregando las opiniones de diferentes individuos por medio de la función gamma. Este autor plantea que la amplia diversidad de las opiniones con relación a la tasa de descuento significa que la sociedad debería estar utilizando tasas de descuento efectivas que declinen desde un valor medio del 4% anual para el futuro inmediato hasta reducirse, aproximadamente a 0% en el futuro lejano.

⁷Edwards (2002) ilustra esta idea con un ejemplo sencillo: supóngase que dos individuos racionales, ambos con información completa, consideran que la tasa de descuento debe ser 5% y 10%, respectivamente. Si se decide ponderar ambas posiciones de igual manera, entonces un peso en el año 15, equivaldría, en términos de valor presente a $0.5 \cdot (1/1.105)^{15} + 0.5 \cdot (1/1.10)^{15}$ lo cual es diferente a $(1/1.075)^{15}$.

De este modo, el valor presente de los beneficios netos de un proyecto se representa como:

$$VP = \int_0^{\infty} A(t)Z(t)dt \quad (1)$$

donde $A(t)$ es el factor de descuento y $Z(t)$ representa el beneficio neto en el año t . En casos donde la tasa de descuento es constante, el factor de descuento será:

$$A(t) = e^{-\lambda t} \quad (2)$$

Weitzman (2001) simplifica el análisis suponiendo que el factor de descuento, $A_j(t) = e^{-x_j t}$, es decir, la tasa de descuento es constante para cada individuo y además supone a x_j como una variable aleatoria que sigue una distribución gamma, cuya función de densidad es:

$$f(x) = \frac{\beta^a}{\Gamma(a)} x^{\alpha-1} e^{-\beta x} \quad (3)$$

donde α y β son estimadas a partir de los datos⁸ de la siguiente forma:

$$\alpha = \frac{\mu^2}{\sigma^2}; \beta = \frac{\mu}{\sigma^2} \quad (4)$$

De lo anterior, se obtiene que el valor presente de una unidad monetaria de beneficio neto adicional en el momento t será igual a:

$$A(t) = \int_0^{\infty} e^{-xt} f(x) \quad (5)$$

donde $A(t)$ es la función de descuento efectiva para el tiempo t . Lo que indica la ecuación anterior es que lo que se promedia entre los individuos no son las tasas de descuento sino las funciones de descuento. De acuerdo a Edwards (2002), este procedimiento equivale a promediar el valor presente de los beneficios netos generados por los proyectos a las diferentes tasas para cada uno de los individuos.

La tasa de descuento instantánea $R(t)$ es igual a:

$$R(t) = -\frac{A'(t)}{A(t)} \quad (6)$$

⁸El autor indica que μ es la media de los datos y σ^2 la varianza de éstos.

Por lo tanto, para esta distribución de probabilidad gamma, la función de descuento efectiva se define como:

$$A(t) = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} \int_0^\infty x^{\alpha-1} e^{-(\beta+t)x} dx \quad (7)$$

Es un resultado de cálculo que $\int_0^\infty y^{a-1} e^{-by} dy = \frac{\Gamma(a)}{b^a}$; por lo tanto, si se sustituye $a = \alpha$ y $b = \beta + t$, $A(t)$ se transforma en: $A(t) = \left(\frac{\beta}{\beta+t}\right)^\alpha$.

Finalmente, la tasa de descuento instantánea $R(t)$ es igual a:

$$R(t) = \frac{\alpha}{\beta + t} \quad (8)$$

De la igualdad de $R(t)$ se deduce que la agregación de tasas de descuento constantes genera una tasa de descuento decreciente en el tiempo.

3.2. Máxima verosimilitud para estimar los parámetros α y β de la función gamma

La distribución gamma tiene los parámetros $\alpha > 0, \beta > 0, \Gamma(\alpha, \beta)$, que tiene una función de densidad dada por la ecuación (3), donde la función de logverosimilitud de la función gamma es:

$$\log L(\alpha, \beta) = -n \log \Gamma(\alpha) - n \alpha \log \beta + (\alpha - 1) \sum_{i=1}^n \log x_i - \frac{1}{\beta} \sum_{i=1}^n x_i \quad (9)$$

y las ecuaciones de verosimilitud son:

$$0 = \frac{\partial}{\partial \alpha} \log L(\alpha, \beta) = -n \frac{\Gamma'(\alpha)}{\Gamma(\alpha)} - n \log \beta + \sum_{i=1}^n \log x_i \quad (10)$$

$$0 = \frac{\partial}{\partial \beta} \log L(\alpha, \beta) = \frac{1}{\beta} \left(-n\alpha + \sum_{i=1}^n x_i \right) \quad (11)$$

Por lo tanto, de la ecuación (11) se puede despejar β y obtener la relación $\beta = \frac{\alpha}{\mu}$ y sustituyéndola en la ecuación (10) se obtiene $\alpha = \sigma^2 \beta^2$

3.3. Regla de Ramsey

Ha sido frecuente en la literatura que se recomiende para el descuento intergeneracional la TSPI, la cual, como ya se mencionó, es una tasa que resume las preferencias por consumo presente y futuro, del conjunto de la sociedad. Esta tasa ha sido derivada a través de un proceso de maximización de un modelo de crecimiento que la define de la siguiente manera:

$$r_t = \delta + \eta g_t \tag{12}$$

donde, r_t será la tasa de descuento para descontar los beneficios netos en el tiempo t ; la tasa de preferencia intertemporal pura es δ ; η es la elasticidad de la utilidad marginal respecto del consumo y, por último, g_t es la tasa de crecimiento del consumo entre t y el presente.

Para Dasgupta (2001) la ecuación (12) permite derivar la evolución de la tasa de interés. Sin embargo, para Edwards (2002) el proceso de maximización del cual se deriva esta ecuación, lo que está determinando es la evolución óptima del consumo a partir de la tasa de interés y no al revés. En Arrow et al. (2013), el panel de expertos no llegó a un consenso sobre cómo debería ser parametrizada la fórmula de Ramsey empíricamente. Estos autores plantean dos enfoques que permiten cuantificar δ y η .

El primero es el enfoque prescriptivo, donde los parámetros δ y η se toman como representaciones de las decisiones políticas. Por ejemplo, η podría ser inferido de la progresividad de la estructura de impuestos o a través de métodos de preferencias reveladas.

El segundo es el enfoque descriptivo, el cual se basa en las tasas de retornos del mercado para las estimaciones de δ y η . Por ejemplo, proponen inferir r o η de las decisiones en los mercados financieros. Sin embargo, advierten que aun los activos de más largo plazo pueden estar reflejando preferencias intrageneracionales en lugar de intergeneracionales.

4. Metodología

Este trabajo apoya su análisis en la metodología de Weitzman (2001). Se pretende estimar la tasa social de descuento de largo plazo para Costa Rica. La elección de esta metodología se hace bajo la premisa de que hoy no existe un mercado de largo plazo en el cual se pueda hacer uso de una herramienta que lleve a la derivación de esta tasa social.

Una ventaja de esta metodología es que le permite al investigador obtener sus propios datos sin recurrir a otras fuentes como el mercado, del cual, se podría estar recibiendo información de la preferencia intratemporal y no intertemporal, que es lo que este estudio pretende capturar.

Esta sección se divide en dos subsecciones; en una se explica cómo se procedió a obtener los datos y la otra hace referencia a cómo fueron tratados éstos.

4.1. Recopilación de los datos

Para la obtención de los datos se aplicó una encuesta a dos grupos de interés⁹. El primero consta de 328 economistas de Costa Rica, tanto del sector académico como del sector público y privado que no están encargados de la toma de decisiones de política pública en materia de inversión pública. El segundo, de 190 tomadores de decisiones de política pública y otros organismos afines al tema de valoración de proyectos de inversión con impacto ambiental, el cual será llamado el grupo de los *policy makers*. La distribución de encuestados por entidad para este grupo, se hizo con la finalidad de capturar los principales participantes en el uso de este precio social. Este es uno de los cambios que se incorporan a la metodología de Weitzman (2001). Ver Cuadro 1 para más detalle.

⁹Por medio del software Qualtrics, con la licencia de la Escuela de Administración de Negocios de la Pontificia Universidad Católica de Chile se envió la encuesta al correo electrónico de cada persona.

Cuadro 1 – Número de encuestas enviadas por entidad para cada grupo

Entidad	Núm. de encuestas enviadas
Policy makers	
Ministerio de Planificación y Política Económica	11
Contraloría General de la República	4
Ministerio de Hacienda	20
Secretaría Técnica Nacional Ambiental	49
Centro de Investigación en Economía Agrícola y Desarrollo Agroempresarial	24
Soluciones para el Ambiente y Desarrollo	21
Asamblea Legislativa de Costa Rica (diputados)	57
Otros Políticos	2
Ministerio de Relaciones Exteriores	2
Total	190
Economistas	
Profesores de Universidad de Costa Rica (UCR)	44
Instituto de Investigaciones en Ciencias Económicas	14
Profesores de Universidad Nacional	54
Profesores Universidad Latina	14
Profesores Universidad Estatal a Distancia	4
Egresados UCR	143
Banco Central de Costa Rica	35
Superintendencias de Pensiones y Seguros	16
Bancos Comerciales	4
Total	328

Fuente: Elaboración propia.

El otro cambio a la metodología de Weitzman (2001) es la forma en la que fueron elaboradas las preguntas. La encuesta consiste en dos preguntas donde el encuestado deberá elegir entre dos proyectos. Se harán variar algunas características como el horizonte de tiempo del proyecto y los beneficios que se esperan de éste. Ver sección 7.1 del anexo para detalles de la encuesta.

Esta forma de pregunta permite derivar rangos de tasas de descuento en los cuales se van a clasificar las respuestas de los encuestados. La decisión de hacer este cambio en la pregunta y no la usada por Weitzman (2001), Edwards (2002) y Correa (2008), se debe al poco conocimiento que en general se tiene sobre la tasa de descuento.

La elección de los rangos en los que se enmarcan las preguntas responde en primer lugar, a un estudio previo sobre la tasa social de descuento para Costa Rica. Mora (2010)¹⁰ llega a la recomendación de una regla de decisión. La TSD recomendada la acota entre 3.7% y 7.2%. Proyectos cuyo rendimiento social esté entre 3.7% y 7.2% serán socialmente deseables. De igual forma a este trabajo, Mora (2010) concluye que la TSD en Costa Rica no responde a

¹⁰Proyecto de tesis para optar al grado académico de Licenciado en la Universidad de Costa Rica.

ningún análisis técnico para el país sino que es parte de la experiencia establecida con los organismos financieros internacionales, con la consecuencia de que la utilización de una tasa social de descuento obsoleta podría impedir la aprobación de algunos proyectos de inversión pública importantes.

En segundo lugar, estudios internacionales han recomendado diferentes tasas sociales de descuento. Entre estos estudios se encuentra el de López (2008) para América Latina. El autor indica que para períodos con tasa de crecimiento económico bajo la tasa social de descuento debe estar entre 3% y 4% y para períodos de alto crecimiento económico se deben evaluar proyectos con tasas entre 5% y 7%.

Con base en la evidencia anterior, 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%.

Por ejemplo, si una persona respondió que elige el proyecto que genera beneficios valorados en 65 millones de dólares dentro de 50 años sobre el proyecto que genera 20 millones de dólares en 25 años se tiene entonces:

$$20e^{(-25r)} < 65e^{(-50r)} \implies r < 4,7\% \quad (13)$$

Si este individuo respondió en la siguiente pregunta que elige el proyecto que genera 45 millones de dólares en 50 años sobre el que genera 20 millones en 25 años, se obtiene que:

$$20e^{(-25r)} < 45e^{(-50r)} \implies r < 3,2\% \quad (14)$$

Por lo tanto, la respuesta de este individuo, $r < 3.2\%$, se ubica en el primer rango de TSD propuesto.

Por otra parte, la encuesta permitió evaluar cómo los encuestados esperan que sea la tasa de crecimiento anual del ingreso real per cápita para Costa Rica en el largo plazo. La finalidad de esto es aplicar la regla de Ramsey, desarrollada en la sección 3.3 y ver si los parámetros son razonables con lo estimado por otros estudios. Esto permite responder a la interrogante de si la metodología de Weitzman (2001) y la regla de Ramsey son equivalentes para obtener la tasa social de descuento para un país específico.

4.2. Tratamiento de los datos

Con las respuestas obtenidas para cada encuestado -ejemplo de la sección 4.1- usando máxima verosimilitud se estiman los parámetros α y β de la distribución gamma. A partir de las

siguientes relaciones:

$$\alpha = \frac{\mu^2}{\sigma^2}; \beta = \frac{\mu}{\sigma^2} \quad (15)$$

se obtienen la media (μ) y la desviación estándar (σ) de los datos:

$$\mu = \frac{\alpha}{\beta}; \sigma = \frac{\sqrt{\alpha}}{\beta} \quad (16)$$

Por su parte, la tasa de descuento instantánea se obtiene de la relación:

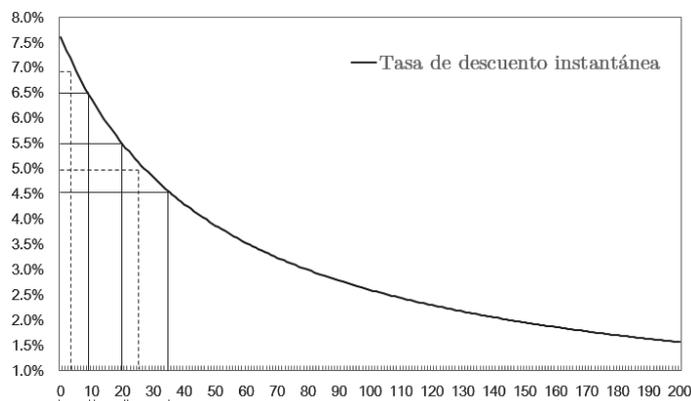
$$R(t) = \frac{\alpha}{\beta + t} \quad (17)$$

donde para $t = 0$ lo que se tiene es la media de los datos.

En la sección 5 de este trabajo se dan ejemplos sobre el cálculo e interpretación de estas relaciones.

A partir de la tasa instantánea de descuento se calcula la tasa social de descuento interanual decreciente. El procedimiento es el siguiente: se discretizan las tasas instantáneas de descuento y se buscan los momentos en t en que la tasa instantánea discreta sea, por ejemplo, 6.5 %, 5.5 %, 4.5 %, ..., (en este caso, se desciende de 1 % en 1 %) y se selecciona una tasa intermedia entre los rangos de tasas instantáneas discretas seleccionadas. Por ejemplo, en la Figura 1, para el rango entre 7.5 % ($t = 0$) y 6.5 % ($t = 10$) la tasa interanual usada para descontar los flujos de 0 a 10 años será de 7.0 %. De igual forma, para el rango entre 5.5 % ($t = 20$) y 4.5 % ($t = 35$) la tasa interanual usada de 21 a 35 años será de 5.0 %. La Figura 1 muestra la correspondiente representación gráfica del ejemplo anterior.

Figura 1 – Ejemplo de cómo se elige la tasa de descuento interanual



Fuente: Elaboración propia.

Para responder a la interrogante planteada en este estudio sobre la equivalencia de la regla de Ramsey con la metodología de Weitzman (2001) se requiere estimar los parámetros de la regla de Ramsey con la siguiente información: (i) la media (μ_g) y la desviación estándar (σ_g) de la tasa de crecimiento del ingreso real per cápita y (ii) la media (μ_r) y la desviación estándar (σ_r) de la TSD derivadas de la ecuación (16).

Para obtener el valor del parámetro δ se parte de la siguiente ecuación:

$$\sigma_r = \eta\sigma_g \quad (18)$$

La cual puede ser reescrita como:

$$\eta = \frac{\sigma_r}{\sigma_g} \quad (19)$$

Este valor de η se reemplaza en la siguiente ecuación:

$$\mu_r = \delta + \eta\mu_g \quad (20)$$

Por último, el valor de δ está dado por:

$$\delta = \mu_r - \eta\mu_g \quad (21)$$

En la sección 5.4 se desarrolla con detalle la equivalencia entre la metodología Weitzman (2001) y la regla de Ramsey.

5. Resultados

5.1. Tasa social de descuento de largo plazo para Costa Rica

La encuesta se envió a un total de 518 personas de la cual se obtuvo una tasa de respuesta total del 43%. Por grupo encuestado, se obtuvo una tasa de respuesta del 50% para el grupo de economistas y del 32% para el grupo de los *policy makers* (Cuadro 2). En el Cuadro 10 de la sección 7.2 del anexo se detalla el número de respuestas por subgrupos.

Cuadro 2 – Tasa de respuesta según grupo de encuestados

	Economista	Policy maker	Total
Encuestados	328	190	518
Tasa de respuesta	50 %	32 %	43 %

Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos de la encuesta.

El Cuadro 3 muestra que en términos generales el mayor número de respuestas se ubicaron en los rangos de tasas sociales de descuento más altas. Los rangos de 4.7% a 6.8% y mayor al 6.8% concentraron el mayor número de respuestas: un total de 154 de 223.

Este comportamiento se mantuvo para cada grupo por separado. Los *policy makers* tienen 46 de 60 de sus respuestas entre estos dos rangos. Para los economistas este número fue de 108 de 163 de sus respuestas.

Para el rango de tasa más bajo (menor a 3.2%), un total de 27 economistas cree que se debe descontar a una tasa menor al 3.2%, mientras que para los *policy makers* fueron sólo 7 personas las que apoyaron ese rango de tasa social de descuento. Ver detalle en Cuadro 3.

Cuadro 3 – Número de respuestas según rangos de tasa social de descuento

	Menor a 3.2%	Entre 3.2% y 4.7%	Entre 4.7% y 6.8%	Mayor a 6.8%	Total
Policy Makers	7	7	17	29	60
Economistas	27	28	57	51	163
Total	34	35	74	80	223

Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos de la encuesta.

Para determinar la TSD es necesario hacer máxima verosimilitud y obtener un valor para α y β de la función gamma. Para el caso de los economistas se obtuvo un $\alpha= 4.689$ y un $\beta=78.883$.

Con estos valores se deriva una TSD promedio de 5.9 % ($\mu=4.689/78.883=0.0594$) con una desviación del 2.7 % ($\sigma=\sqrt{4.689/78.883}= 0.0274$).

Para el caso de los *policy makers* se obtuvo un $\alpha=3.951$ y $\beta=53.862$. La TSD promedio fue de 7.3 % ($\mu=3.951/53.862=0.0733$) con una desviación estándar del 3.7 % ($\sigma=\sqrt{3.951/53.862}=0.037$).

Las tasas de descuento instantáneas encontradas para cada uno de los grupos estudiados se muestran en el Cuadro 4. Se observa que la tasa de descuento instantánea de los *policy makers* es superior a la que proponen los economistas para casi cualquier horizonte de t . Esto puede interpretarse como que los *policy makers* prefieren apoyar proyectos de inversión pública que generen beneficios en el corto plazo en detrimento de aquellos proyectos con beneficios para las generaciones futuras. En parte esto se puede explicar porque los *policy makers* actúan bajo criterios de maximización de su bienestar individual, por encima del supuesto interés común¹¹.

Cuadro 4 – Tasa social de descuento instantánea según grupo

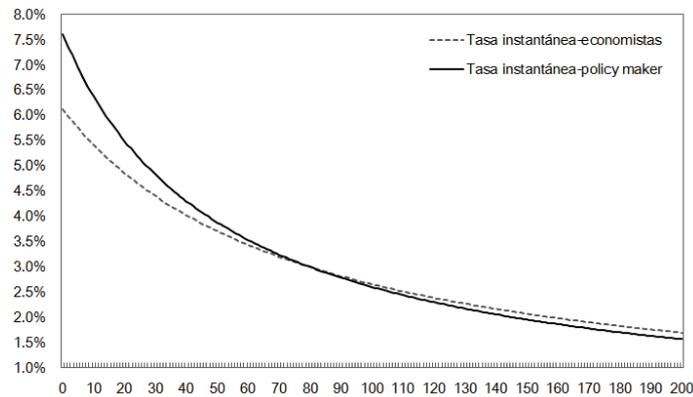
t	<i>Policy makers</i>	Economistas
0	7.3 %	5.9 %
2	7.1 %	5.8 %
4	6,8 %	5.7 %
6	6.6 %	5.5 %
8	6.4 %	5.4 %
10	6.2 %	5.3 %
30	4.7 %	4.3 %
50	3.8 %	3.6 %
100	2.6 %	2.6 %
300	1.1 %	1.2 %
500	0.7 %	0.8 %

Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos de la encuesta.

La siguiente figura muestra cómo las tasas de descuento instantáneas discretas son menores para el caso de los economistas hasta el período 80, donde se igualan y a partir de ahí la relación se revierte. Esto se presenta porque en la función gamma un mayor σ hace que ésta descienda con mayor rapidez. Como se observa, la tasa de descuento decrece más rápido en el caso de los *policy makers*, quienes presentan una mayor desviación estándar con respecto a la media, 3.7 % en comparación a la desviación de 2.7 % de los economistas.

¹¹Para más detalle de esta discusión ver Buchannan y Tullock, *The calculus of consent*, 1963

Figura 2 – Tasa de descuento instantánea



Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos de la encuesta.

Otra forma de interpretar los resultados es derivando las tasas de descuento interanuales como se explicó en la sección 4.2. Con éstas se hace más simple el descontar los flujos de beneficios netos anuales. De esta forma, para el grupo de economistas los primeros años (de 0 a 5 años) se descontará a una tasa del 6.0 % anual. La TSD continúa descendiendo hasta llegar una TSD del 1.0 % para los flujos mayores a 300 años. Para el caso de los *policy makers* la TSD parte del 7.5 % para los flujos entre 0 y 7 años y desciende a 1.0 % para flujos mayores a los 265 años. En el Cuadro 5 se detalla la estructura de TSD decreciente para cada grupo.

Cuadro 5 – Tasa social de descuento decreciente escalonada según grupo para cada período

Período	Tasa interanual discreta	Período	Tasa interanual discreta
<i>Policy makers</i>		Economistas	
0-7	7.5 %	0-5	6.0 %
8-11	6.5 %	6-13	5.5 %
12-17	6.0 %	14-22	5.0 %
18-24	5.5 %	23-34	4.5 %
25-32	5.0 %	35-49	4.0 %
33-41	4.5 %	50-68	3.5 %
42-54	4.0 %	69-94	3.0 %
55-70	3.5 %	95-132	2.5 %
71-92	3.0 %	133-192	2.0 %
93-124	2.5 %	193-300	1.5 %
125-174	2.0 %	301 en adelante	1.0 %
175-265	1.5 %		
266 en adelante	1.0 %		

Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos de la encuesta.

5.2. Evaluación del proyecto de la carretera San José-San Ramón

Se considera la evaluación del proyecto de la carretera San José-San Ramón elaborado por el *Credit Agricole Corporate and Investment Bank* para el Consejo Nacional de Concesiones (CNC), el cual es un órgano adscrito al Ministerio de Obras Públicas y Transportes¹². Con este ejercicio se intenta capturar como cambia la evaluación de este proyecto de inversión pública usando la estructura temporal de TSD decreciente propuesta en este trabajo para ambos grupos encuestados.

En el primer caso, se utiliza la TSD del 12% anual para calcular el VAN del proyecto. El resultado fue de un VAN=39,393 dólares. En el segundo caso, se calcula el VAN con la estructura de TSD decreciente derivada del criterio de economistas, el cual dio como resultado un VAN=588,773 dólares. Con la TSD decreciente derivada del criterio de los *policy makers* el resultado fue de un VAN=436,763 dólares.

Los resultados muestran que con la TSD actual se obtiene un VAN positivo, sin embargo la estructura de TSD decreciente de los economistas eleva el valor del VAN en 15 veces. También se puede observar que con el criterio de los *policy makers* se obtiene un VAN positivo 11 veces mayor. Es decir, con las tres formas se califica al proyecto como socialmente deseable, sin embargo, el uso de la TSD del 12% podría estar subvalorando los beneficios sociales del proyecto.

El detalle de los flujos de beneficio neto del proyecto, así como el factor de descuento usado bajo cada criterio se detalla en el Cuadro 6.

¹²Modelo San José-San Ramón-Final (2013), <http://www.cnc.go.cr/content/proyectos/concesionados/sj-sanramon/sjosanramon.html> [Consultado:Jueves, 07 de agosto de 2104]

Cuadro 6 – Estimación del VAN para el proyecto de la carretera San José-San Ramón

t	Beneficio neto no descontado	Beneficio neto descuento al 12 %	Tasa interanual economista	Factor de descuento	Beneficio neto economista	Tasa interanual <i>policy</i>	Factor de descuento	Beneficio neto <i>policy</i>
	Valor actual neto¹³	39,393			588,773			436,763
0			0.060	1		0.075	1	
1	(3,448.96)	(3,079)	0.060	0.94	(3,254)	0.075	0.93	(3,208)
2	(312,160)	(248,852)	0.060	0.89	(277,821)	0.075	0.87	(270,122)
3	(178,232)	(126,862)	0.060	0.84	(149,647)	0.075	0.80	(143,470)
4	17,940	11,401	0.060	0.79	14,210	0.075	0.75	13,434
5	62,853	35,665	0.060	0.75	46,968	0.075	0.70	43,781
6	65,804	33,338	0.055	0.71	46,609	0.075	0.65	42,639
7	68,679	31,067	0.055	0.67	46,110	0.075	0.60	41,397
8	57,500	23,223	0.055	0.64	36,591	0.065	0.57	32,543
9	74,458	26,850	0.055	0.60	44,913	0.065	0.53	39,569
10	78,167	25,168	0.055	0.57	44,692	0.065	0.50	39,004
11	82,587	23,742	0.055	0.54	44,758	0.065	0.47	38,695
12	61,892	15,886	0.055	0.51	31,793	0.060	0.44	27,357
13	88,784	20,347	0.055	0.49	43,230	0.060	0.42	37,022
14	82,122	16,804	0.050	0.46	38,082	0.060	0.39	32,306
15	94,862	17,331	0.050	0.44	41,895	0.060	0.37	35,206
16	82,612	13,476	0.050	0.42	34,748	0.060	0.35	28,924
17	100,982	14,707	0.050	0.40	40,452	0.060	0.33	33,354
18	104,427	13,580	0.050	0.38	39,840	0.055	0.31	32,694
19	107,191	12,446	0.050	0.36	38,947	0.055	0.30	31,810
20	81,756	8,475	0.050	0.35	28,291	0.055	0.28	22,997
21	115,946	10,732	0.050	0.33	38,211	0.055	0.27	30,914
22	118,744	9,813	0.050	0.31	37,270	0.055	0.25	30,009
23	122,411	9,032	0.045	0.30	36,766	0.055	0.24	29,323
24	104,056	6,855	0.045	0.29	29,908	0.055	0.23	23,627
25	129,692	7,629	0.045	0.28	35,671	0.050	0.22	28,045
26	129,453	6,799	0.045	0.26	34,072	0.050	0.21	26,661
27	130,077	6,100	0.045	0.25	32,762	0.050	0.20	25,514
28	115,655	4,842	0.045	0.24	27,875	0.050	0.19	21,605
29	128,268	4,795	0.045	0.23	29,584	0.050	0.18	22,820
30	128,033	4,273	0.045	0.22	28,258	0.050	0.17	21,693
31	127,796	3,809	0.045	0.21	26,991	0.050	0.16	20,622

Fuente: Elaboración propia con datos del proyecto San José-San Ramón elaborado por *Credit Agricole Corporate and Investment Bank* para el CNC.

5.3. Evaluación del proyecto del tren interurbano en el área metropolitana

Se evalúa el proyecto del tren interurbano para la gran área metropolitana de la ciudad de San José. El análisis costo beneficio para este proyecto fue elaborado por la empresa Ingeniería y Economía del Transporte (INECO) para el Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica. Al igual que el caso anterior, se estudia el efecto sobre el VAN de cambiar la TSD con la que se avalúa este proyecto de inversión pública.

¹³Los valores entre paréntesis corresponden a valores negativos.

Para este caso, se calculó el VAN bajo los tres escenarios: con la TSD constante del 12%, con la estructura de TSD decreciente derivada del criterio de economistas y bajo el criterio de los *policy makers*.

Con el actual esquema de TSD constante del 12% el proyecto no es socialmente viable, porque su VAN es negativo (VAN=-99,509,118 dólares). Por el contrario, el cálculo del VAN con la TSD decreciente, tanto de economistas como de *policy makers* da como resultado un VAN positivo de aproximadamente 224 millones de dólares y 134 millones de dólares, respectivamente.

Este ejercicio refleja el efecto de pasar de una TSD constante del 12% a una estructura temporal de TSD decreciente. Este estudio sugiere que el proyecto del tren interurbano sí es viable socialmente y no debería ser rechazado como lo sugiere la TSD actual. Sin duda alguna, continuar con el actual esquema de TSD constante implica que algunos proyectos deseables socialmente se dejarían de aprobar. El Cuadro 7 muestra la estimación del VAN para el proyecto del tren interurbano.

Los resultados también muestran que el valor residual del proyecto descontado al 12% suma al VAN aproximadamente 12 millones de dólares. Este monto para el caso de los economistas y los *policy makers* fue de aproximadamente 89 y 68 millones de dólares, respectivamente. Como era de esperarse el actual esquema de TSD constante del 12% reduce en mayor cuantía el valor residual del proyecto en comparación con la estructura de TSD decreciente derivada de este trabajo para ambos grupos.

En el caso de que el valor residual fuera negativo descontar a una tasa del 12% sería equivalente a considerar un escenario optimista para el proyecto. Es decir, se estaría aminorando su costo final. En contraste, el uso de una TSD más baja sería equivalente a considerar un escenario pesimista que iría en detrimento de la aprobación del proyecto. En conclusión, un análisis completo de costo beneficio de un proyecto de inversión debe llevarse a cabo considerando todas las distintas variables, por ejemplo, el valor residual, que puede determinar la decisión de aprobar o no un proyecto.

Cuadro 7 – Estimación del VAN para el proyecto del tren interurbano

t	Beneficio neto no descontado	Beneficio neto descuento al 12 %	Tasa interanual economista	Factor de descuento	Beneficio neto economista	Tasa interanual <i>policy</i>	Factor de descuento	Beneficio neto <i>policy</i>
	Valor actual neto¹⁴	(99,509,118)			224,852,902			134,889,384
0	(56,903,751)	(56,903,751)	0.060	1	(56,903,751)	0.075	1	(56,903,751)
1	(205,203,841)	(183,217,715)	0.060	0.94	(193,588,529)	0.075	0.93	(190,887,294)
2	(11,771,637)	(9,384,277)	0.060	0.89	(10,476,715)	0.075	0.87	(10,186,381)
3	(100,324,266)	(71,408,831)	0.060	0.84	(84,234,188)	0.075	0.80	(80,757,078)
4	28,600,758	18,176,299	0.060	0.79	22,654,479	0.075	0.75	21,416,263
5	28,005,044	15,890,814	0.060	0.75	20,926,998	0.075	0.70	19,507,155
6	33,652,882	17,049,597	0.055	0.71	23,836,390	0.075	0.65	21,805,773
7	34,786,768	15,735,767	0.055	0.67	23,354,998	0.075	0.60	20,967,895
8	35,944,616	14,517,428	0.055	0.64	22,874,265	0.065	0.57	20,343,468
9	37,126,927	13,388,342	0.055	0.60	22,394,937	0.065	0.53	19,730,157
10	38,334,217	12,342,592	0.055	0.57	21,917,700	0.065	0.50	19,128,395
11	39,567,010	11,374,570	0.055	0.54	21,443,178	0.065	0.47	18,538,541
12	39,556,956	10,153,285	0.055	0.51	20,320,122	0.060	0.44	17,484,746
13	41,395,044	9,486,676	0.055	0.49	20,155,768	0.060	0.42	17,261,516
14	25,571,578	5,232,451	0.050	0.46	11,858,212	0.060	0.39	10,059,636
15	44,551,841	8,139,455	0.050	0.44	19,676,056	0.060	0.37	16,534,250
16	26,682,130	4,352,433	0.050	0.42	11,222,861	0.060	0.35	9,341,863
17	39,228,021	5,713,339	0.050	0.40	15,714,125	0.060	0.33	12,956,972
18	48,744,765	6,338,749	0.050	0.38	18,596,554	0.055	0.31	15,260,988
19	50,201,803	5,828,770	0.050	0.36	18,240,407	0.055	0.30	14,897,779
20	51,689,581	5,358,492	0.050	0.35	17,886,646	0.055	0.28	14,539,610
21	46,221,771	4,278,269	0.050	0.33	15,232,921	0.055	0.27	12,323,778
22	36,076,799	2,981,477	0.050	0.31	11,323,360	0.055	0.25	9,117,438
23	50,839,642	3,751,353	0.045	0.30	15,269,805	0.055	0.24	12,178,530
24	57,748,959	3,804,623	0.045	0.29	16,598,119	0.055	0.23	13,112,457
25	59,400,376	3,494,127	0.045	0.28	16,337,576	0.050	0.22	12,845,168
26	25,341,245	1,330,943	0.045	0.26	6,669,758	0.050	0.21	5,219,024
27	62,343,019	2,923,487	0.045	0.25	15,701,953	0.050	0.20	12,228,124
28	64,101,082	2,683,865	0.045	0.24	15,449,518	0.050	0.19	11,974,243
29	65,896,192	2,463,415	0.045	0.23	15,198,250	0.050	0.18	11,723,404
30	23,033,579	768,813	0.045	0.22	5,083,682	0.050	0.17	3,902,703
31	69,347,543	2,066,676	0.045	0.21	14,646,430	0.050	0.16	11,190,407
32	442,688,229	11,779,348	0.045	0.20	89,471,017	0.050	0.15	68,033,606

Fuente: Elaboración propia con datos del proyecto del tren interurbano elaborado por el INECO para el Mideplan.

5.4. Equivalencia entre la metodología de Weitzman (2001) y la regla de Ramsey

Se estudia si la metodología de Weitzman (2001) y la regla de Ramsey son equivalentes para derivar la TSD. La evaluación de esta equivalencia será mediante la estimación y posterior comparación de los parámetros de la regla de Ramsey con estudios previos que los han estimado.

¹⁴Los valores entre paréntesis corresponden a valores negativos.

La tercera pregunta de la encuesta enviada a economistas y *policy makers* permite calcular la tasa de crecimiento anual promedio (μ_g) y desviación estándar (σ_g) del ingreso real per cápita de largo plazo para Costa Rica. Con éstas variables y con el promedio (μ_r) y desviación estándar (σ_r) de la TSD se estiman los parámetros δ y η de la regla de Ramsey.

Como resultado se obtiene que la tasa de crecimiento promedio del ingreso per cápita de largo plazo es de 3.7% con una desviación estándar de 1.6% para el grupo de economistas. Para los *policy makers* se obtuvo una tasa de crecimiento promedio de 3.6% con una desviación estándar del 1.7%.

El parámetro de la elasticidad de la utilidad marginal del consumo presente con respecto al consumo futuro, η , se obtiene de la ecuación (19) desarrollada en la sección 4.2. Para el caso de los economistas $\eta= 1.762$ ($\eta=\sigma_r/\sigma_g= 0.027/0.016=1.762$). Sustituyendo este valor de η en la ecuación (21) se obtiene el valor para la tasa de preferencia intertemporal pura, δ , que para este caso fue de $\delta=-0.487\%$ ($\delta=\mu_r - \eta * \mu_g =0.059-1.762*0.037=-0.00487$).

Para el caso de los *policy makers*, $\eta=2.189$ ($\eta=\sigma_r/\sigma_g= 0.037/0.017=2.189$). De igual forma, para obtener el valor de la tasa de preferencia intertemporal pura, se reemplaza este valor en la ecuación (21). Se obtiene que $\delta=-0.610\%$ ($\delta=\mu_r - \eta\mu_g= 0.073 - 2.189* 0.036 =-0.00487$).

Como se señala al inicio de esta sección, el ejercicio pretende comparar estos resultados con estudios previos que han estimado los parámetros δ y η . El Cuadro 8 muestra algunos de estos estudios. Los valores para δ van desde 0 hasta 1.5% mientras que η oscila en el rango de 0 y 2.

Finalmente, para ambos grupos de encuestados el valor de η se encuentra dentro del rango calculado por estudios empíricos previos ($\eta= 1.762$ para economistas y $\eta=2.189$ para *policy makers*). Por el contrario, los valores obtenidos para el parámetro δ por grupo de encuestado ($\delta=-0.487\%$ para economistas y $\delta=-0.610\%$ para *policy makers*) no concuerda con lo determinado por otros estudios. Es decir, para este caso en particular, no es equivalente la regla de Ramsey con la metodología de Weitzman (2001).

Cuadro 8 – Estimación de parámetros de regla de Ramsey

Parámetros	δ	η
López (2008)	1.0 %	1.1 a 1.9
Stern Review	0.1 %	1.0
Little and Mirrless (1974)	3.0 %	
Kula (1987)	1.2 %	
Scott (1989)	1.3 %	1.0 a 2.0
Pearce and Ulph (1999)	1.1 %	
Kula (2004)	1.3 %	1.64
Evans and Sezer (2004)	1.0 a 1.5 %	1.3 a 1.7
Evans (2005)	1.0 %	1.4
Nordhaus (2007)	1.5 %	2.0
Gollier (2008)	0	2.0
Dasgupta (2008)	0	2.0

Fuente: Elaboración propia.

6. Conclusiones y recomendaciones

En este trabajo se construyó una metodología práctica que se focaliza en calcular una tasa social de descuento decreciente que le permita a la administración pública realizar análisis de costo-beneficio de un proyecto de inversión pública. Agregar las opiniones de los economistas y los *policy makers* acerca de la TSD de largo plazo promediando factores de descuento - modeladas bajo una función gamma- permite generar un proceso en el cual se promedian las diferentes opiniones que tienen estos dos grupos sobre el valor presente de los proyectos de inversión pública.

La metodología constituye una valiosa herramienta que permite eliminar el sesgo contra el futuro, que puede reducir los beneficios de las futuras generaciones en caso de elegirse un proyecto que genere beneficios en el corto plazo en comparación a proyectos que reditúan en el largo plazo. Es decir, esta herramienta permite a las autoridades tomar decisiones de política de una mejor forma en cuanto a qué proyectos de inversión pública priorizar.

El método que se desarrolló difiere de la mayoría de la literatura sobre el tema. Primero, en contraste con Weitzman (2001), se diferenció las opiniones por grupo de encuestados. Es decir, se aplicó la encuesta a un grupo de economistas y a un grupo de *policy makers*. Con esto se pretendió conocer el horizonte temporal de ambos grupos en la implementación de proyectos de inversión pública.

En segundo lugar, preguntando indirectamente sobre la tasa de descuento se abordó la premisa de que las personas desconocen el concepto sobre esta tasa. Esto permitió obtener rangos de tasas de descuento para cada encuestado. Por medio de máxima verosimilitud se obtuvo la media y varianza de estos datos. De esta forma, se logró construir la estructura de tasas de descuento decreciente en el tiempo.

El beneficio de este método en comparación a otros estudios que derivan una TSD de largo plazo, es que evita recurrir a un mercado que no aporta información sobre el futuro. La TSD promedio derivada del criterio de los economistas fue de 5.9% con una desviación estándar de 2.7%. Para los *policy makers* la TSD promedio fue del 7.3% con una desviación estándar de 3.7%.

La menor TSD promedio de los economistas sugiere que éstos se inclinan por una mayor equidad intergeneracional en la aprobación de proyectos de inversión pública. La mayor TSD promedio de los *policy makers* se puede explicar porque éstos pueden tener un menor horizonte temporal que los conduce a la implementación de políticas que buscan beneficios inmediatos sin consideraciones de largo plazo.

Se encontró que al usar la estructura temporal de TSD decreciente para la evaluación del

proyecto de la carretera San José-San Ramón el VAN se incrementó en 15 y 11 veces con el criterio de economistas y *policy makers*, respectivamente. Además, se mostró que el proyecto del tren interurbano es socialmente viable cuando se evaluó con la estructura de TSD decreciente derivada de este estudio. De acuerdo a la estructura de TSD constante del 12% este proyecto no era viable socialmente.

Finalmente, la principal recomendación que se desprende de este estudio es:

Se recomienda que Costa Rica adopte una estructura temporal de TSD decreciente para la evaluación de proyectos de inversión pública de largo plazo. Las tasas sociales de descuento decreciente derivadas de este estudio sugieren que la TSD usada actualmente en Costa Rica es alta. Esto se puede interpretar como que la elección de proyectos a financiar va en detrimento de los beneficios que podrían disfrutar las generaciones futuras. Lo cual resultaría en una cartera de inversión pública sin equidad intergeneracional. La evidencia internacional sugiere que los países están migrando hacia estructuras de TSD decreciente en el tiempo, o bien diferenciando la TSD en proyectos de corto y largo plazo.

Específicamente, este estudio recomienda que el Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica adopte la siguiente estructura de TSD decreciente en el tiempo: una TSD interanual de 6.0% para los flujos desde 0 a 9 años; una tasa de 5.5% para los flujos que van desde los 10 a los 16 años; una de 5.0% para los flujos de 17 a 25 años y así sucesivamente hasta llegar a descontar al 1.0% los flujos que superen los 285 años. El Cuadro 9 detalla la estructura recomendada.

Cuadro 9 – Tasa de descuento social interanual recomendada

Período	Tasa interanual de descuento
0-9	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 %
93-128	2.5 %
129-184	2.0 %
185-285	1.5 %
286 en adelante	1.0 %

Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos de la encuesta.

Futuras investigaciones pueden incorporar un análisis comparativo de diferentes metodologías a la desarrollada en este estudio. Este ejercicio permitiría robustecer los resultados aquí encontrados. Una avenida especialmente útil de explorar es cómo responde la metodología de Weitzman (2001) a variaciones en la función de probabilidad usada o el método mediante el

cual se obtienen los datos.

Referencias

- [1] Almansa, C., y Martínez, J., (2001). “Integración de la dimensión ambiental en la evaluación económica de inversiones: discusión metodológica sobre el análisis coste-beneficio generalizado”, Comunicación presentada al IV Congreso Nacional de Economía Agraria, Septiembre, Pamplona, España.
- [2] Almansa, C., y Martínez, J., (2008). “Acercando posturas sobre el descuento ambiental: Resultados preliminares de un sondeo Delphi a expertos en el ámbito internacional”, Estudios de Economía Aplicada, vol. 26, núm. 2, agosto, 2008, pp. 1-24, Asociación Internacional de Economía Aplicada, España.
- [3] Arrow, K. et al. (2013). “How should benefits and costs be discounted in an intergenerational context”, Resources for the Future, Discussion Paper, Diciembre.
- [4] Buchanan, J., y Tullock, G., (1963). “The calculus of consent: Logical Foundations of Constitutional Democracy”, University of Michigan Press, Ann Arbor.
- [5] Burgess, D., y Zerbe, R., (2011). “Calculating the Social Opportunity Cost Discount Rate”, Journal of Benefit-Cost Analysis. Volume 2, Issue 3, ISSN (Online) 2152-2812, DOI: 10.2202/2152-2812.1106, August 2011.
- [6] Consejo Nacional de Concesiones, (2013). “Modelo San José-San Ramón-Final”, disponible en <http://www.cnc.go.cr/content/proyectos/concesionados/sjsanramon/sjosanramon.html> [Consultado: jueves, 07 de agosto de 2104].
- [7] Correa, F., (2008). “Tasa de descuento ambiental Gamma: una aplicación para Colombia”, Lecturas de Economía, 69 (julio-diciembre), pp. 141-162, Universidad de Antioquia, Colombia.
- [8] Cropper, M., y Laibson, D., (1999). “The Implications of Hyperbolic Discounting for Project Evaluation”, En: Portney, Paul, Weyant, John, Editors, Discounting and Intergenerational Equity, Washington, Resources For the Future.
- [9] Cropper, M., et al. (1991). “Discounting Human Lives”, American Journal of Agricultural Economics, No. 73, pp. 1410-1415.
- [10] Cruz, S., y Muñoz, M. J., (2005). “Some Considerations on the Social Discount Rate”, Environmental Science Policy, No. 8, pp. 343-355.
- [11] Edwards, G., (2002). “La Tasa de Descuento en Proyectos de Inversión de Largo Plazo”. Revista de Análisis Económico, Volumen 17, No. 2, diciembre, pp. 123-141.

- [12] European Commission, Directorate General Regional Policy (2008): Guide to Cost Benefit Analysis of Investment Projects.
- [13] Gollier, C., (2002). “Discounting an uncertain future”, *Journal of Public Economics* 85 (2002) 149166.
- [14] Gollier, C., (2003). “Gamma discounting and expected net future value”, *Journal of Environmental Economics and Management*, Volume 53, Issue 1, January 2007, Pages 99109.
- [15] Gollier, C., (2008). “Should we discount the far-distant future at its lowest possible rate?” Toulouse School of Economics (LERNA and IDEI).
- [16] Gollier, C., and Weitzman, M., (2010). “How Should the Distant Future be Discounted When Discount Rates are Uncertain?”, *Economic Letters*, 107(3). pp. 350-353. ISSN 0165-1765.
- [17] López, Humberto (2008). “The Social Discount Rate: Estimates for Nine Latin American Countries”. Office of the Chief Economist: The World Bank, junio 2008.
- [18] MIDEPLAN, 2010. “Guía Metodológica General de Identificación, Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión Pública para Costa Rica”.
- [19] Newell, R., y Pizer, W., (2003). “Discounting the distant future: how much do uncertain rates increase valuations?”, *Journal of Environmental Economics and Management* 46 (2003) 5271.
- [20] Moore, M., Boardman, A. y Vining, A. (2013). “More appropriate discounting: the rate of social time preference and the value of the social discount rate”, *Journal of Benefit-Cost Analysis*. Volume 4, Issue 1, Pages 116, ISSN (Online) 2152-2812, ISSN (Print) 2194-5888, DOI: 10.1515/jbca-2012-0008, March 2013.
- [21] Pearce, D. y Ulph, D. (1995). “A social discount rate for the United Kingdom”, CSERGE Working Paper GEC 95-01.
- [22] Uk Treasury, “The Greenbook”, Anexo.6, Discount Rate.
- [23] Weitzman, M., (2001). “Gamma Discounting”, *The American Economic Review*, Vol. 91, No. 1 (Mar., 2001), pp. 260-271.
- [24] Zhuang, J., et al.(2007): “Theory and Practice in the Choice of Social Discount Rate for Cost-Benefit Analysis: a Survey”. Asian Development Bank, ERD Working Paper No. 94.

7. Anexo

7.1. Encuesta enviada a economistas y *policy makers*

Encuesta

La información y formato del correo electrónico contiene la siguiente para todos los encuestados:

Estimado Señor(a):

La presente encuesta, de tres preguntas (tomará menos de 5 minutos), tiene por objetivo estimar una tasa social de descuento de largo plazo para proyectos de inversión pública en Costa Rica.

El proyecto está a cargo de la Sra. Susan Vanessa Jiménez Montero, costarricense, estudiante de Magister de Economía de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Las respuestas serán tratadas en forma estrictamente confidencial y las estadísticas se presentarán sólo a nivel agregado, por lo que no se conocerá la respuesta individual de cada encuestado.

Solicito su colaboración accediendo al siguiente enlace:

Acceder a Encuesta

Si deciden ser parte de este estudio, respondiendo la encuesta, podrán tener acceso a los resultados, solicitándolos al correo electrónico svjimenez@uc.cl.

Una vez que las personas accedían al enlace, las preguntas a las cuales se enfrentaron fueron las siguientes:

Pregunta 1

Si usted tuviera que decidir hoy por un proyecto del gobierno que genera beneficios que se pueden valorar en 20 millones de dólares dentro de 25 años y otro que genera beneficios que se pueden valorar en 65 millones de dólares dentro de 50 años. ¿Cuál elegiría?

(a) Proyecto que genera beneficios valorados en 20 millones de dólares dentro de 25 años.

(b) Proyecto que genera beneficios que se pueden valorar en 65 millones de dólares dentro de 50 años.

Si respondió a) pasa a la pregunta 2; si respondió b) pasa a pregunta 3

Pregunta 2

Usted eligió el proyecto que genera beneficios por 20 millones de dólares en 25 años sobre el proyecto que genera 65 millones de dólares en 50 años.

Si los beneficios del proyecto a 50 años subieran a 110 millones de dólares, ¿seguiría eligiendo el proyecto que genera 20 millones de dólares dentro de 25 años?

(a) Sí

(b) No

Pregunta 3

Usted eligió el proyecto que genera beneficios por 65 millones de dólares en 50 años sobre el proyecto que genera 20 millones de dólares dentro de 25 años.

Si los beneficios del proyecto a 50 años disminuyen a 45 millones de dólares, ¿seguiría eligiendo este proyecto?

(a) Sí

(b) No

Pregunta 4 (escriba un porcentaje)

¿Cuál cree usted que será la tasa de crecimiento anual del ingreso real per cápita en Costa Rica en el largo plazo (a partir de 2030)?

7.2. Detalle del número de respuestas según subgrupo

Cuadro 10 – Número de respuestas según subgrupo encuestado

Entidad	Núm. de respuestas
<i>Policy makers</i>	
Ministerio de Planificación y Política Económica	9
Contraloría General de la República	4
Ministerio de Hacienda	13
Secretaría Técnica Nacional Ambiental	3
Centro de Investigación en Economía Agrícola y Desarrollo Agroempresarial	12
Soluciones para el Ambiente y Desarrollo	11
Asamblea Legislativa de Costa Rica (diputados)	5
Otros Políticos	1
Ministerio de Relaciones Exteriores	2
Total	60
Entidad	Núm. de respuestas
Economistas	
Profesores de Universidad de Costa Rica (UCR)	15
Instituto de Investigaciones en Ciencias Económicas	7
Profesores de Universidad Nacional	27
Profesores Universidad Latina	8
Profesores Universidad Estatal a Distancia	4
Egresados UCR	62
Banco Central de Costa Rica	29
Superintendencias de Pensiones y Seguros	10
Bancos Comerciales	1
Total	163

Fuente: Elaboración propia.