

Tasa de descuento ambiental *Gamma*: una aplicación para Colombia

Francisco Correa Restrepo*

–Introducción. –I. Antecedentes del problema. –II. Marco metodológico. –III. Estimación de la tasa de descuento de largo plazo para Colombia. –Conclusiones. –Bibliografía.

Primera versión recibida en enero de 2008; versión final aceptada en septiembre de 2008

Introducción

El análisis costo-beneficio es la principal herramienta para la evaluación socioeconómica de proyectos; la incorporación a la función de bienestar social del objetivo de equidad intergeneracional –que se concreta en el concepto de desarrollo sostenible–, hace que el enfoque tradicional del análisis costo-beneficio se manifieste como una herramienta insuficiente para la evaluación de determinado tipo de proyectos, como los proyectos de mejoramiento y conservación del medio ambiente y aquellos vinculados con el cambio climático global (Almansa y Calatrava, 2001). Así, el intento de armonizar esta herramienta de decisión con la filosofía de la sostenibilidad, implica necesariamente cambios en su contexto analítico. La introducción del objetivo de sostenibilidad obliga a abordar problemas con nuevas características: i) proyectos con una elevada proporción de externalidades, es decir, que la mayoría de sus efectos no pasan por el mercado y por tanto, no tienen un precio, aunque sí un valor para la sociedad, tales son los beneficios y costos ambientales; y ii) proyectos cuyos efectos tienen repercusiones importantes a nivel intergeneracional, al extenderse a lo largo de un amplio horizonte temporal.

* Francisco Correa Restrepo: Profesor e investigador y coordinador del Grupo de Economía Aplicada –GEA–, Programa de economía, Universidad de Medellín. Dirección electrónica: fcorrea@udem.edu.co. Dirección postal: apartado aéreo 1983, Medellín, Colombia. Este artículo es producto de la investigación “La tasa de descuento de largo plazo para Colombia” financiada por la Vicerrectoría de investigaciones de la Universidad de Medellín. Agradezco los importantes comentarios del profesor Sergio Orrego a la versión preliminar y las recomendaciones de los evaluadores anónimos de Lecturas de Economía.

En particular, la ampliación del ámbito de aplicación del análisis costo-beneficio a proyectos cuyos efectos –en gran medida asociados directamente al medio ambiente y los recursos naturales– tienen una considerable repercusión intergeneracional, ha suscitado la necesidad de una revisión profunda de las bases teóricas que sustentan los enfoques tradicionales del descuento, ya que ahora se debaten decisiones cuya repercusión se extenderá a lo largo de un futuro distante y, en ocasiones, muy distante –escenarios de 100 o más años–.¹ En este sentido, se argumenta que es necesario ir más allá de la utilización de un enfoque de descuento exponencial, pues bajo dicha metodología se obtienen altas tasas de descuento que van en detrimento de la conservación del medio ambiente y los recursos naturales, porque establecen un mayor valor al uso y consumo actual que al uso y consumo futuro de dichos recursos (Correa, 2007; Loewenstein y O’Donogue, 2002 y Cline 1999).² De esta manera, si se siguen utilizando altas tasas de descuento en la evaluación socioeconómica de proyectos se estarán generando incentivos al uso excesivo de los recursos naturales, con la consecuente disminución de los *stocks* disponibles para las generaciones futuras (Correa, 2006).

Por tal razón, muchos autores demandan la necesidad de la modificación de la tasa social de descuento al cuestionarse los supuestos que se asumen tradicionalmente en su cálculo. En este sentido, son diversos los autores que, soportados en evidencia empírica, proponen la utilización de un enfoque de tasas de descuento declinantes en el tiempo para la evaluación de proyectos con impactos ambientales. En particular, se ha demostrado que la preferencia intertemporal de los individuos es decreciente en el tiempo (Hepburn y Groom (2007, Cropper, *et al.*, 1991; Cropper y Laibson, 1999; Newell y Pizer, 2003; Loewenstein y O’Donoghe, 2002; Weitzman, 2001; Roelofsma, 1996 y Cruz y Muñoz, 2005).

Así, el objetivo de este trabajo es desarrollar y aplicar un método para estimar la tasa de descuento en proyectos de largo plazo para Colombia. La metodología aplicada es conocida como el descuento *Gamma*, la cual fue

¹ No obstante, en el análisis costo-beneficio, tradicionalmente sólo se manejan períodos no superiores de las tres décadas (Almansa y Calatrava, 2001).

² Desde el análisis costo-beneficio, la tasa social de descuento, básicamente, se determina bajo dos interpretaciones teóricas de la misma: la tasa de preferencia temporal de la sociedad y la del costo de oportunidad social del capital. La teoría de la tasa de preferencia temporal concibe la tasa social de descuento como aquella que resume las preferencias del conjunto de la sociedad por el consumo presente frente al consumo futuro. Por su parte, el enfoque del costo de oportunidad del capital considera que, la tasa social de descuento debe reflejar la rentabilidad de los fondos necesarios para la financiación de un proyecto público en la mejor inversión alternativa (Souto, 2001).

presentada por primera vez por M. Weitzman en el año 2001. Para la aplicación de este procedimiento se realizó una encuesta a 120 economistas de Colombia. A partir de la metodología mencionada se halló la tasa de descuento efectiva de largo plazo para proyectos con impacto ambiental para el país y, adicionalmente, se determinaron los diversos horizontes de tiempo con las tasas de descuento adecuadas para evaluar proyectos con impactos ambientales.

De esta manera, la primera sección analiza el proceso de descuento exponencial que conduce a una tasa social de descuento constante y, adicionalmente, se plantean las principales críticas establecidas desde la literatura económica; la segunda sección desarrolla la metodología utilizada en la estimación de la tasa de descuento ambiental para Colombia; la tercera sección establece los resultados de la estimación a partir de la función *gamma*.

I. Antecedentes del problema

Desde el punto de vista social, el análisis costo-beneficio se centra principalmente en la evaluación de las decisiones de inversión de los recursos públicos; en este sentido, los gobiernos deben decidir si invierten o no recursos públicos en diversos proyectos, ya sean de infraestructura o productivos, además de decidir si respaldan la asignación de recursos con el fin de mejorar, proteger y conservar recursos naturales y el medio ambiente en general (Correa, 2006). De esta forma, la tasa social de descuento tiene un papel importante en la evaluación económica de las políticas públicas, ya que influencia las decisiones que afectan no sólo a las generaciones presentes, sino también a las generaciones futuras (Baumol, 1968; Bradford, 1975 y Feldstein, 1972).

Ahora, siguiendo las propuestas planteadas desde los modelos de crecimiento tradicionales, en la evaluación de proyectos públicos, usualmente se ha utilizado el concepto de descuento exponencial para ponderar los costos y beneficios generados por un proyecto en un horizonte de tiempo dado (Correa, 2006); por tanto, en el análisis de proyectos públicos se utiliza una tasa de descuento constante y positiva. En la práctica, la recomendación frecuente de la literatura del descuento intergeneracional ha sido que se debe utilizar como tasa social de descuento la llamada tasa social de preferencia intertemporal –TSPi–, en consecuencia, el debate actual ha girado alrededor de la tasa de descuento, determinada a partir de la preferencia intertemporal del consumo.

De este modo, desde el enfoque de la evaluación económica de proyectos, la tasa social de descuento determinada a partir de la tasa de preferencia intertemporal del consumo, ha sido definida de la siguiente manera: $i = \delta + \eta p$

Desde esta perspectiva, el valor de la tasa social de descuento depende de tres parámetros: la tasa de preferencia pura intertemporal (δ), la elasticidad de la

utilidad marginal del consumo (η) y la tasa esperada de crecimiento del consumo (ρ). Así, δ refleja el hecho de que un individuo puede preocuparse menos por el futuro que por el presente (egoísmo, si $(\delta > 0)$).³ El componente $(\eta\rho)$ significa que si espera que el consumo crezca ($\rho > 0$), la tasa social de descuento puede ser positiva aún cuando $\delta = 0$.⁴ Esto es porque a medida que los consumidores tienen mayores niveles de bienestar, la utilidad derivada de un cambio dado en el consumo resulta ser cada vez menor; en este caso, la sociedad necesita ahorrar menos en el período actual para financiar una cantidad dada de consumo futuro (Dinwiddy y Teal, 1996).

Con respecto a la evaluación de proyectos públicos, la finalidad de utilizar la tasa de preferencia intertemporal como tasa social de descuento es hacer que las preferencias del gobierno, con relación al consumo actual y futuro, se reflejen de manera adecuada en los precios de eficiencia. Los países decididamente comprometidos con el crecimiento económico deberán emplear una tasa de descuento baja que asegure que no se descuenten fuertemente los beneficios del consumo futuro derivados de la inversión actual (Dinwiddy y Teal, 1996).

Asimismo, este modelo de la tasa de preferencia intertemporal social asume que, el comportamiento de un individuo representativo puede ser usado como un prototipo apropiado para modelar las preferencias sobre el consumo de toda una economía. Sin embargo, se ha afirmado que la tasa de preferencia intertemporal puede no ser una medida exacta de la tasa de descuento que se pretende establecer para medir el valor social del consumo en diferentes puntos del tiempo para todos los miembros de la sociedad (Markandya y Pearce, 1988).

Ahora, diversos argumentos han surgido para explicar por qué los individuos pueden descontar el futuro en una forma diferente a la sociedad. En este sentido, se plantea que existen tres razones para que la tasa social de descuento sea menor que la tasa de interés de consumo. En primer lugar, la sociedad puede elegir ahorrar más colectivamente que si se toma la suma de las decisiones individuales de ahorro (Baumol, 1968 y Bradford, 1975). Segundo, los individuos como miembros de una sociedad tienen diferentes preferencias intertemporales con respecto a las que tienen en su rol de consumidores; por tanto, ellos establecen tasas de descuento más bajas para los costos y beneficios en el futuro en su posición de miembros de un colectivo que como consumidores individuales (Baumol, 1968). Por último, la utilización de

³ Para conocer mejor el proceso de derivación de la tasa social de descuento a partir de la tasa de preferencia temporal ver Dinwiddy (1996, p.168-171).

⁴ El planteamiento de que puede darse en el análisis si se establecen consideraciones de tipo ético.

una tasa de descuento determinada por el mercado para el largo plazo significa que las decisiones de política pública involucran la problemática según la cual únicamente las preferencias intertemporales de las generaciones presentes entran en el proceso de decisión.⁵

Además de estas críticas a la metodología tradicional para determinar la tasa social de descuento, hay investigadores que plantean que las tasas utilizadas en los modelos económicos del cambio climático –y en la evaluación económica del medio ambiente en general– deben ser más bajas que las tradicionalmente utilizadas, las cuales no son racionales, pues para estos autores la tasa de descuento debe descender con el tiempo (Azar y Sterner, 1996; Arrow *et al.*, 1996; Edwards, 2002b; Weitzman, 2001; Cropper y Laibson, 1999; Reinschmidt, 2002).⁶

Ahora bien, adicional a las consideraciones de ética intergeneracional, varios son los argumentos centrales de quienes defienden la perspectiva de establecer una tasa social de descuento declinante en el tiempo: i) en el largo plazo no es sostenible el planteamiento de un crecimiento económico exponencial, ii) la incertidumbre conduce a tasas de descuento decrecientes en el tiempo, iii) hay evidencia empírica presentada por diversos estudios, que muestra que los individuos, consistentemente, demuestran el uso de una tasa de descuento declinante en el futuro, comportamiento llamado en la literatura económica como descuento hiperbólico y, iv) la diversidad de opiniones sobre el descuento lleva a una tasa social de descuento más baja en el tiempo.⁷

Un primer argumento a favor de esta propuesta tiene que ver con la relación entre la tasa de interés y el consumo. En particular, Dasgupta (2001) interpreta la ecuación $i = \delta + \eta p$ como si se estuviera determinando la tasa de interés a partir del comportamiento del consumo en el tiempo. No obstante, en el proceso de maximización del consumo, de donde surge esta propuesta, se determina la evolución óptima del consumo a partir de la tasa de interés y, por tanto, no se

⁵ En este aspecto, se plantea que los individuos con una expectativa de vida finita probablemente actuarán de forma diferente en sus decisiones de consumo privado con respecto a la actuación de la sociedad, ya que ésta tiene un compromiso colectivo con la vida a perpetuidad.

⁶ Complementando esta idea, Hepburn y Koundouri (2007) plantean que el descuento juega un papel importante en la economía forestal debido a que el ciclo de cosecha en el sector forestal es mucho mayor que en la mayoría de los ciclos de proyectos de otras inversiones, pues para los grandes bosques, en las zonas templadas, la mayoría de la renta se obtiene de talar entre 80 y 120 años después de sembrar. Por tanto, Hepburn y Koundouri (2007) afirman que el análisis costo-beneficio de este tipo de inversiones de largo plazo es muy sensible a la tasa de descuento. Así, plantean que el uso del descuento exponencial convencional genera recomendaciones que parecen ser contrarias a la búsqueda de la sostenibilidad.

⁷ Para profundizar en el análisis teórico del concepto de descuento hiperbólico ver Cropper y Laibson (1999).

da el proceso contrario (Edwards, 2002a). Ahora, en un modelo de equilibrio general la determinación de la tasa de interés se ve influida tanto por el mercado de activos como por el comportamiento de las empresas. De esta manera, Edwards (2002a) afirma que en la medida que la economía converja hacia el estado estacionario es de esperar que la tasa de crecimiento del consumo sea decreciente, al igual que la tasa de interés.

Por otra parte, algunos autores afirman que, el crecimiento del consumo es limitado, pues depende del crecimiento económico y éste, a su vez, depende de la tasa de cambio tecnológico, la cual hasta ahora es desconocida (Newell y Pizer, 2003; Correa, 2007; Edwards, 2002a). En consecuencia, dada la incertidumbre vinculada a la evolución de la tasa de cambio tecnológico, se argumenta que se deben utilizar menores tasas de descuento, incluso decrecientes, en virtud del mayor grado de incertidumbre del cambio tecnológico en el largo plazo (Newell y Pizer, 2003).

Existe una tercera argumentación que sostiene la idea de tasas de descuento decrecientes en el tiempo, la cual se basa en estudios empíricos que establecen que los individuos descuentan a tasas mayores los flujos de beneficios más cercanos y a tasas de descuento efectivas menores aquellos flujos más lejanos. Es decir, los individuos descuentan el futuro hiperbólicamente, aplicando tasas de descuento anual más grandes para los rendimientos o recompensas más cercanas con respecto a las tasas que aplican a los rendimientos o recompensas del futuro más lejano (Newell y Pizer, 2003; Cropper y Laibson, 1999; Ainslie, 1992; Cropper, *et al.*, 1991).

Así, por ejemplo, Cropper *et al.* (1991) establecen las tasas marginales de sustitución de los individuos por salvar vidas en diferentes momentos del tiempo, en una muestra de población de dos ciudades de los Estados Unidos. Básicamente, para medir las vidas salvadas en el futuro que son equivalentes a salvar una vida hoy, los autores confrontan a los individuos encuestados con la siguiente situación:

“sin nuevos programas ambientales gubernamentales 100 personas morirían este año por contaminación y 200 personas morirían dentro de 50 años. El gobierno tiene que elegir entre dos programas que cuestan lo mismo, pero sólo hay suficiente dinero para uno de ellos. El programa A salvará 100 vidas ahora. Por su parte el programa B salvará 200 vidas en 50 años. ¿Cuál programa elegiría usted?” (Cropper *et al.*, 1991, p. 1410)

Cropper *et al.* (1991) encuentran que la tasa de descuento media cae a medida que el horizonte de tiempo se incrementa; de esta manera, la tasa media de descuento es aproximadamente de 8% para un horizonte de 25 años, de 6% para un horizonte de 50 años y de 3% para un horizonte de 100 años. Igualmente, las pruebas realizadas acerca de la igualdad de las tasas medias de descuento,

basados en el supuesto de que la preferencia temporal estaba normalmente distribuida, les permitieron rechazar la hipótesis nula de descuento exponencial constante. Ahora, cuando se estimaron las tasas de descuento bajo el supuesto de que dichas tasas variaban en el tiempo, la tasa media anual de descuento fue de 7% hoy y de 0% en 100 años (Cropper *et al.*, 1991).

Por otra parte, en la misma perspectiva, Newell y Pizer (2003) afirman que la incertidumbre conduce a tasas decrecientes en el tiempo. Estos autores demuestran que cuando la senda futura de la tasa de descuento es incierta y está altamente correlacionada, el futuro distante debe ser descontado a tasas significativamente más bajas que las sugeridas por las tasas corrientes de mercado. Para demostrar lo anterior, Newell y Pizer utilizaron una base de datos de doscientos años para la tasa de interés de Estados Unidos, luego, utilizando modelos de paseo aleatorio y media invertida, calcularon la tasa de descuento de equivalente cierto, la cual resume el efecto de la incertidumbre y mide la tasa de descuento adecuada hacia el futuro.

De esta manera, bajo el modelo de paseo aleatorio –conocido como *Random walk model*, en la literatura de habla inglesa– ellos encontraron que la tasa de equivalente cierto cae continuamente desde 4% hasta 2% después de 100 años, a 1% después de 200 años y a 0,5% después de 300 años. Ahora, en horizontes de 400 años el valor descontado se incrementa por un factor cercano a 40.000 con relación al descuento convencional. Al aplicar estos resultados a la mitigación del cambio climático Newell y Pizer (2003) concluyen que al incorporar la incertidumbre en las tasas de descuento casi se duplica el valor presente esperado de los beneficios de las acciones de mitigación.

Con respecto al último argumento, Weitzman (2001) 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 declinan desde un valor medio del 4% anual para el futuro inmediato hasta reducirse, aproximadamente, a 0% para el futuro lejano. Para llegar a dicha conclusión, este economista se basó en una encuesta realizada a economistas del mundo; en esta encuesta Weitzman (2001) preguntó acerca de cuál sería la mejor tasa de descuento para evaluar proyectos asociados a la mitigación del cambio climático. La metodología utilizada por este investigador consistió en agregar los factores de descuento resultantes y no las tasas de descuento individuales, bajo el supuesto que las tasas de descuento individuales se comportan como una distribución *gamma*. Igualmente, Weitzman (2001) encontró que la tasa de descuento efectiva anual debería ser decreciente en el tiempo estableciendo que, para proyectos con horizontes de 1 a 5 años se debía utilizar una tasa de descuento efectiva del 4%,

para proyectos de 6 a 25 años una tasa del 3%, en proyectos de 26 a 75 años una tasa del 2% y, finalmente, para proyectos con horizontes de tiempo de 76 a 300 años una tasa del 1% anual.

Sin embargo, Gollier (2004) establece un problema que pone en duda la validez de la conclusión central de Weitzman (2001). Este autor afirma que la utilización del valor futuro neto esperado como alternativa al uso convencional del valor presente neto esperado implica que la tasa de descuento de equivalente cierto se incrementa en el tiempo. Ahora, Gollier (2004) logra probar que a medida que la fecha de evaluación del proyecto se mueve cada vez más hacia el futuro, la tasa de descuento en un punto dado en el tiempo se incrementará. La solución que Gollier (2004) ofrece a dicho enigma se centra en la idea de que el criterio del valor presente neto esperado impone riesgos de inversión sobre el presente, mientras que el criterio del valor futuro neto esperado establece el riesgo sobre el futuro. No obstante, Hepburn y Groom (2007) afirman que la asignación de riesgo no tiene nada que ver con el criterio de evaluación; para estos autores, la elección del valor presente neto esperado, o del valor futuro neto esperado, simplemente representa la elección de una fecha específica de evaluación. Por tanto, según Hepburn y Groom (2007), la explicación que Gollier (2004) propone al enigma planteado no es completamente satisfactoria. Al respecto, Hepburn y Groom (2007) demuestran que el esquema de tasas de descuento de equivalente cierto declina con el paso del tiempo, pero se incrementa con la fecha de evaluación. A partir de estos resultados, estos autores concluyen que tanto Weitzman (2001) como Gollier (2004) tienen razón. Ahora bien, Hepburn y Groom (2007) sostienen que debe diferenciarse el análisis de tasas de descuento de equivalente cierto declinantes, del análisis de la mejor inversión en el tiempo, pues la elección de la inversión óptima depende de la fecha de evaluación.⁸

II. Marco metodológico

Reconociendo la validez teórica y empírica de los argumentos que defienden la determinación de una tasa social de descuento de largo plazo declinante en el tiempo, la estimación de la tasa de descuento de largo plazo para Colombia se realizará a partir de la aplicación de la metodología conocida como Descuento *gamma*, la cual fue planteada por primera vez en el año 2001 por Martin Weitzman. Este procedimiento de estimación se ha destacado entre las propuestas de tasa de descuento declinantes, no sólo por su interesante argumentación teórica sino

⁸ No obstante, citando a Hepburn y Groom (2007), se plantea que “ambos enfoques tienen mérito pues en las *aguas oscuras* de la política pública intergeneracional cualquier avance teórico que aporte nuevas ideas al análisis es siempre bienvenido” (Hepburn y Groom, 2007, p. 107).

también por reconocer la dificultad que tiene la profesión económica para definir una tasa de descuento única y, por tanto, proponer una forma práctica y simple de promediar las distintas percepciones individuales con respecto al descuento que debe establecerse a los beneficios y costos de un proyecto en el tiempo.

Así, en primer lugar, el modelo planteado por Weitzman (2001) parte de dos premisas fundamentales: i) nunca ha existido, ni habrá en el corto plazo, un consenso en la profesión económica alrededor de la tasa de descuento que debe aplicarse a los proyectos con beneficios y costos en el largo plazo, ni muchos menos en el muy largo plazo; es decir, períodos de más de 100 años.⁹ Como ya se ha planteado, diversas perspectivas se han establecido para determinar la tasa social de descuento, las cuales van desde estimar dicha tasa a partir de la productividad marginal del capital hasta determinarla por medio de la preferencia pura intertemporal individual. Ahora, también son diferentes los aspectos que se asocian con las diversas perspectivas planteadas; algunos de estos tópicos son: las distorsiones de la economía y el impacto que sobre éstas tienen los proyectos públicos, la equidad intergeneracional, el crecimiento del cambio tecnológico en el largo plazo y la divergencia de los economistas frente a la idea del crecimiento económico sostenido en el tiempo, ii) para agregar las opiniones o perspectivas individuales, lo que se debe promediar son las funciones de descuento y no las tasas de descuento planteadas por cada uno de los agentes económicos. En ese sentido, Edwards (2002a) ilustra esta idea a través de un ejemplo sencillo: supóngase que dos individuos racionales, ambos con información completa, consideran que la tasa de descuento debe ser 8% y 12%, respectivamente. Ahora, si se determina que se van a ponderar ambas posiciones de igual manera, entonces un dólar en el año 10, equivaldría, en términos de valor presente a $(0,5 * (1/1,08)^{10} + 0,5 * (1/1,12)^{10}) = 0,3926$; no obstante, este valor es diferente a $(1/1,1)^{10} = 0,3855$. Puede observarse que cuando simplemente se promedian las tasas individuales da como resultado un factor agregado menor con respecto a la alternativa de promediar las funciones de descuento.

En segundo lugar, el método establecido por Weitzman (2001) para determinar la tasa ambiental de descuento de largo plazo, a partir de la opinión de un grupo de economistas, es bastante práctico e incorpora lo que este autor llama la irreducible incertidumbre con respecto a la tasa de descuento en el análisis costo-beneficio de largo plazo, agregando las distintas tasas estimadas individualmente por medio de una función de probabilidades específica, en

⁹ Edwards (2002a, p. 16) comenta que “si no es posible obtener un consenso entre los economistas mucho más difícil será conseguirlo entre los no economistas” (Edwards, 2002, p. 16).

particular la llamada función *gamma*. De este modo, el valor presente de los beneficios netos de un proyecto público se representa en la ecuación (1):

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

En este caso $A(t)$ es la ponderación de agregación de evaluación temporal individual, conocido en el análisis costo-beneficio como el factor de descuento, y $Z(t)$ representa el beneficio neto en el año t . De este modo, cuando la tasa de descuento es constante entonces el factor de descuento es $A(t)=e^{-\lambda t}$.

A. Dos supuestos para estimar las funciones de descuento $A(t)$

Inicialmente, para simplificar el proceso, Weitzman (2001) supone que cada individuo j establece una ponderación de agregación de evaluación temporal individual igual a la expresión (2):

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

Esta expresión significa que los individuos descuentan los beneficios a una tasa constante, pues la función de descuento adquiere la forma exponencial. La variable x_j es una variable aleatoria cuya función de densidad de probabilidades $f(x)$, definida para todas las x positivas, adquiere la forma de la distribución *gamma* descrita en la ecuación (3):

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

Donde α y β son parámetros positivos que han de ser calculados a partir de los datos. Antes de continuar, es bueno clarificar estos dos supuestos. El primero de ellos plantea que cada individuo conoce y se siente cómodo con la aproximación del descuento exponencial constante (Edwards, 2002b);¹⁰ así, el desacuerdo entre los economistas, según Weitzman (2001), es sólo sobre el valor adecuado de la tasa de descuento. El segundo supuesto limita los valores de las tasas de descuento individuales a ser distribuidas como si fueran observaciones que siguen una distribución *gamma*. Al observar la ecuación (3) es claro que el problema se reduce a identificar los parámetros α y β .

B. La tasa de descuento efectiva

Dadas las formulaciones anteriores, el valor presente de una unidad monetaria de beneficio neto adicional en el momento t estará representado por la expresión (4):

¹⁰ Weitzman en su trabajo concluyó que “aunque todo el mundo crea en una tasa de descuento constante, la tasa de descuento efectiva declina fuertemente en el tiempo” (Weitzman, 2001, p. 270).

$$A(t) = \int_0^{\infty} e^{-xt} f(x) dx \quad \text{Función de descuento efectiva para el tiempo } t \quad (4)$$

Puede verse a partir de la ecuación (4), que lo que se promedia entre los individuos, con probabilidad en el tiempo, no son las tasas de descuento sino las funciones de descuento. Edwards (2002b) establece que 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. De las ecuaciones (3) y (4) se obtiene la tasa de descuento instantánea $R(t)$ (llamada también la tasa de descuento efectiva marginal), la cual se muestra a partir de las ecuaciones (5) y (6):

$$A(t) = \left(\frac{\beta}{\beta + t} \right)^{\alpha} \quad (5)$$

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

De la ecuación (6) es fácil deducir que la agregación de tasas de descuento constantes genera una tasa de descuento decreciente en el tiempo. Ahora, en una función de probabilidades *gamma* la media y la varianza están relacionadas con μ y σ , de acuerdo con las relaciones mostradas por medio de las expresiones (7) y (8):

$$\alpha = \frac{\mu^2}{\sigma^2} \quad (7)$$

$$\beta = \frac{\mu}{\sigma^2} \quad (8)$$

Ahora, sustituyendo (7) y (8) en la ecuación (6), la función de descuento puede expresarse de la siguiente forma:¹¹

$$A(t) = \frac{1}{\left(1 + t\sigma^2/\mu\right)^{\mu^2/\sigma^2}} \quad (9)$$

De otro lado, utilizando las ecuaciones (6) y (9) se puede obtener la tasa de descuento efectiva en términos de la media y la varianza de las tasas individuales, (μ) y (σ^2) respectivamente.

$$R(t) = \frac{A'(t)}{A(t)} = \frac{\mu}{1 + t\sigma^2/\mu} \quad (10)$$

¹¹ Según Weitzman (2001), la ecuación (9) es una formulación equivalente a una generalización del descuento exponencial. Es decir, el descuento exponencial puede ser visto como un caso particular del descuento gamma, en una situación limitante con un número de operaciones compuestas muy grande y donde se aproxima a cero.

Weitzman (2001) aplicó este modelo a los datos reunidos a partir de una encuesta realizada a 2160 economistas destacados (de los 2800 a quienes inicialmente se les envió el cuestionario). Básicamente, la encuesta solicitaba a los individuos que dieran un valor a la tasa que se debía utilizar para descontar los beneficios y costos esperados de proyectos cuyo objetivo era mitigar los impactos del cambio climático global. Los resultados básicos de la aplicación del Weitzman (2001) muestran una media de 3,96% y una desviación estándar de 2,94%, así como una tasa de descuento equivalente del orden de 1,75% por año.¹² Esta última tasa se obtuvo a partir del perfil temporal decreciente de la tasa de descuento. Dicho perfil está plasmado en la obtención de tasas de descuento para periodos de tiempo, a saber: de 1 a 5 años, de 6 a 25 años, de 26 a 75 años, de 76 a 300 años y, por último, de 300 años en adelante.

En general, Weitzman (2001) concluye que la amplia extensión en la opinión de los economistas sobre la tasa de descuento significa que, la sociedad debería estar utilizando tasas de descuento efectivas que declinen desde un valor promedio cercano al 4% por año para el inmediato futuro, hasta reducirse aproximadamente a una tasa de descuento igual a cero para el futuro muy distante. Además, este autor plantea que la declinación en las tasas sociales de descuento efectivas es suficientemente pronunciada, y viene en línea descendiente lo bastante temprano, como para que se requiera la inclusión de esta característica de escala deslizable en cualquier análisis costo-beneficio de proyectos ambientales a largo plazo, como son los proyectos que buscan mitigar el cambio climático global.

III. Estimación de la tasa de descuento de largo plazo para Colombia

A. Consideraciones preliminares

Para estimar la tasa de descuento de largo plazo para Colombia a partir del método de descuento *gamma*, se realizó una encuesta a una muestra compuesta por 120 economistas, todos ellos vinculados como profesores y/o investigadores en universidades de Colombia, con el fin de obtener la opinión profesional de cada uno de ellos acerca de la tasa de descuento adecuada para evaluar proyectos ambientales en Colombia cuyos beneficios y costos se extienden en un horizonte de tiempo de largo plazo, incluso de décadas. La pregunta central del cuestionario era la siguiente: ¿cuál puede ser, desde su punto de vista, la tasa de descuento

¹² En el estudio de Weitzman (2001) se modelaron también las respuestas de 50 economistas, definidos por el autor como los economistas más importantes de su muestra. En esta submuestra se obtuvo como media y desviación estándar los valores $\mu = 4,09\%$ y $\sigma = 3,07\%$, respectivamente. Tales resultados son muy similares a los obtenidos para la muestra total.

anual adecuada que debe usarse para descontar en el tiempo los beneficios y costos esperados de los proyectos que se propongan para el mejoramiento del medio ambiente (por ejemplo, proyectos que tienen como objetivo central la disminución de la contaminación hídrica y atmosférica en Colombia)?

Adicionalmente, en la encuesta se brinda información acerca de la tasa de descuento y el horizonte temporal promedio que utilizaba el Departamento Nacional de Planeación para la evaluación de proyectos públicos. Así, de los 120 economistas encuestados, 54 respondieron con un número de acuerdo con lo solicitado, uno respondió sin dar un número, un sólo economista respondió dando un rango entre dos valores para la tasa de descuento solicitada y 64 no respondieron. Con respecto a los detalles de la realización de la encuesta, debe decirse que sólo tres encuestados objetaron algún aspecto de la pregunta formulada. Se resalta este aspecto porque en el estudio de Weitzman (2001), uno de cada 8 encuestados cuestionó algún aspecto de la pregunta que se les formuló.¹³ En la tabla 1, se muestran las respuestas de los encuestados y las frecuencias respectivas.

Tabla 1. *Tasas de descuento planteadas y su distribución*

Tasa de descuento	Número de respuestas
1%	1
2%	2
3%	3
4%	2
5%	4
5,5%	1
6%	4
7%	1
8%	1
9%	3
10%	5
11,5%	1
12%	10
13%	1
14%	2
15%	7
17%	1
18%	1
20%	3
22%	1
25%	1
Total respuestas	54

Fuente: cálculos del autor.

¹³ Ahora, también se destaca que el 9,25% de los encuestados objetaron no ser expertos en el tema.

En la tabla 1 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. Ahora, la tasa de descuento media dentro de la muestra total es de 10,76%, obviamente superior a la tasa de 3,96 % que fue encontrada por Weitzman (2001) e inferior, en 1,24%, a la tasa de descuento de 12%, que es la tasa social de descuento utilizada actualmente por el Departamento Nacional de Planeación para el análisis costo–beneficio de proyectos públicos en Colombia. Debe anotarse que si bien la encuesta diseñada en el presente estudio es similar a la presentada por Weitzman (2001), difiere en que pregunta por la tasa de descuento que se debería utilizar en proyectos que afectan el cambio climático global, mientras que en este estudio se pregunta por la tasa a utilizar en proyectos asociados al mejoramiento de la calidad del aire y del agua a nivel local. De otro lado, es importante destacar la alta dispersión de las respuestas, representada en una desviación de 5,45%, la cual es bastante superior a la encontrada en el estudio de Weitzman, cuyo valor fue de 2,94%.

Por último, se estimó el modelo para una submuestra de 19 economistas, considerados como expertos sobre el tema ambiental, ya fuera por realizar investigación sobre el tema o estar formados a nivel de maestría o doctorado en las áreas de la economía del medio ambiente y los recursos naturales o el desarrollo sostenible. El objetivo de esta estimación es evaluar la hipótesis según la cual una mayor preocupación ambiental —bajo el supuesto que un economista cuyas estudios e investigaciones están vinculados estrechamente con las relaciones entre economía y medio ambiente evidenciará una mayor preocupación por el medio ambiente— está relacionada directamente con una tasa de descuento declinante en el tiempo y, además, más baja que la tasa asociada a la muestra total que involucra tanto economistas expertos como economistas no expertos en el tema de la evaluación económica del medio ambiente. En la siguiente sección se presentarán los resultados obtenidos.

B. Principales resultados

La tabla 2 muestra la evolución temporal de la tasa efectiva de descuento para la muestra total en diversos años seleccionados.

Tabla 2. Tasa de descuento efectiva

Horizonte de evaluación (en años)	R(t) para este estudio (%)	R(t) para Weitzman (2001) (%)
0	10,76	3,96
5	9,45	3,57
10	8,43	3,25
15	7,65	2,98
30	5,89	2,39
50	4,52	1,89
75	3,51	1,50
100	2,86	1,24
150	2,09	0,93

Fuente: cálculos del autor y Weitzman (2001)

Efectivamente, al modelar mediante una distribución *gamma* las tasas de descuento propuestas por los encuestados, y ponderar no las tasas sino los factores de descuento, se establece que la tasa de descuento efectiva para Colombia declina en tiempo. En este sentido, se parte de una tasa de descuento efectiva igual a la media de las respuestas individuales, o sea 10,76%, pasando por una tasa de 5,89% para el año 30 y llegando hasta una tasa de 2,09% para el año 150. Lo que puede concluirse desde la tabla 2 es que la incertidumbre existente acerca de la tasa de descuento adecuada, genera un esquema de tasas de descuento efectivas de escala móvil, cuya declinación en el tiempo es lo suficientemente significativa como para que esta característica deba incorporarse en cualquier análisis de descuento de proyectos ambientales en el largo plazo (Weitzman, 2001).

De otra parte, es posible calcular la tasa de descuento equivalente, así, supóngase un proyecto de inversión definido a un periodo de tiempo dado, con entradas (beneficios) y salidas (costos) continuas. De esta manera, el equivalente de la tasa de descuento es:

$$\bar{r} = \frac{1}{\int_0^{\infty} A(t)dt} \quad (11)$$

Luego, sustituyendo (9) en (11) e integrando se obtiene:

$$\bar{r} = \frac{(\mu - \sigma)(\mu + \sigma)}{\mu} \quad (12)$$

Por consiguiente, reemplazando $\mu = 10,76\%$ y $\sigma = 5,45\%$, que son la media y la desviación estándar encontradas en la muestra analizada para Colombia, se tiene una tasa de descuento anual equivalente de 8%. Esta tasa anual equivalente para Colombia es muy superior a la tasa obtenida en el estudio de Weitzman,

la cual fue de 1,75% anual. Una interpretación simple de la tasa de descuento anual equivalente es: si Colombia estuviera obligada a escoger una sola tasa anual constante que represente todo el esquema de descuento móvil para inversiones con objetivos ambientales, entonces dicha tasa debería ser del 8% anual. No obstante, la declinación en el tiempo de la tasa de descuento efectiva es muy significativa, por lo que no es atrevido plantear que en el corto plazo, en materia de instrumentos de política ambiental, el gobierno debe propugnar por desarrollar sistemas eficientes de impuestos ambientales, permisos negociables y controles directos a la emisión de gases efecto invernadero, buscando avanzar hacia escenarios óptimos donde, *ceteris paribus*, habría bajas tasas de interés. Esto es así, ya que escenarios con bajas tasas de interés pesan mucho más en el proceso de descuento de los beneficios y costos en el tiempo (Weitzman, 2001 y Edwards, 2002b).

C. Tasas de descuento de escala móvil recomendadas para Colombia

La tabla 3 muestra un esquema de tasas de descuento móviles que podría aplicarse en la evaluación de proyectos ambientales en Colombia.

Tabla 3. *Esquema de tasas de descuento ambientales para Colombia*

Horizonte de evaluación	Nombre	Tasa marginal de descuento
1 a 5 años	Futuro inmediato	9,45 %
6 a 25 años	Futuro cercano	6,37 %
26 a 75 años	Futuro mediano	3,51%
76 a 100 años	Futuro lejano	2,86 %
Más de 100 años	Futuro muy lejano	2,09 %

Fuente: cálculos del autor.

El horizonte de evaluación que va de 1 a 5 años se puede asociar al período de corto plazo utilizado en el análisis costo-beneficio. Ahora, evaluar a horizontes de 25 años, significa hablar de largo plazo en el análisis económico. Sin embargo, cuando el interés objetivo está centrado en proyectos con impactos sobre el medio ambiente, el horizonte de largo plazo no puede ser un horizonte de 25 ó 30 años, como es usualmente planteado en el análisis costo-beneficio, pues los impactos generados por proyectos como aquellos, asociados al cambio climático por ejemplo, se extienden por varias décadas e inclusive siglos. Por tal razón, se recomiendan tasas de descuento para períodos de 75 a 100 años y de 100 años o más.

D. Comparación de resultados para dos submuestras

Como se estableció antes, se estimó bajo la misma metodología la tasa de descuento para una submuestra de 19 economistas, considerados como expertos

sobre el tema ambiental. Igualmente, se estimó dicha tasa para los restantes 35 economistas considerados como no expertos en el tema del medio ambiente. La tabla 4 describe los principales resultados estadísticos de ambas estimaciones.

Tabla 4. *Resultados estadísticos de las dos muestras Expertos y No expertos*

	Expertos	No expertos
Número de encuestados	19	35
Tasa de descuento promedio	7,36 %	12,6 %
Desviación estándar	4,87 %	4,88 %
Moda	5 %	12%
Tasa de descuento anual equivalente	4,18 %	10,71 %

Fuente: cálculos del autor.

Se puede observar que las medias de las muestras difieren sustancialmente mostrando una menor tasa, como se había establecido previamente en la muestra constituida por los expertos. De la misma manera, hay una diferencia amplia en las tasas anuales equivalentes. En relación con la dispersión, ambas submuestras se comportaron de forma similar, lo cual demuestra la amplitud en las opiniones sobre la tasa de descuento aún en el grupo de los expertos. Se resalta que en el grupo de no expertos la moda fue de 12%, lo cual evidencia la falta de información en torno a la evaluación de proyectos con impactos sobre el medio ambiente, por lo que algunos economistas se ajustaban a la tasa oficial de Colombia para evaluar proyectos ambientales. Esta falta de información con relación a los procedimientos metodológicos para evaluar proyectos ambientales, introduce sesgos importantes en la tasa de descuento promedio estimada, pues la muestra total encuestada es relativamente pequeña.

Conclusiones

En primer lugar, como se corrobora con el estudio de Weitzman, aunque no hubiera economistas que creyeran en tasas de descuento decrecientes, siempre habrá lugar a una tasa efectiva de descuento decreciente cuando se agregan las opiniones de los economistas encuestados. Como lo destaca Weitzman (2001), si hubiese economistas que creyeran en tasas de descuento decrecientes, este hecho reforzaría la validez de las hipótesis planteadas. Ahora, agregar las opiniones de los economistas acerca de la tasa de descuento de largo plazo, promediando factores de descuento, y modelarlas bajo una función de densidad *gamma* parece, a primera vista, un artificio matemático. Sin embargo, esta forma de agregar las opiniones es razonable ya que este proceso equivaldría a promediar las diferentes percepciones que tienen los individuos sobre el valor presente de los proyectos (Edwards, 2002a).

En segundo lugar, como ya lo afirma Edwards (2002b), la función de descuento que resulta, $A(t)$, es una función hiperbólica generalizada. No obstante, Edwards (2002a) dice que este tipo de función, incorporada al método de Weitzman, generaría un problema de inconsistencia temporal, pues bajo este método se supone que el decrecimiento será constante en el tiempo y a partir de los mismos períodos. Si los individuos creen en una tasa constante, lo que significa consistencia temporal, entonces todos los años habría que revisar el primer año, el cual siempre muestra la media simple de las distintas tasas de descuento individuales; esto puede tener explicación desde la teoría económica, pues el hecho que no haya consenso entre los economistas puede equivaler al resultado de procesos donde preferencias colectivas presentan problemas de intransitividad. Al respecto, Edwards (2002a) afirma que, este resultado puede interpretarse como la consecuencia de una falla en el mercado de capitales que no permite arbitrar las diferencias de opinión entre distintos individuos respecto a la tasa de interés.

Por otra parte, en relación con la estimación de la tasa de descuento ambiental para Colombia, es claro que se han verificado los planteamientos de Weitzman (2001), mostrando un amplio rango de opiniones de los economistas. No obstante, la tasa de descuento efectiva resultante es mayor que la establecida en el estudio con cobertura mundial; este resultado puede ser consecuente con el nivel de desarrollo de los mercados de capitales en Colombia, que es el punto de referencia para la mayoría de los economistas en Colombia. En este sentido, se puede afirmar que el economista vinculado con el tema ambiental amplía su perspectiva para estimar una tasa de descuento individual. Así, este grupo de economistas evidencia una tasa media menor y, por tanto, una tasa de descuento anual equivalente más baja.

Finalmente, se recomienda la utilización de tasas de descuento decrecientes en el tiempo para la evaluación de proyectos con impacto ambiental en Colombia, bajo los escenarios temporales propuestos en la tabla 3 toda vez que se ha probado su validez teórica y empírica. En este sentido, aun cuando uno no esté de acuerdo con la metodología de Weitzman, son ya numerosos los estudios que empíricamente han validado la hipótesis de la existencia de tasas de descuento decrecientes en el tiempo (Cropper y Laibon, 1999; Newell y Pizer, 2003; Weitzman, 2001; Cline, 1999; Nordhaus, 1999).

Bibliografía

- AINSLIE, George (1992). *Picoeconomics*, Cambridge, Cambridge University Press.
- ALMANSA, M., CALATRAVA, R. (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.
- AZAR, Charles C. y STERNER, Thomas (1996). “Discounting and distributional considerations in the context of global warming”, *Ecological Economics*, No. 19, pp. 169-184.
- BAUMOL, William (1968). “On the Social Rate of Discount”, *American Economic Review*, No. 58, pp. 708-722.
- BRADFORD, David (1975). “Constraints on Government Investment Opportunities and the Choice of the Discount Rate”, *American Economic Review*, No. 60, pp. 364-378.
- CLINE, William (1999). “Discounting for the Very Long Term”, in: Portney, Paul, Weyant, John, Editors, *Discounting and Intergenerational Equity*, Washington, Resources For the Future.
- CORREA, Francisco (2006). “La tasa social de descuento y el medio ambiente”, *Lecturas de Economía*, No. 64, pp.93-116.
- CORREA, Francisco (2007). *Evaluación económica de impactos ambientales: una guía metodológica para la determinación de la tasa social de descuento*, Medellín, Editorial Universidad de Medellín.
- CROPPER, Maureen, *et al.* (1991). “Discounting Human Lives”, *American Journal of Agricultural Economics*, No. 73, pp. 1410-1415.
- CROPPER, Maureen, LAIBSON, David (1999). “The Implications of Hyperbolic Discounting for Project Evaluation”, in: Portney, P., Weyant, J., Editors, *Discounting and Intergenerational Equity*, Washington, Resources For the Future.
- CRUZ, Salvador y MUÑOZ, María José (2005). “Some Considerations on the Social Discount Rate”, *Environmental Science & Policy*, No. 8, pp. 343-355.
- DASGUPTA, Partha (2001). *Human Well Being and the Natural Environment*, London, Oxford University Press.
- DINWIDDY, Caroline. TEAL, Francis (1996). *Principles of Cost-benefit Analysis for Developing Countries*, Cambridge, Cambridge University Press.
- EDWARDS, Gonzalo (2002a). “La tasa de descuento en proyectos de largo plazo”, *Documentos de trabajo*, No. 231, Noviembre, Instituto de Economía, Pontificia Universidad Católica de Chile.

- EDWARDS, Gonzalo (2002b). "The effect of a Constant or a Declining Discount Rate On Optimal Investment Timing", *Documentos de trabajo*, No. 227, Octubre, Instituto de Economía, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- FELDSTEIN, Martin (1972). "The Inadequacy of Weighted Discount Rates", en: Richard Layard, editor, *Cost Benefit Analysis*, London, Harmonds Worth, Penguin.
- LOEWENSTEIN, Frederik, O'DONOGUE, Ted (2002). "Time Discounting and Time Preference: A Critical Review", *Journal of Economic Literature*, Vol. XL, Junio, pp. 351-401.
- MARKANDAYA, Anil, PEARCE, David (1988). "Environmental considerations and the choice of the discount rate in developing countries", *Working Paper*, No. 3, The World Bank, Environment Department, Washington.
- NEWELL, Richard, PIZER, William (2003). "Discounting the distant future: how Much do uncertain rates increase valuations?", *Journal of Environmental Economics and Management*, No. 46, pp. 52-71.
- NORDHAUS, William (1999). "Discounting and Public Policies That Affect the Distant Future", in: Portney, P., Weyant, J., Editors, *Discounting and Intergenerational Equity*, Washington, Resources For the Future.
- REINSCHMIDT, Kenneth (2002), "Aggregate Social Discount Rate Derived from Individual Discount Rates", *Management Science*, Vol. 48, No. 2, pp. 307-312.
- ROELOFSMA, Peter (1996). "Anomalies in intertemporal choice", *Acta Psychológica*, No. 93, pp. 5-23.
- SOUTO, Guadalupe (2001). *Trabajo y capital en la evaluación pública de proyectos*, Madrid, Instituto de Estudios Fiscales, Serie de Investigaciones VI/2001.
- WEITZMAN, Martin (2001). "Gamma Discounting", *American Economic Review*, Vol.91, No.1, pp. 261-271.