LA SELECCIÓN DE LA TASA SOCIAL DE DESCUENTO*

Guadalupe SOUTO NIEVES

Universidad Autónoma de Barcelona

RESUMEN

En este trabajo se presenta una revisión de las principales teorías sobre el descuento social, la preferencia temporal y el coste de oportunidad del capital, cuyos resultados empíricos suelen arrojar diferencias significativas. Sin embargo, se muestra que no se trata de dos enfoques alternativos sino complementarios, pues la forma correcta de actualizar los flujos de un proyecto social consiste en combinarlos. Para ello es necesario disponer de estimaciones de la tasa de preferencia temporal, del coste de oportunidad del capital, del precio sombra del capital y de los efectos que el proyecto provoca sobre el consumo y la inversión privados. El procedimiento correcto para llevar a cabo dichas estimaciones también es objeto de análisis.

* Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación más amplio financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología a través del proyecto nº BEC2000-415 y por la Dirección General de Investigación de la Generalitat de Catalunya, proyecto nº SGR2001-160.

1. Introducción

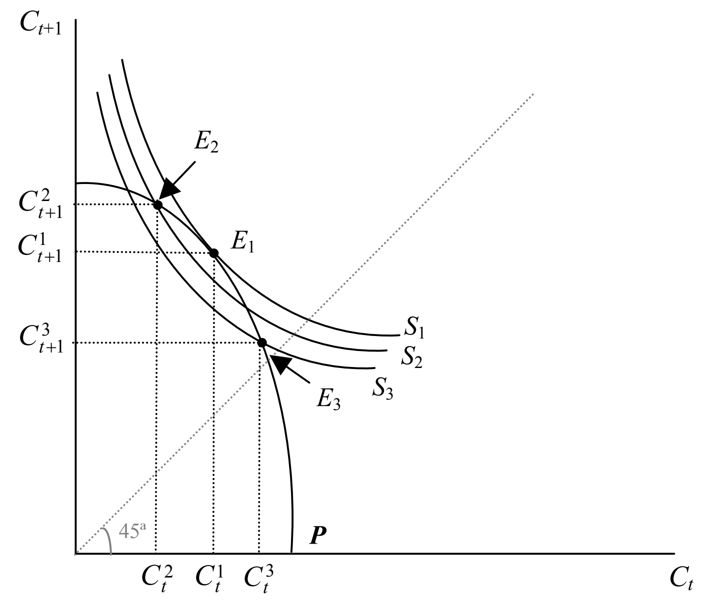
Uno de los grandes temas pendientes en la evaluación social de proyectos es la selección de la tasa social de descuento para la actualización de costes y beneficios. Varias décadas de investigación han dado lugar a diversas teorías sobre su significado y sobre el procedimiento para su estimación empírica. La tasa social de descuento refleja en qué medida, desde el punto de vista de una sociedad, un beneficio presente es más valioso que el mismo beneficio obtenido en el futuro. Esta definición ha dado lugar a dos interpretaciones, que conforman las dos principales teorías del descuento social, la de la tasa de preferencia temporal de la sociedad y la del coste de oportunidad social del capital. La teoría de la preferencia social temporal concibe la tasa social de descuento como aquella que resume las preferencias del conjunto de la sociedad por el consumo presente frente al futuro. Por su parte, el enfoque del coste 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. Los argumentos de ambas teorías serán examinados a lo largo de este trabajo, aunque lo cierto es que, en perfecto equilibrio, sus resultados son equivalentes. No ocurre lo mismo fuera de un mercado en competencia perfecta, la situación habitual, lo que obliga a implementar algún tipo de criterio para decidir cuál es la forma adecuada de proceder al descuento social.

El objetivo de este trabajo es conseguir un conjunto de criterios válidos para la selección objetiva de la tasa social de descuento, sin que ésta quede, como viene siendo habitual, exclusivamente en manos del propio evaluador. Para ello, el trabajo se estructura de la siguiente forma. En la Sección 2 se revisan los dos enfoques tradicionales, la teoría de la preferencia social temporal y la del coste de oportunidad del capital. El análisis se realiza conjuntamente para mostrar que ambas, en perfecto equilibrio, conducirían a un mismo valor para la tasa social de descuento, y se acompaña de una selección de resultados empíricos que muestran como en general, y para España en particular, no ocurre así. En la Sección 3 se expone un modelo de descuento social que supone una vía de reconciliación de las dos teorías anteriores, al ser una combinación de ambas. Se trata de utilizar como función objetivo el valor actual neto ajustado del proyecto, que utiliza la tasa de preferencia temporal como tasa de descuento, pero simultáneamente corrige los flujos teniendo en cuenta el coste de oportunidad del capital. Su aplicación empírica requiere disponer de gran cantidad de información, cuya obtención no está exenta de dificultades. Así por ejemplo, debe conocerse el origen de los fondos del proyecto, así como el destino de los outputs, diferenciando entre consumo e inversión. Por otra parte, es necesario el valor del precio sombra del capital, cuestión a la que se dedica la Sección 4. En ella se revisan las diferentes propuestas para su cálculo, mostrando las discrepancias entre los resultados obtenidos en cada caso, y analizando sus posibles causas. Por último, en la Sección 5 se recogen las principales conclusiones.

2. Las teorías tradicionales: la tasa social de preferencia temporal y el coste de oportunidad social del capital

La tasa social de descuento indica cuanto más preferible es, para la sociedad, un beneficio en el presente con respecto al mismo beneficio percibido un período más tarde, generalmente un año. Su determinación es pues, un problema que debe resolverse en un ámbito temporal, contemplando las decisiones de consumo y ahorro. En la Figura 1 se representa dicho problema en un sencillo modelo de dos períodos, t y t+1. Dada una determinada renta en t, la sociedad debe decidir sobre la cantidad de consumo presente (C_t) y la cantidad de ahorro, que se convertirá en consumo en el segundo período (C_{t+1}). S_1, S_2 y S_3 son curvas de indiferencia sociales, y P es la curva de posibilidades de transformación de los fondos invertidos en t.

Figura 1. El problema de la asignación intertemporal consumo-inversión



La tasa social de preferencia temporal, en adelante *TP*, es la tasa a la que disminuye el valor social del consumo en el tiempo. Siguiendo a Feldstein (1964), para encontrarla debe partirse de la función de preferencia temporal social, es decir de cualquiera de las curvas de indiferencia social por el consumo en diferentes períodos. La *TP* se obtiene a partir de la derivada de la función de preferencia temporal en cada punto. La pendiente de la recta tangente a una curva de indiferencia en un punto i asociado a una combinación de consumo (C_t^i, C_{t+1}^i), indica la relación marginal de sustitución (*RMS*) del consumo entre los dos períodos en ese punto; o lo que es lo mismo, el cociente de las correspondientes utilidades marginales (*UM*):

$$RMS_{C_t^i, C_{t+1}^i} = -\frac{UM(C_t^i)}{UM(C_{t+1}^i)} \qquad [1]$$

La utilidad marginal del consumo en el período inicial t (UMC_t^i) diferirá de la utilidad marginal del consumo en el segundo período (UMC_{t+1}^i) en exactamente la tasa social de preferencia temporal:

$$1 + TP_i = \frac{UMC_t^i}{UMC_{t+1}^i} \qquad [2]$$

Bajo el supuesto de que la utilidad marginal del consumo es decreciente, la *TP* resultará positiva. Esto es lo que ocurre para cualquier punto en el que el consumo actual es inferior al consumo futuro (por encima de la línea de 45º en la Figura 1). En otro caso, la *TP* sería negativa.

La decisión final de consumo e inversión que adopte la sociedad no depende únicamente de la función de preferencia temporal, sino también de la frontera de posibilidades, representada por *P* en la Figura 1, que indica en qué medida es posible transformar inversión presente en consumo futuro. La derivada de *P* en cada punto no es más que la tasa de rendimiento marginal social de la inversión o, si se prefiere, el coste de oportunidad (*CO*) en el que se incurre si la última unidad es consumida en *t* en lugar de invertida. En un punto *i* de la función de transformación, asociado a una combinación de consumo presente y futuro como (C_t^i, C_{t+1}^i), la pendiente de la recta tangente indica la relación marginal de transformación (*RMT*) de inversión presente en consumo futuro, es decir, el cociente entre el consumo futuro obtenido (C_{t+1}) y el capital invertido[1] (I_t):

$$RMT_{I_t^i, C_{t+1}^i} = -\frac{C_{t+1}^i}{I_t^i} \qquad [3]$$

Por su parte, el consumo futuro será superior al capital invertido en exactamente la tasa de rendimiento marginal de la inversión, o su coste de oportunidad social, es decir:

$$1 + CO_i = \frac{C_{t+1}^i}{I_t^i} \qquad [4]$$

Si el consumo futuro es inferior a la inversión, la tasa de rendimiento resultaría negativa. Situándonos en el punto de equilibrio en la Figura 1 (E_1), es inmediato comprobar que la tasa de preferencia temporal por el consumo y el coste de oportunidad social del capital coinciden, ya que para esa combinación de consumo la relación marginal de sustitución es igual a la relación marginal de transformación:

$$RMS_{C_t^1, C_{t+1}^1} = RMT_{I_t^1, C_{t+1}^1} \quad \Rightarrow \quad TP_1 = CO_1 \qquad [5]$$

Sin embargo, para cualquier otra combinación de consumo diferente a la de equilibrio, tal igualdad no se produce. Así por ejemplo, en un punto como E_2, donde la asignación de consumo presente es inferior a la de equilibrio, la tasa de preferencia temporal, dada por la pendiente de la curva de indiferencia S_2 en ese punto, es más elevada ($TP_2 > TP_1$). Con el rendimiento marginal de la inversión

[1] El capital invertido (I_t) es la diferencia entre la renta total en *t* y el consumo en dicho período (C_t).

ocurre justamente lo contrario; resulta inferior ya que existe sobreiversión en relación al equilibrio ($CO_2 < CO_1$). Por lo tanto:

$$TP_2 > CO_2 \qquad [6]$$

En un punto como E_3 en la Figura 1, donde la asignación de consumo presente es superior a la de equilibrio ($C_t^3 > C_t^1$), y por lo tanto la cantidad de inversión es inferior a la eficiente, resulta en cambio:

$$TP_3 < CO_3 \qquad [7]$$

El análisis realizado hasta aquí muestra como, ante un mercado de capitales en equilibrio perfecto, los dos posibles indicadores para la tasa social de descuento, la *TP* y el *CO*, conducen exactamente al mismo resultado. Fuera de dicho equilibrio, sin embargo, pueden resultar significativamente distintas. Se exponen a continuación las metodologías desarrolladas para la estimación empírica de ambas magnitudes así como algunos resultados disponibles.

Estimación de la tasa social de preferencia temporal (*TP*)

De Eckstein (1957) data la propuesta de una fórmula operativa para obtener la *TP* tal y como se ha definido. Sea ε la elasticidad de la *UMC* con respecto al propio consumo, que se supone constante y dada por la siguiente expresión:

$$\varepsilon = -\frac{C}{UMC}\frac{\partial UMC}{\partial C} \qquad [8]$$

De donde, despejando *UMC* e integrando se obtiene:

$$log(UMC) = -\varepsilon\, log(C) + log(k) = log(kC^{-\varepsilon}) \qquad [9]$$

Siendo *k* una constante de integración. Teniendo en cuenta [9], a partir de [2] puede obtenerse:

$$1 + TP = \frac{UMC_{t+1}}{UMC_t} = \left(\frac{C_{t+1}}{C_t}\right)^{\varepsilon} = (1+c)^{\varepsilon} \qquad [10]$$

Siendo *c* la tasa de crecimiento del consumo entre *t* y *t+1*. De esta forma se ha llegado a una sencilla expresión, según la cual la tasa de preferencia temporal por el consumo se obtiene directamente a partir de la tasa de crecimiento del propio consumo y de la elasticidad de la *UMC*. Por otra parte, [10] puede expresarse también como[2]:

$$TP = \varepsilon\, c \qquad [11]$$

La *TP* así obtenida recoge como único motivo para que el valor del consumo disminuya con el tiempo el supuesto de que la *UMC* es decreciente. Desde el punto de vista individual existen, sin embargo, otros motivos para que la tasa de descuento sea positiva. En primer lugar, los individuos consideran el consumo presente más valioso en parte porque lo ven más cerca, porque son impacientes. Es lo que se ha denominado *miopía del consumidor*, que muchos autores califican de irracional. Así por ejemplo,

[2] Tomando logaritmos neperianos en ambos lados y, haciendo uso de que ln (1+ α) ≅ α cuando α es de pequeña magnitud.

Ramsey (1928, p. 543) afirma que es "producto de la debilidad de la imaginación", Pigou (1920, p. 25) que "los individuos tiene su facultad telescópica defectuosa" y Harrod (1948, p. 40) que es "una expresión de que la pasión conquista a la razón". La cuestión es si este argumento constituye una justificación para el descuento social y, por lo tanto, si debe incorporarse al cálculo de la *TP*. Si se considera la impaciencia como una actitud irracional, podría justificarse su exclusión del análisis social, como argumenta Kula (1984 p.879). Sin embargo, otros autores como Tinbergen (1956), Eckstein (1961) o Scott (1977, 1989), se muestran más cautelosos en este aspecto.

Por otra parte, los individuos también suelen tener en cuenta su probabilidad de muerte a la hora de tomar sus decisiones de consumo y ahorro. Cuánto mayor es la probabilidad de morir, mayor será en general la tasa de descuento que aplican. Si bien la sociedad como tal podría considerarse inmortal, ello no constituye un argumento suficiente para ignorar el riesgo de muerte en la tasa social de descuento si se acepta que ésta debe reflejar las preferencias individuales.

Sea ρ la tasa pura de preferencia temporal que refleja la impaciencia de la sociedad en su conjunto por el consumo, y π la probabilidad de muerte entre el período t y $t + 1$ para un individuo representativo de dicha sociedad. La *UMC* en el período $t + 1$ reflejará estas dos circunstancias de la siguiente forma:

$$UMC_{t+1} = \frac{(1-\pi)k\,C_{t+1}^{-\varepsilon}}{1+\rho} \qquad [12]$$

Es decir, la *UMC* en el segundo período se multiplica por la probabilidad de supervivencia y se descuenta con la tasa pura de preferencia temporal. Teniendo en cuenta [12], el cociente entre las *UM* del consumo en los dos períodos resultaría:

$$1+TP = \frac{(1+\rho)}{(1-\pi)}(1+c)^{\varepsilon} \qquad [13]$$

Es decir:

$$TP = \rho + \pi + \varepsilon\, c \qquad [14]$$

De esta forma, en la *TP* se incluyen ahora las tres posibles justificaciones del descuento, la impaciencia, el riesgo de muerte y la utilidad marginal decreciente, al mismo tiempo que se mantienen perfectamente separables sus efectos. Basta con asignar un valor nulo a ρ para eliminar el motivo de impaciencia, y a π para suprimir la probabilidad de muerte. La expresión [14], o alguna de sus formas reducidas, es de aceptación general para el cálculo de la tasa de preferencia social temporal (ver por ejemplo Eckstein, 1957; Feldstein, 1977; Ray, 1985; Pearce y Ulph, 1995; Brent, 1997). Los trabajos en los que se realiza su estimación empírica son, sin embargo, escasos y podrían agruparse en dos tipos principales. En primer lugar, los que realizan la estimación a partir de los datos correspondientes a un individuo representativo de la sociedad. De esta forma se evita el problema de tener que agregar los mapas de preferencia temporal individual en un único mapa social, problema que Marglin (1963a) considera un caso particular de la agregación de funciones de utilidad individuales para el que Arrow

(1951) enunció su Teorema de la Imposibilidad. En este grupo destacan los estudios de Kula para Estados Unidos y Canadá (Kula, 1984), Trinidad y Tobago (Kula, 1986) y Reino Unido (Kula, 1985 y 1988), de Sharma, McGregor y Blyth (1991) para la India, de Pearce y Ulph (1995) para Reino Unido y de Souto (2001), que realizó la estimación para España. A dicho individuo representativo se le imputan los datos macroeconómicos de consumo per capita. La tasa de crecimiento del consumo no es difícil de obtener, aunque es importante utilizar series suficientemente largas, para evitar que queden reflejados los efectos de crisis o expansiones económicas, en las que las variaciones en las pautas de consumo responden más a cambios en la renta disponible que no en las preferencias. Mayor discrepancia existe en cuanto a la estimación de la elasticidad de la *UMC*, aunque los resultados obtenidos en todos los trabajos revisados la sitúan en un rango de valores comprendidos entre el 0,7 y el 2 por ciento.

En lo que respecta a la los otros dos parámetros, la impaciencia y el riesgo de muerte, no reciben el mismo tratamiento en todos los estudios. Kula (1984, 1985, 1986, 1988) no considera la impaciencia. Sharma, McGregor y Blyth (1991) van más allá al no incorporar tampoco la probabilidad de morir. Sin embargo, Pearce y Ulph (1995) consideran ambos elementos. La importancia cuantitativa de la tasa de preferencia temporal pura parece ser pequeña, ya que las estimaciones disponibles la sitúan entre un 0 y un 0,5%, (Pearce y Ulph utilizan un 0,3% para Gran Bretaña). En cuanto a la probabilidad de muerte, su valor varía bastante entre países, pero no resulta nunca inferior a un 0,8%, por lo que su influencia en el valor final de la *TP* es bastante superior al de la impaciencia. En la Tabla 1 se resumen los resultados disponibles.

Tabla 1. Resultados disponibles para la tasa social de preferencia temporal (*TP*)

Autor	País	Tasa de crecimiento del consumo (c)	Tasa de preferencia temporal pura (ρ)	Probabilidad de muerte (π)	Elasticidad de la utilidad marginal del consumo (ε)	Tasa social de preferencia temporal (TP)
Kula (1984)	EE.UU.	2,3	-	0,9	1,9	5,3
	Canadá	2,8	-	0,8	1,6	5,2
Kula (1985)	G. Bretaña	2,0	-	2,2	0,7	3,6
Kula (1986)	Trinidad y T.	2,8	-	1,6	1,8	6,2
Kula (1987)	G. Bretaña	2,0	-	1,2	0,7	2,6
Sharma et al (1991)	India	1,5	-	-	1,4	2,1
Pearce y Ulph (1995)	G. Bretaña	1,3	0,3	1,3	0,8	6,2
Souto (2001)	España	2,2	-	0,9	2,1	5,5

Un segundo grupo de trabajos estudia la tasa social de preferencia temporal a partir de encuestas a individuos a los que se sitúa en el papel de un decisor social. Entre ellos cabe destacar el de Lázaro, Barberán y Rubio (2001) para el caso español. El objetivo de estos trabajos no es, sin embargo, la obtención de un valor para la tasa social de preferencia temporal, sino el estudio de diferentes aspectos relacionados, como si la tasa depende del tipo de bien que se intercambia o de su cuantía, por ejemplo. Por ello, las encuestas se limitan a ámbitos muy concretos, como grupos de estudiantes, que no permiten la generalización de los resultados.

Estimación del coste de oportunidad del capital (*CO*)

Para estimar empíricamente el valor del *CO* existen varias alternativas. En primer lugar, podría recurrirse a la solución que proporciona el mercado. En competencia perfecta, el tipo de interés de mercado que iguala la oferta y demanda de capitales no es sino la tasa rendimiento marginal de la inversión, y por lo tanto podría interpretarse como el *CO*. Sin embargo, Marglin (1963a) ya rechazó la validez de este resultado argumentando que el tipo de interés determinado en un mercado de capitales atomizado carece de significado normativo alguno para la planificación colectiva de la inversión. Por otro lado, las características de los actuales mercados de capitales actuales no invitan a pensar que se trate de mercados perfectamente competitivos. Para empezar, no existe un único tipo de interés de mercado, sino un amplio abanico con apreciables diferencias entre los valores máximo y mínimo. Algunos autores como Antoñanzas, Juárez y Rovira (1999) acuden a los tipos de interés de la deuda pública. Pero, además de que existen varios, debe tenerse en cuenta que el Estado goza de una posición privilegiada en el mercado de capitales que puede hacer que el tipo al que decide endeudarse guarde poca relación con las preferencias sociales.

Una segunda vía para aproximar el coste de oportunidad del capital es la propuesta de Harberger y Wisecaver (1977), y aceptada por otros autores como Powers (1981) o Londero (1992). Se trata de utilizar la tasa de beneficio de la economía, definida como el cociente entre la cifra total de beneficios de la actividad económica y el stock de capital utilizado en el proceso productivo. El problema en este caso reside fundamentalmente en la falta de datos macroeconómicos adecuados. Las Cuentas Nacionales, incluidas las de España, proporcionan una cifra de beneficios (el Excedente Bruto de Explotación o *EBE*), que no es del todo exacta. En primer lugar porque muchos impuestos están excluidos. Segundo, porque una parte de rentas del trabajo se incluyen dentro de las denominadas rentas mixtas[3] que forman parte del beneficio bruto de la actividad económica, cuando está claro que constituyen costes del trabajo. Por último y quizás más grave, los beneficios de las actividades públicas se consideran nulos por definición, pues el valor de su producto se iguala a los costes necesarios para su obtención. Tomando el resultado con la debida precaución, el cociente entre el *EBE* de la economía española y el stock de capital[4] se sitúa en un 20,7% para el período 1990-1995.

[3] En las *rentas mixtas* se incluye la remuneración a los trabajadores no asalariados, tales como los trabajadores por cuenta propia, los miembros de cooperativas y las ayudas familiares, cuyos ingresos constituyen en buena parte rentas del trabajo y no del capital.

[4] El *EBE* se obtiene directamente de la Contabilidad Nacional de España. Los datos de stock de capital son los de la Fundación BBV (1998), ajustados por un índice de utilización de la capacidad productiva proporcionado por la Dirección General y Previsión y Coyuntura.

Una tercera posibilidad para el cálculo del coste de oportunidad del capital en una economía sea la utilización de la productividad marginal del capital (*PMK*), obtenida directamente a partir de la estimación de una función de producción agregada. Considerando por ejemplo una función Cobb-Douglas:

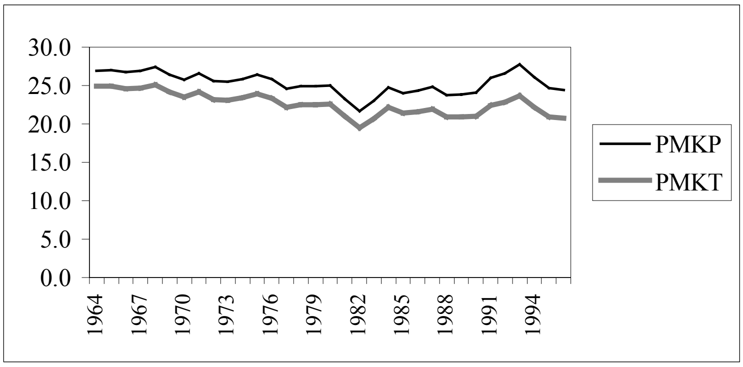
$$Y_t = AK_t^{\beta_1} L_t^{\beta_2} e^{C_t T} \qquad [15]$$

Siendo *Y* la producción agregada, *K* y *L* los inputs capital y trabajo, *A* una constante, *T* el tiempo y C_t el término que recoge el progreso técnico. Los coeficientes β_1 y β_2 expresan la elasticidad de la producción con respecto al *K* y al *L* respectivamente. La productividad marginal del factor capital (*PMK*) en cada período *t* se obtiene como:

$$PMK_t = \beta_1 \frac{Y_t}{K_t} \qquad [16]$$

Sharma y McGregor (1991) realizaron la estimación de la función [15] para la India. Para España existen diversos trabajos que estiman una función de producción agregada, separando capital público y privado. Un excelente resumen de ellos se encuentra en De la Fuente, (1996). Souto (2001) realizó la estimación utilizando el stock de capital neto total. Utilizando los resultados obtenidos en esos estudios[5], se ha estimado la productividad marginal del capital privado (*PMKP*) y del capital total (*PMKT*) en España, cuya evolución se presenta en la Figura 2.

Figura 2. Evolución de la productividad marginal del capital privado (*PMKP*) y total (*PMKT*) en España (1964-1996)



Fuente: elaboración propia

La *PMKP* resulta ligeramente superior a la *PMKT*, siendo la evolución de ambas muy similar. En concreto, la media de todo el período considerado (1964-1996) es de un 25,3% para la *PMKP* y un 22,6% para la *PMKT* respectivamente. Se trata, en cualquier caso, de valores mucho más elevados que los obtenidos para la tasa social de preferencia temporal, lo cual indica que la asignación intertemporal

[5] Los datos del stock de capital son los estimados por la Fundación BBV (1998), para el período 1964-1996. La elasticidad del capital privado (β_{1P} = 0,45) es la obtenida por Serra y García Fontes (1994), y la del capital total (β_{1T} = 0,47) procede del trabajo de Souto (2001).

de consumo no es la óptima, sino que el ahorro es inferior al que resultaría de una situación de perfecto equilibrio, como la representada en el punto E_3 de la Figura 1.

3. La reconciliación de las dos teorías tradicionales: el cálculo del valor actual neto ajustado

Si bien en una situación de equilibrio perfecto la *TP* y el *CO* necesariamente coinciden, fuera de ella debe tenerse en cuenta que se trata de dos medidas que utilizan un numerario diferente, como señalan Pearce y Ulph (1995). La *TP* utiliza como numerario el consumo, ya que expresa su disminución de valor en el tiempo. El *CO* por su parte, al preocuparse de la asignación óptima del ahorro, toma como numerario la inversión. Será necesario pues, tener en cuenta la naturaleza de los flujos que se pretenden actualizar antes de decidir cuál es el modelo de descuento adecuado. Esto es lo que plantea precisamente el enfoque del valor actual neto ajustado (*VANAJ*), desarrollado a partir del seminal trabajo de Marglin (1963b), que consiste en una combinación de la *TP* y el *CO* en el proceso de actualización. Se propone la adopción del consumo como numerario único, de forma que la *TP* es la tasa adecuada para el descuento. Simultáneamente, los flujos del proyecto que estén expresados en términos de inversión deben convertirse a dicho numerario, utilizando para ello el precio sombra del capital (*psk*). El *psk* se define como el valor de una unidad de inversión en términos de consumo, es decir, indica el valor actual del consumo futuro generado por la inversión presente de una unidad monetaria. Su valor ha de ser positivo y finito (cuando la tasa de rendimiento anual del capital es superior a la tasa de descuento), o bien nulo (si la tasa de rendimiento del capital es nula).

Con el fin de ilustrar el funcionamiento del *VANAJ*, supóngase un proyecto que requiere invertir *A* unidades monetarias (u.m.) en el período actual y que genera unos beneficios de *B* u.m. en el período siguiente. El cálculo de su *VANAJ* se realizaría como:

$$VANAJ = -\left[aA + (1-a)A\ psk\right] + \left[\frac{\alpha B + (1-\alpha)\ B\ psk}{1+TP}\right] \qquad [17]$$

En donde *a* es la proporción de los fondos invertidos en el proyecto que procede del consumo y (1 - *a*) la proporción procedente de una inversión alternativa. Paralelamente (α) y (1-α) son las proporciones de outputs generados por el proyecto que están expresadas en términos de consumo y en términos de inversión respectivamente. De la expresión [17] se puede deducir fácilmente que el cálculo del *VANAJ* consiste en corregir los fondos de financiación del proyecto por un factor *u*, y los outputs con un factor *v*, tales que:

$$u = a + (1-a)psk \qquad [18]$$

$$v = \alpha + (1-\alpha)psk \qquad [19]$$

El factor *u* puede interpretarse como el coste social unitario en términos de consumo de los fondos necesarios para la financiación de un proyecto público. Por su parte *v* representaría el valor social unitario, también en términos de consumo, de los impactos provocados por dicho proyecto. De forma que el *VANAJ* recogido en [17] podría expresarse también como:

$$VANAJ = -uA + \frac{vB}{1+TP} \qquad [20]$$

En la Tabla 2 se muestra la relación entre el *VAN* y el *VANAJ* para distintos valores de *a* y α, dado el *psk*. En el *Caso I*, cuando la proporción de fondos del proyecto que se retiran del consumo y la proporción de outputs en términos de consumo coinciden (*a* = α), el *VANAJ* resulta ser siempre un múltiplo del *VAN*. Dependiendo del valor del *psk*, el *VANAJ* podría resultar inferior (0 < *psk* < 1), igual (*psk* = 1) o superior (*psk* < 1) al *VAN*, pero en todo caso resultaría equivalente utilizar el *VAN* o el *VANAJ* como criterio para la selección de proyectos, ya que con ambos resulta la misma ordenación[6]. En un extremo, cuando el origen de los fondos es únicamente el consumo y todos los outputs están también en términos de consumo (*a* = α = 1) el *VANAJ* coincide con el *VAN*, siendo irrelevante el valor del *psk*. En el extremo opuesto, si (*a* = α = 0), el *VANAJ* sería *psk* veces el VAN alcanzando su valor máximo si *psk* > 1 o mínimo si *psk* < 1.

Tabla 2. Relación entre el valor actual neto ajustado (*VANAJ*) de un proyecto y el *VAN* obtenido con una tasa de descuento igual a la *TP*

	fondos procedentes del consumo ***a***		flujos destinados al consumo **α**	coste social unitario de los fondos públicos ***u***	valor social unitario de los outputs públicos ***v***	**Relación *VANAJ* y *VAN***
Caso I						
	a	=	α	*a* + (1- *a*) *psk* = α + (1- α) *psk*		*VANAJ* = *u·VAN* = *v·VAN*
Ejemplo	1		1	1	1	*VANAJ* = *VAN*
Ejemplo	0		0	*psk*	*psk*	*VANAJ* = *psk·VAN*
Caso II						
psk > *1*	*a*	>	α	*a* + (1- *a*) *psk* < α + (1- α) *psk*		*VANAJ* > *VAN*
psk < *1*	*a*	>	α	*a* + (1- *a*) *psk* > α + (1- α) *psk*		*VANAJ* < *VAN*
Caso III						
psk > *1*	*a*	<	α	*a* + (1-*a*) *psk* > α + (1- α) *psk*		*VANAJ* < *VAN*
psk > *1*	*a*	<	α	*a* + (1-*a*) *psk* < α + (1- α) *psk*		*VANAJ* > *VAN*

El *Caso II* muestra una situación en la que el proyecto público retira del consumo una proporción de fondos más alta a la de sus outputs en términos de consumo (*a* > α), es decir, provoca una reasignación de recursos a favor de la inversión. Para cualquier *psk* superior a la unidad el factor de ajuste para los fondos del proyecto es inferior al que se aplica a los outputs ($u < v$), de manera que el *VANAJ* resulta superior al *VAN*. De esta forma, la rentabilidad del proyecto resulta corregida al alza premiándose la redistribución que se realiza a favor de la inversión, cuyo valor social es más elevado que el del consumo. En el caso extremo de que todos los fondos del proyecto procedan del consumo mientras que todos los outputs obtenidos son de inversión ($a = 1$; $\alpha = 0$), el *VANAJ* alcanzaría un valor máximo con respecto al *VAN*, pues todos los outputs del proyecto resultarían multiplicados por el *psk*, mientras los fondos necesarios para su financiación se mantienen constantes. Exactamente lo contrario ocurriría cuando $a > \alpha$ pero el *psk* es inferior a la unidad, indicando que el consumo es socialmente más valioso que la inversión. En este caso, el *VANAJ* del proyecto siempre resultaría inferior al *VAN*, como penalización por la reasignación que realiza en contra del consumo.

Finalmente, en el *Caso III* se considera que el proyecto provoca una reasignación a favor del consumo ($a < \alpha$). Con un *psk* mayor que uno, el factor de ajuste para los fondos del proyecto resulta ahora superior al factor de ajuste para los outputs ($u > v$), con lo que el *VANAJ* resulta inferior al *VAN*. De esta manera se penaliza la reasignación que se provoca a favor del consumo, socialmente menos valioso que la inversión. Lo contrario ocurre cuando el $psk < 1$.

Del análisis realizado hasta aquí se desprende que, bajo la condición de que el coste social y el valor social unitario de los fondos públicos sean iguales ($u = v$), seleccionar los proyectos con el *VAN* calculado directamente con la *TP* es equivalente a seleccionarlos con el *VANAJ*, puesto que este último es un múltiplo del primero (*Caso I* de la Tabla 2). De esta forma, utilizar directamente la *TP* como tasa de descuento sería suficiente. Este resultado se desprende ya del trabajo seminal de Marglin (1963b), y posteriormente fue defendido por otros autores como Arrow (1966) o Bradford (1975). Teniendo en cuenta [18] y [19], es fácil comprobar que la igualdad entre u y v sólo ocurrirá en dos casos. En primer lugar, si el *psk* es igual a la unidad, situación en la que la inversión y el consumo tendrían el mismo valor social. En segundo lugar, si el proyecto público no altera la asignación privada de recursos entre consumo e inversión, sea eficiente o no ($a = \alpha$).

La utilización del *VANAJ* se ve claramente condicionada por la necesidad de disponer de las proporciones a y α, así como del valor del *psk*. En primer lugar, para estimar qué parte de los fondos de un proyecto público provienen del consumo o de una inversión alternativa se requiere gran cantidad de información, y es muy posible que el resultado varíe según el tipo de proyecto. En último término, la financiación de cualquier política o proyecto público proviene del sector privado, básicamente de impuestos. Podría suponerse entonces que esos recursos, de mantenerse en manos privadas se hubiesen consumido (invertido) según la propensión media al consumo (ahorro). En el caso de España, por ejemplo, para el período 1990-95 el consumo nacional es aproximadamente un 80% de la renta nacional.

[6] El resultado de la evaluación de cada proyecto podría variar, pero nunca cambiaría de signo ya que $psk \geq 0$.

En cuanto a los outputs generados por una intervención pública, el numerario que se utiliza para cuantificar y valorar los costes y beneficios es generalmente el consumo. Así por ejemplo, si el output público es una carretera, los beneficios serían principalmente ahorros de tiempo para sus usuarios. Aunque el bien que produce un proyecto es un bien de inversión (una infraestructura), sus beneficios se miden y valoran en unidades de consumo, por lo tanto resultaría que $\alpha = 1$. Ahora bien, algunos autores como Bradford (1975) y Lind (1982) consideran la posibilidad de que los proyectos públicos provoquen efectos sobre la inversión privada que no quedan recogidos en los costes o beneficios imputados al proyecto, sino que se traducirían en incrementos de renta para los individuos. Por ejemplo, un proyecto que implique el desarrollo de una tecnología nueva que reducirá costes en el futuro, se concretaría en un incremento de renta disponible en el sector privado. Los individuos consumirían e invertirían dicho incremento de renta en la misma proporción que el resto de su renta. En todo caso, se trata de un efecto a discutir en cada tipo de proyecto público. La sola posibilidad de que α sea distinta de la propensión media al consumo, y por lo tanto de a, es suficiente para justificar la necesidad de utilizar el *VANAJ* en lugar del *VAN* en un proceso de evaluación.

Por último, en la estimación del *psk* tampoco faltan discrepancias. Existen varias propuestas, tres de las cuales se derivan del propio trabajo de Marglin (1963b), que pueden dar lugar a resultados muy dispares. A esta cuestión se dedica la Sección siguiente.

4. La estimación del precio sombra del capital

En tanto se define como un valor actual, el cálculo del *psk* dependerá necesariamente de al menos dos elementos. Por una parte de la tasa de rendimiento anual de la inversión, que denotaremos como q, y que muy bien se puede interpretar como el *CO* definido en la Sección 1, es decir como la tasa de rentabilidad anual de la mejor inversión alternativa. En segundo lugar, el *psk* dependerá también de la tasa de descuento empleada para actualizar, que se denotará como i. Dado que los rendimientos anuales que se pretenden descontar son flujos de consumo, la i apropiada no es otra que la tasa social de preferencia temporal (*TP*). He aquí pues que el valor del *psk* está en función de las dos tasas cuyo conflicto se pretende solucionar, la *TP* y el *CO*. A continuación se realiza un análisis de las diferentes propuestas para la estimación del *psk*.

Modelo I. Siguiendo a Marglin (1963b) se plantea que la inversión actual de una unidad monetaria (u.m.) da lugar a un rendimiento anual constante de Q (u.m.) durante un período de tiempo T, lo que representa una tasa de rendimiento anual de q (siendo $q = Q$ al ser la inversión inicial de una unidad). Suponiendo que el capital inicial nunca se recupera (valor residual nulo), y que cada año se consume la totalidad de rendimientos obtenidos, el valor actual de la corriente de consumo generada, será:

$$psk_I = \sum_{t=1}^{T} \frac{q}{i} = \frac{q}{i} - \frac{q}{i(1+i)^T} \qquad [21]$$

A medida que T tienda a infinito, el segundo término de la expresión anterior tiende a anularse, de forma que el psk_I se igualaría al cociente entre la tasa anual de rendimiento y la tasa de descuento,

$$psk_I = \frac{q}{i} \qquad [22]$$

Cline (1992) obtuvo una formulación equivalente para el precio sombra del capital. Definiendo r como la tasa interna de rendimiento (*TIR*) del proyecto de inversión de una u.m. que da lugar a T anualidades de Q u.m. debe cumplirse que:

$$-1 + \sum_{t=1}^{T} \frac{Q}{(1+r)^t} = 0 \qquad [23]$$

De donde puede obtenerse la anualidad Q, que de nuevo coincide con la tasa de rendimiento anual q, en función de la *TIR* del proyecto como:

$$Q = q = \frac{r}{1-(1+r)^{-T}} \qquad [24]$$

De forma que, cuando T tiende a infinito, la *TIR* del proyecto coincide con la tasa de rendimiento anual ($r = q$), mientras que en cualquier otro caso $r < q$. Teniendo en cuenta [24], la fórmula del *psk* propuesta por Marglin (1963b) recogida en [21] puede expresarse también como:

$$psk_I = \frac{r}{i}\left[\frac{1-(1+i)^{-T}}{1-(1+r)^{-T}}\right] \qquad [25]$$

Que es la expresión obtenida por Cline (1992), posteriormente aceptada por otros autores como Pearce y Ulph (1995).

Modelo II. Marglin (1963b), introduce la posibilidad de reinversión de los rendimientos anuales. El supuesto es que tanto el principal invertido inicialmente (1 u.m.) como sus rendimientos se recuperan al final de cada período, reinvirtiéndose una proporción s_Q del total. La tasa de rendimiento (q) se considera constante para todos los períodos. El *psk* se obtiene calculando el valor actual del consumo realizado en todos los períodos que resulta:

$$psk_{II} = \sum_{t=1}^{T} \frac{(1-s_Q)s_Q^{t-1}(1+Q)^t}{(1+i)^t} \qquad [26]$$

De donde, despejando se obtiene:

$$psk_{II} = \frac{(1-s_Q)\left(\frac{1+q}{1+i}\right)}{1-s_Q\left(\frac{1+q}{1+i}\right)} \qquad [27]$$

Esta misma expresión obtenida por Marglin (1963b) es la que propuso Bradford (1975) como fórmula general para el cálculo del *psk*.

Modelo III. Marglin (1963b) también considera la posibilidad de que la tasa de reinversión afecte únicamente a los rendimientos. Es decir, en cada período se reinvertiría una proporción s_Q de los rendimientos, mientras que el capital inicial se mantiene invertido en su totalidad. Ello sería equivalente a reinvertir una proporción s_K del total (rendimientos más capital inicial) tal que:

$$s_K = \frac{1+q\,s_Q}{1+q} \qquad [28]$$

De forma que el valor actual de la corriente de consumo generada será ahora:

$$psk_{III} = \sum_{t=1}^{T} \frac{(1-s_K)s_K^{t-1}(1+Q)^t}{(1+i)^t} \qquad [29]$$

De donde, simplificando y teniendo en cuenta [28], resulta:

$$psk_{III} = \frac{(1-s_Q)q}{i-s_Q q} \qquad [30]$$

Esta misma formulación es la que propone Mendelsohn (1981) tras una dura crítica a los resultados obtenidos por Bradford (1975) con el *Modelo II*.

Modelo IV. Lind (1982) también critica la propuesta de Bradford (1975) al considerar que los valores para el *psk* a los que da lugar son demasiado bajos. En su opinión, la tasa de reinversión que utiliza Bradford (1975) no es correcta. Según Lind (1982) no sólo debe considerarse la reinversión de todo el principal y una proporción s_Q de los rendimientos, como considera el *Modelo III*, sino que además, en cada período se reinvertiría también una cantidad equivalente a la depreciación (*D*) del activo en el que se ha realizado la inversión inicial. Por lo tanto, además de mantenerse invertido el capital inicial, en cada período se reinvertiría una proporción z_Q de los rendimientos tal que:

$$z_Q = \frac{D}{Q} + s_Q \frac{(Q-D)}{Q} \qquad [31]$$

Si la depreciación fuese nula, z_Q y s_Q coincidirían, mientras que para cualquier tasa de depreciación positiva ($D/Q > 0$), resultaría $z_Q > s_Q$.

En el modelo de Lind (1982) la inversión inicial de una unidad en un activo con una duración de *T* años, origina a una serie de flujos de rendimientos que se prolongan hasta 2*T* (en *T* se realiza la última reinversión por depreciación que se prolonga durante *T* períodos adicionales). Agregando todos esos flujos con la tasa de descuento del consumo y multiplicando el resultado por la proporción consumida en cada período (1 - z_Q), se obtiene el valor de la corriente de consumo generada, es decir, el *psk*, que resulta finalmente:

$$psk_{IV} = \frac{(1-z_Q)q\,x}{1-z_Q q\,x} \qquad [32]$$

Siendo *x* es la expresión que, multiplicada por una corriente de flujos constante durante *T* períodos da lugar a su valor actual descontado a la tasa *i*, es decir:

$$x = \frac{1}{i} - \frac{1}{i(1+i)^T} \qquad [33]$$

Comparación de los distintos modelos

El análisis de las diversas propuestas para el cálculo del precio sombra del capital, debe permitir la comparación entre ellas y, en consecuencia, la selección de la más adecuada. En los cuatro modelos analizados el planteamiento inicial del problema es idéntico: se invierte una unidad en el período inicial que da lugar a unos rendimientos anuales durante T períodos. Las diferencias residen fundamentalmente en un factor, como es la tasa de reinversión de los rendimientos anuales. En el *Modelo I* no se considera tal reinversión, mientras que los *Modelos II*, *III* y *IV* sí la consideran aunque difieren en cuanto a su cuantía. Antes de discutir la selección de la formulación adecuada, puede resultar útil disponer de alguna información en cuanto a la magnitud de las diferencias entre los resultados. Con ese objetivo, en la Tabla 3 se muestran los resultados que se obtendrían para el *psk* con cada uno de los modelos revisados, según un abanico de posibles valores para los distintos parámetros implicados. Por ejemplo, para la tasa social de preferencia temporal (i), en consonancia con los resultados empíricos disponibles recogidos en la Tabla 1, se consideran un 2%, un 5% y un 7%. Para la tasa de rendimiento anual de la inversión (q) los valores son de un 10%, un 15%, un 20% y un 25% (la *PMK* en España se situaba alrededor del 22%).

Como muestra la Tabla 3, los *Modelos III* y *IV* dan lugar en algunos casos a resultados difícilmente explicables desde el punto de vista económico, pues el valor para el precio sombra del capital resulta negativo o incluso infinito. Así por ejemplo, para una productividad del capital del 20% y una tasa de descuento del 5%, del *Modelo III* resulta $psk_{III} = 6$ si la tasa de reinversión es de un 10%, y $psk_{III} = 16$ si la tasa de reinversión es del 20%. Sin embargo, si la tasa de reinversión es del 30%, el psk_{III} se convierte en –14, al ser el denominador del psk_{III} negativo. Mendelsohn (1981, p. 242) ignora este problema sustituyendo el valor negativo del denominador por un cero, obteniendo así un *psk* infinito. Sin embargo, el resultado es igual de absurdo, ya que no se puede justificar de ninguna forma que un incremento marginal en la tasa de reinversión de los rendimientos, todo lo demás constante, provoque que el *psk* se incremente infinitamente.

El mismo comportamiento muestra también el *Modelo IV*. Para los mismos datos que en el caso anterior, $q = 0{,}2$, $i = 0{,}05$ y $s_Q = 0{,}1$, se obtiene $psk_{IV} = 8{,}86$, que aumenta a $psk_{IV} = 494{,}67$ cuando $s_Q = 0{,}2$ y se convierte en $psk_{IV} = -7{,}12$ si $s_Q = 0{,}3$.

Por el contrario, los *Modelos I* y *II* presentan un buen comportamiento en todos los casos, con resultados dentro de lo esperado, y, lo que es más importante, consistentes. Ambos aumentan si lo hace la tasa de rendimiento del capital, y disminuyen al aumentar la tasa de descuento, todo lo demás constante. Además, el psk_{II} aumenta también con la tasa de reinversión (el psk_I no depende de este parámetro).

Tabla 3. Valores para el precio sombra del capital según los diferentes modelos analizados

		i = 0,02			i = 0,05			i = 0,07		
	s_q =	0,10	0,20	0,30	0,10	0,20	0,30	0,10	0,20	0,30
q = 0,10	psk_I	1,64	1,64	1,64	1,25	1,25	1,25	1,06	1,06	1,06
	psk_{II}	1,09	1,10	1,12	1,05	1,06	1,07	1,03	1,04	1,04
	psk_{III}	9,00	(∞)	(-7,00)	2,25	2,67	3,50	1,50	1,60	1,75
	psk_{IV}	7,31	34,58	(-9,11)	1,78	1,98	2,30	1,14	1,16	1,19
q = 0,15	psk_I	2,45	2,45	2,45	1,87	1,87	1,87	1,59	1,59	1,59
	psk_{II}	1,14	1,16	1,19	1,11	1,12	1,14	1,08	1,10	1,11
	psk_{III}	27,00	(-12,00)	(-4,20)	3,86	6,00	21,00	2,45	3,00	4,20
	psk_{IV}	77,81	(-9,05)	(-3,71)	4,45	7,81	288,56	2,62	3,28	4,86
q = 0,20	psk_I	3,27	3,27	3,27	2,49	2,49	2,49	2,12	2,12	2,12
	psk_{II}	1,20	1,23	1,27	1,16	1,19	1,22	1,14	1,16	1,18
	psk_{III}	(∞)	(-8,00)	(-3,50)	6,00	16,00	(-14,00)	3,60	5,33	14,00
	psk_{IV}	(-35,13)	(-6,37)	(-3,10)	8,86	494,67	(-7,12)	4,59	8,34	(-172,96)
q = 0,25	psk_I	4,09	4,09	4,09	3,12	3,12	3,12	2,65	2,65	2,65
	psk_{II}	1,26	1,30	1,36	1,22	1.25	1,30	1,19	1,22	1,26
	psk_{III}	(-45,00)	(-6,67)	(-3,18)	9,00	(∞)	(-7,00)	5,00	10,00	(-35,00)
	psk_{IV}	(-20,35)	(-5,55)	(-2,07)	17,57	(-16,40)	(-4,70)	7,38	36,42	(-8,.97)

Notas: los valores de psk_I y psk_{IV} se obtienen con un T = 20, mientras que psk_{II} y psk_{III} se calculan con T infinito. Entre paréntesis se señalan los resultados negativos o infinito.

Todo indica pues, que la diferencia de resultados según la formulación utilizada para obtener el *psk* puede ser significativa, lo cual obliga a plantear una selección rigurosa de la técnica más adecuada. Dejando al margen por el momento las inconsistencias en las que pueden incurrir los *Modelos III* y *IV*, la primera cuestión a plantear es si la tasa de reinversión de los rendimientos es relevante (*Modelos II*, *III* y *IV*) o no (*Modelo I*) en el cálculo del *psk*. Cline (1992) esgrime un importante argumento en contra. Según este autor, la incorporación de una tasa de reinversión de los rendimientos en el cálculo del *psk* supone una doble contabilidad de los efectos del ahorro y la inversión en el descuento social. En realidad, dichos efectos ya son tenidos en cuenta cuando se utiliza como función objetivo en la evaluación del proyecto público el *VANAJ*, a través de los factores de ajuste *u* (coste social unitario de los fondos públicos) y *v* (valor social unitario de los outputs públicos) y por lo tanto no deberían considerarse una segunda vez en el cálculo del *psk*. Una segunda cuestión a tener en cuenta es la posibilidad de que el proyecto genere rendimientos que no son directamente reinvertibles, como lo es el dinero. Si a estos dos argumentos se les añaden las inconsistencias que muestran dos de los tres modelos que consideran reinversión (*Modelos III* y *IV*), parece razonable seleccionar el *Modelo I* como la mejor alternativa. En este caso, el valor para el precio sombra del capital depende exclusivamente de la tasa de preferencia temporal, del coste de oportunidad del capital y de la duración de la inversión.

5. Conclusiones

La ausencia de equilibrio perfecto en los mercados de capital de una economía provoca que la tasa de preferencia social temporal (*TP*) difiera de la tasa de rendimiento marginal de la inversión (*CO*), planteándose la disyuntiva de cuál de las dos magnitudes es adecuada para la actualización de los costes y beneficios originados por un proyecto público. En realidad, se trata de dos tasas basadas en un numerario distinto, el consumo en el caso de la *TP* y la inversión en el caso del *CO*. Por ello, la solución correcta no es la simple utilización de una de ellas como tasa social de descuento en el cálculo del valor actual neto (*VAN*) del proyecto, sino que consiste en una combinación adecuada de ambas. Se trata de sustituir el *VAN* del proyecto como función objetivo por el valor actual neto ajustado (*VANAJ*), que tiene en cuenta los posibles efectos de un proyecto sobre el consumo y la inversión privados.

En el cálculo del *VANAJ* se toma como numerario el consumo, y por lo tanto se utiliza la *TP* como tasa descuento. Pero al mismo tiempo, los fondos del proyecto que proceden de una inversión alternativa se multiplican por el precio sombra del capital (*psk*), y por lo tanto son corregidos teniendo en cuenta el coste de oportunidad del capital. El mismo ajuste se realiza a los outputs del proyecto que provocan efectos sobre la inversión privada.

El *psk* expresa el valor social actual en términos de consumo de una unidad de inversión. Su valor será distinto a la unidad cuando se parte de una asignación consumo-inversión que no es la socialmente eficiente. En primer lugar, si el consumo es superior al que resultaría en perfecto equilibrio (situación de infrainversión), el *CO* es superior a la *TP*, y por lo tanto el *psk* será mayor a la unidad. Esto es lo que parece ocurrir en el caso español, pues las estimaciones sitúan a la *TP* alrededor de un 5%, el *CO* en torno al 20% y el *psk* aproximadamente en 2,5. El cálculo del *VANAJ* tiene en cuenta esta situación, resultando más elevado que el *VAN* para aquellos proyectos que suponen una reasignación de recursos a favor de la inversión. Por el contrario el *VANAJ* es inferior al *VAN* para todos aquellos proyectos en los que sale favorecido el consumo, agravando la ineficiencia inicial en la asignación.

Si la situación de partida fuera la existencia de sobreinversión, es decir, un nivel de consumo inferior al eficiente, la *TP* resultaría superior al *CO* y por lo tanto el *psk* sería inferior a uno (la inversión sería menos deseable que el consumo). De nuevo la utilización del *VANAJ* incorporaría esta característica, en este caso premiando a los proyectos que realizan una reasignación a favor del consumo.

En definitiva, la utilización del *VANAJ* dará lugar a resultados diferentes a los del *VAN* dependiendo de los valores de *u* el factor de ajuste para los fondos de un proyecto, y *v* el factor de ajuste para los outputs. Ambos dependen, por una parte, del *psk*, que indica si el valor social de la inversión es superior (*psk* > 1), inferior (*psk* < 1) o igual (*psk* = 1) al del consumo. En segundo lugar, dependerán también de las proporciones *a* de fondos procedentes del consumo y α de outputs en términos de inversión, cuya diferencia refleja si el proyecto realiza una reasignación de recursos a favor del consumo (*a* < α), de la inversión (*a* > α) o no altera la asignación privada (*a* = α).

Tabla 4. Valores para los factores de ajuste de los fondos (*u*) y los outputs (*v*) de un proyecto público teniendo en cuenta su origen y destino

a α	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0	*u* = 2,50 *v* = 2,50	2,50 2,35	2,50 2,20	2,50 2,05	2,50 1,90	2,50 1,75	2,50 1,60	2,50 1,45	2,50 1,30	2,50 1,15	2,50 1
0,1	2,35 2,50	2,35 2,35	2,35 2,20	2,35 2,05	2,35 1,90	2,35 1,75	2,35 1,60	2,35 1,45	2,35 1,30	2,35 1,15	2,35 1
0,2	2,20 2,50	2,20 2,35	2,20 2,20	2,20 2,05	2,20 1,90	2,20 1,75	2,20 1,60	2,20 1,45	2,20 1,30	2,20 1,15	2,20 1
0,3	2,05 2,50	2,05 2,35	2,05 2,20	2,05 2,05	2,05 1,90	2,05 1,75	2,05 1,60	2,05 1,45	2,05 1,30	2,05 1,15	2,05 1
0,4	1,90 2,50	1,90 2,35	1,90 2,20	1,90 2,05	1,90 1,90	1,90 1,75	1,90 1,60	1,90 1,45	1,90 1,30	1,90 1,15	1,90 1
0,5	1,75 2,50	1,75 2,35	1,75 2,20	1,75 2,05	1,75 1,90	1,75 1,75	1,75 1,60	1,75 1,45	1,75 1,30	1,75 1,15	1,75 1
0,6	1,60 2,50	1,60 2,35	1,60 2,20	1,60 2,05	1,60 1,90	1,60 1,75	1,60 1,60	1,60 1,45	1,60 1,30	1,60 1,15	1,60 1
0,7	1,45 2,50	1,45 2,35	1,45 2,20	1,45 2,05	1,45 1,90	1,45 1,75	1,45 1,60	1,45 1,45	1,45 1,30	1,45 1,15	1,45 1
0,8	1,30 2,50	1,30 2,35	1,30 2,20	1,30 2,05	1,30 1,90	1,30 1,75	1,30 1,60	1,30 1,45	1,30 1,30	1,30 1,15	1,30 1
0,9	1,15 2,50	1,15 2,35	1,15 2,20	1,15 2,05	1,15 1,90	1,15 1,75	1,15 1,60	1,15 1,45	1,15 1,30	1,15 1,15	1,15 1
1	1 2,50	1 2,35	1 2,20	1 2,05	1 1,90	1 1,75	1 1,60	1 1,45	1 1,30	1 1,15	1 1

En la Tabla 4 se ha procedido a la estimación de los factores de ajuste de los fondos (*u*) y los outputs (*v*) de un proyecto público según diferentes valores de las proporciones *a* y α, dado un *psk* = 2,5. Como puede observarse, cuando *a* = α (diagonal principal) los factores de ajuste *u* y *v* son iguales, con lo cual bastaría calcular el *VAN* del proyecto con la *TP* para realizar la evaluación. Por encima de la diagonal principal ocurre que *a* < α, y por lo tanto el proyecto realiza una reasignación a favor del consumo, resultando *u* > *v*, y en consecuencia, un *VANAJ* inferior al *VAN*. Por último, por debajo de la diagonal principal se muestran casos en los que el proyecto público favorece a la inversión ($a > \alpha$), con lo cual su *VANAJ* resultará superior al *VAN*. El ajuste máximo al alza tendría lugar cuando todos los fondos del proyecto proceden del consumo ($a = 1$) y todos los outputs se destinan a la inversión ($\alpha = 0$), en cuyo caso los fondos del proyecto permanecen constantes mientras los outputs se multiplican por 2,5. Exactamente lo inverso ocurriría cuando $a = 0$ y $\alpha = 1$.

La solución al problema del descuento social consiste en cambiar el cálculo del *VAN* por el del *VANAJ*. En ciertos casos, cuando la asignación entre consumo e inversión es eficiente o cuando el proyecto no altera la asignación privada, el *VAN* y el *VANAJ* conducen al mismo resultado, pero en cualquier otro caso el *VANAJ* diferirá del *VAN* reflejando si el proyecto supone un acercamiento o no a la asignación de equilibrio. La aplicación del *VANAJ* está condicionada fundamentalmente por la información que requiere: la tasa de preferencia temporal, el coste de oportunidad del capital, el precio sombra del capital y la reasignación de recursos que se realiza entre consumo e inversión.

Referencias bibliográficas

Antoñanzas, F., Juárez, C. y Rovira, J. (1999), “El problema de la actualización en la evaluación económica de proyectos sanitarios”, *Hacienda Pública Española*, 148: 3-21.

Arrow, K.J. (1951), *Social choice and individual values*, Nueva York: Wiley.

Arrow, K.J. (1966), “Discounting and public investment criteria”, in Kneese, A.V. and Smith, S.C. (eds), *Water research*, Baltimore: Johns Hopkins University Press, 13-32.

Bradford, D. (1975), “Constraints on government investment opportunities and the choice of discount rate”, *American Economic Review*, 65 (5): 887-899.

Brent, R.J. (1997), *Applied cost-benefit analysis*, Edward Elgar: Cheltenham.

Cline, W. (1992), *The economics of global warming*, Washington D.C.: International Institute for International Economics.

Eckstein, O. (1957), “Investment criteria for economic development and the theory of intertemporal welfare economics”, *Quaterly Journal of Economics*, 71: 56-85.

Eckstein, O. (1961), “A survey of the theory of public expenditure criteria”, en Nacional Bureau of Economic Research (NBER), *Public finances, needs, sources and utilization*, Princeton: Princeton University Press, 439-504.

Feldstein, M. (1964), “The social time preference rate”, *Economic Journal*, 74: 360-379

Feldstein, M. (1977), “Does the United States save too little*?”*, *American Economic Review*, 67: 116-121.

Fuente De la, A. (1996), “Infraestructuras y productividad: un panorama de la evidencia empírica”. *Información Comercial Española*, 757: 25-40.

Fundación BBV (1998), *El stock de capital en España y su distribución provincial*, Bilbao: Fundación BBV.
Harberger, A.C. y Wisecaver, D.L. (1977), “Private and social rates of return to capital in uruguay”, *Economic Development and Cultural Change*, 25 (3): 411-445.

Harrod, R. (1948), *Towards a dynamic economics*, (v.c. 1966, *Hacia una Economía Dinámica*, Madrid: Tecnos.

Kula, E. (1984), “Derivation of social time preference rates for united states and canada”, *The Quaterly Journal of Economics,* 99: 873-882.

Kula, E. (1985), “An empirical investigation on the social time preference rate for the United Kingdom”, *Environment and Planning*, 17: 199-212.

Kula, E. (1986), “The analysis of social interest rate in Trinidad and Tobago”, *Journal of Development Studies,* 92 (4): 731-739.

Kula, E. (1988), *The economics of forestry: Modern theory and practice*, Croom Helm: Londres.

Lázaro, A., Barberán R. y Rubio E. (2001), “Private and social time preferences for health and money: an empirical estimation”, *Health Economics*, 10 (4): 351-356.

Lind, R.C. (1982), *Discounting for time and risk in energy policy*, Baltimore: Johns Hopkins University Press.

Londero, E. (1992), *Precios de cuenta*, Washington: Banco Interamericano de Desarrollo.

Marglin, S. (1963a), "The social rate of discount and the optimal rate of investment", *Quaterly Journal of Economics*, 77 (2): 95-111.

Marglin, S. (1963b), "The opportunity costs of public investment", *Quaterly Journal of Economics*, 77 (2): 274-289.

Mendelsohn, R. (1981), "The choice of discount rates for public projects", *American Economic Review*, 71 (1): 239-241.

Pearce, D.W. y Ulph, D. (1995), *A social discount rate for the United Kingdom*, Centre for Social and Economic Research on the Global Environment (CSERGE), Working Paper 95-01.

Pigou, A.C. (1920), *Economics of welfare*, Londres: Macmillan.

Powers, T. (Ed) (1981), *El cálculo de los precios de cuenta en la evaluación de proyectos*, Washington D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo.

Ramsey, F.P. (1928), "A mathematical theory of saving", *Economic Journal*, 38: 543-559.

Ray, A. (1985), *Análisis de costos-beneficios: Cuestiones y metodología*, Banco Mundial, (v.c. 1986, Madrid: Tecnos).

Scott, M.F.G. (1977), "The test rate of discount and changes in base-level income in the United Kingdom", *Economic Journal*, 87: 219-241.

Scott, M.F.G. (1989), *A new view of economic growth*, Oxford: Clarendon Press.

Serra, D. y García-Fontes W. (1994), "Capital público, infraestructuras y crecimiento", en Esteban, J.M. y Vives, X. (eds), *Crecimiento y convergencia regional en España y Europa*, Barcelona: Instituto de Análisis Económico, 451-505.

Sharma, R.A. y McGregor, M.J. (1991), "Economic discount rates for social forestry projects in India: Estimates and problems", *Project Appraisal*, 6 (1): 47-52.

Sharma, R.A., McGregor M.J. y Blyth J.F. (1991), "the social discount rate for land-use projects in India", *Journal of Agricultural Economics*, 42 (1): 86-91.

Souto, G. (2001), *Trabajo y capital en la evaluación pública de proyectos*, Madrid: Instituto de Estudios Fiscales, Serie Investigaciones VI/2001.

Tinbergen, J. (1956), "The optimun rate of saving", *Economic Journal,* 66: 603-609.