

**Propuesta metodológica en
proyectos públicos de inversión
real bajo el principio de desarrollo
sostenible**

**Proposals for public investment projects
under the principle of sustainable
development**

Alberto Torrijos Regidor¹

¹ Español. Grado: Master y Doctorado (2000 y 2001), Ingeniero de Caminos Canales y Puertos (Universidad Politécnica de Madrid). Adscripción: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (España). Correo electrónico: jatorrijos@fomento.es

Fecha de recepción: 5 de mayo de 2014

Fecha de aceptación: 18 de marzo de 2015

DOI: <http://dx.doi.org/10.20983/noesis.2016.2.2>

Introducción

“Desarrollo sostenible”, según la Comisión Brundtland (1987), es “aquel desarrollo capaz de satisfacer las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (United Nations, 1987).

Atendiendo a esa definición, cuando hablamos de “satisfacer necesidades” estamos hablando de los aspectos económicos y ecológicos que encierra la palabra “desarrollo”, es decir, estamos hablando de la interacción que ha realizado durante milenios el hombre con la naturaleza y que ha supuesto un consumo secular de recursos naturales. Actualmente podemos decir que, en gran parte, los seres humanos o las comunidades humanas interaccionan con la naturaleza a través de lo que hoy llamamos proyectos de inversión. Bajo esta perspectiva, si quisiéramos realizar el PDS-Brundtland necesitaríamos profundizar en el contenido de su definición, precisar cada uno de sus elementos y dar una respuesta a las incertidumbres que pueden surgir. De la realización de esta actividad surgen aspectos que no están definidos explícitamente en el enunciado del principio y que deben tener una respuesta.

Los aspectos que surgen de este análisis sobre el PDS-Brundtland son:

- El enunciado general no expresa el mecanismo a través del cual se podría llevar a cabo.
- No define quién es el sujeto que debe conseguir el desarrollo sostenible.
- No precisa cuáles son las generaciones futuras, qué lugar ocupan, qué tamaño tienen y cuáles son sus posibilidades para tomar decisiones.

En este trabajo se abordan estos aspectos y se aporta una respuesta razonada a cada uno de ellos en el caso de la realización de proyectos de inversión real. Como resultado de esta tarea surgen una serie de

apartados de necesario estudio y se desarrollan en el presente trabajo en sucesivos apartados. Los apartados son:

- La delimitación de la comunidad inversora y su evolución.
- El valor que otorgan las comunidades inversoras a los recursos naturales en un momento dado y en su relación con el tiempo.
- El plazo temporal que hay que considerar en el estudio de los proyectos de inversión y que denominamos “vida del proyecto de inversión”.
- Por último, los criterios de factibilidad de los proyectos de inversión bajo el PDS-Brundtland.

El orden expositivo de este trabajo se inicia mostrando quién es el actor de las inversiones reales. Se especifica el contenido y evolución de las comunidades inversoras.

Posteriormente se procede a analizar cómo esas comunidades inversoras pueden valorar los recursos naturales que se consumen en los proyectos de inversión real. Esto requiere que se disponga de dos elementos: 1) La disposición de una tasa (o tasas) de descuento en el tiempo de todos los *inputs* y *outputs* que intervienen en el flujo del proyecto de inversión; 2) la disposición de métodos de valoración que permitan valorar los efectos sobre los recursos naturales que causan las inversiones reales. Ambos aspectos se analizan y se expone una formulación de una tasa de descuento que podría aplicarse a estos proyectos.

La elección de un horizonte temporal para la vida de los proyectos de inversión real de forma que permita la materialización del PDS-Brundtland es otro de los aspectos a analizar. De este análisis surge el concepto de “periodo intergeneracional” que constituye un concepto necesario, aunque no suficiente, para materializar el PDS-Brundtland.

Habiendo establecido cuál es el periodo de vida de un proyecto de inversión real coherente con el PDS-Brundtland, disponiendo de metodologías para valorar los efectos sobre los recursos naturales de los proyectos de inversión real y disponiendo de una formulación que genera una tasa de descuento para aplicar al flujo de *inputs* y *outputs* de los proyectos de inversión real exponemos, dentro de unos límites, una propuesta y unas condiciones de actuación que permiten dar una

respuesta sobre la factibilidad de los proyectos de inversión bajo el PDS-Brundtland.

1. Establecimiento de la comunidad inversora y estimación de su evolución demográfica

Los agentes que realizan las actuaciones de inversión pública son comunidades inversoras (generalmente se identifican con los distintos Estados que hay en el mundo y en este trabajo se considera este hecho como hipotético). Cada comunidad inversora tiene una población y ocupa un fragmento territorial. Cada comunidad decidirá sobre la realización de sus inversiones. El PDS-Brundtland requiere que cada comunidad tenga en cuenta que la generación que le ha de proseguir tendrá las mismas posibilidades que ella para satisfacer sus necesidades.

La determinación de la evolución demográfica exacta de cada comunidad inversora no es posible. No obstante, existen estimaciones de la evolución de la población en el mundo para el año 2050 realizadas por Naciones Unidas a través de proyecciones partiendo de datos recogidos entre los años 1998 y 2010 y postulando distintos escenarios de crecimiento (United Nations, 2010). Se observa que el intervalo temporal de estas proyecciones es 40-52 años. Existe una corriente de opinión numerosa que considera que se llegará a un máximo de población hacia el final del segundo tercio de este siglo y a partir de ese momento cabe esperar la estabilización o un decrecimiento (Cabré A., 2011).

2. Valor que da la sociedad, a lo largo del tiempo, a las sustracciones y adiciones realizadas sobre el stock de recursos naturales que producen los proyectos de inversión que afronta

Pearce y Turner en el año 1993 establecieron la expresión, hoy comúnmente aceptada en el ámbito económico, de " $K_t = K_n + K_m$ ", donde K_t es el capital total (Azqueta, D. 1994), K_n es el capital natural creado por la naturaleza como *stock* que proporciona bienes y servicios

(Constanza y Daly, 1992); K_m es el capital manufacturado (Pearce, D., Turner, K. R., 1995).

Dentro del capital natural se encuentran los recursos naturales de carácter renovable y no renovable (Constanza, R. *et al.*, 1997)

Se señala que las expresiones aditivas anteriores hay que entenderlas como una unión de conjuntos de límites que pueden ser indefinidos y pueden presentar intersecciones entre ellos.

Las inversiones reales que realizan las comunidades inversoras tienen efectos sobre el capital natural (K_n). Esos efectos deben considerarse de la manera más completa posible en el estudio del proyecto de inversión. Debe tenerse en cuenta que:

- En general, toda actividad humana “relacionada con la producción” implica un decremento del capital natural K_n a costa de incrementar capital manufacturado “ K_m ” junto con un nuevo decremento posterior y adicional del valor global de K_n por la devolución de residuos al medio ambiente. Por otra parte, el capital natural no renovable es irrecuperable.
- Pueden aparecer, en casos, efectos medioambientales positivos; ello significaría un aumento de K_n .
- Existen efectos medioambientales que perduran más allá de cualquier periodo de tiempo elegido para realizar el estudio del proyecto de inversión real; particularmente habrá efectos perpetuos.

Con respecto a la valoración de los efectos medioambientales en el estudio de los proyectos de inversión real, hay dos aspectos a comentar. Uno es la disponibilidad de métodos de valoración adecuados para estimar los efectos sobre el medio ambiente de los proyectos de inversión. El otro es la adopción de una tasa de descuento para esos efectos ambientales que se producen a lo largo del tiempo.

2.1. En cuanto a la tasa de descuento

La factibilidad de un proyecto de inversión es sensible a la tasa de descuento que se adopte (UE, 2003). El valor de la tasa de descuento va

a ser importante para determinar la factibilidad del mismo y no existe un consenso sobre el valor a adoptar.

En este trabajo se acepta como un hecho básico que los seres humanos, y las sociedades que forman, son las que otorgan el valor a las cosas que le rodean. El mecanismo por el que el ser humano otorga valor a las cosas es complejo. En ese mecanismo intervienen distintos aspectos psicológicos de la naturaleza humana: deseo, necesidad, pretensión de sensatez, simpatía, altruismo, sentimientos religiosos, miedo, etcétera. Esos sentimientos son los que han venido otorgando el valor de uso, opción, cuasi-opción y existencia a los recursos naturales (Pearce, D., Turner, K. R., 1995). Sobre esta base, vamos a postular que el “deseo” que experimentará una sociedad humana para llevar a cabo un proyecto de inversión dependerá directamente de la “necesidad” de los bienes y servicios producidos por la inversión y, simultáneamente, dependerá inversamente del deseo de preservar los recursos naturales de que dispone esa comunidad, y especialmente de aquellos que son no-renovables, con una intensidad inversa a la cantidad de recursos naturales de que se disponga. Sin rechazar la existencia de los diversos aspectos psicológicos que participan en el mecanismo de valoración humana, en este trabajo se afirma que existen aspectos preponderantes y el deseo predominante para preservar los recursos naturales nace del miedo, concretamente del miedo ante la muerte, del miedo ante la posibilidad de desaparición de la naturaleza y de nosotros mismos. La preservación de los recursos naturales supone la ampliación del horizonte temporal de la vida, que incluye la vida humana; supone una ganancia de tiempo de vida. En este trabajo, la tasa de descuento que se adopte en un proyecto de inversión tendrá en cuenta este hecho e integra aspectos psicológicos de la naturaleza humana que incluyen los valores de uso, opción y existencia de los recursos naturales (Pearce, D. W., Turner R. K., 1995).

Existen estudios empíricos cuyos resultados indican que el consumidor actúa con una propensión al consumo distinta al de los bienes comunes cuando se trata de bienes ambientales (Luckert, Admowicz, 1993); estos resultados pueden inducir al uso de dos tasas de descuento diferentes: una aplicada a los efectos ambientales del proyecto y otra

que se aplicaría al resto de los efectos del proyecto de inversión (Torrijos, J. A., 2007). Sin embargo, los resultados de esos estudios presentan los problemas a los que están sujetas las investigaciones sociológicas. Entre esos problemas se encuentra la presencia de formación insuficiente en los encuestados, que conlleva a que los entrevistados tengan una visión de la realidad sesgada (Sartori G., 1997); también, que esos estudios se han hecho en un intervalo temporal concreto que no comprende el largo plazo.

En el presente trabajo se va a adoptar una única tasa de descuento que se aplicará a todo el flujo directamente monetario y al no directamente monetario aunque susceptible de ser expresado en unidades monetarias. La razón más importante para adoptar una única tasa de descuento procede del análisis del papel histórico que juega *el tiempo* en la producción económica y, en particular, en los proyectos de inversión real. Los resultados de este análisis son:

- En cualquier función de producción debe aparecer el tiempo junto a los *inputs* representados por los recursos naturales. Si se considera el tiempo como un recurso natural, el *input* tiempo es el único recurso natural que no puede faltar en cualquier función de producción.
- Se considera que el factor de producción “capital” está vinculado al tiempo (Hicks, 1973). Los *inputs* representados por los bienes de capital o de consumo están vinculados al tiempo.
- Se considera que el tiempo está vinculado al factor trabajo. Actualmente el factor trabajo se remunera con unidades materiales (particularmente monetarias) por unidad de tiempo de trabajo. Se supone que en comunidades humanas ancestrales, de mera supervivencia, sin existencia de moneda, sin existencia de comercio de intercambio (trueque), la actividad humana iba dirigida a sobrevivir; es decir, la actividad humana iba dirigida a no morir; es decir, a ganar tiempo de vida humana.
- Coherentemente con la motivación, ya expresada anteriormente, de las comunidades humanas para llevar a cabo los proyectos de inversión, los *outputs* de los proyectos de inversión real de las comunidades humanas deben ser, en último término, ganancias de tiempo de vida.

Un aspecto requerido por la perspectiva adoptada es la contabilización del stock de recursos naturales no renovables. En este aspecto introducimos una consideración nueva. Existe un momento histórico en el que se implanta de forma palpable en las comunidades (en cada comunidad asentada sobre un territorio determinado) la conciencia de “escasez e importancia” de los recursos naturales no renovables. Ese sería el momento de empezar a contabilizar el stock de recursos naturales no renovables disponibles. A partir del momento inicial, adoptado convencionalmente, las distintas comunidades que afrontan proyectos de inversión deberán contabilizar cuál es la pérdida de recursos naturales no renovables en cada uno de sus proyectos de inversión que han ejecutado desde ese momento inicial hasta el momento de realizar un nuevo proyecto de inversión.

Por último, hay un hecho que se debe considerar de acuerdo con el contenido del PDS-Brundtland. El hecho es que no todas las comunidades han realizado un consumo semejante de recursos naturales en sus actividades de inversión (Fernández, J. A., 2011). Podemos suponer que existirá una consecuencia política de ese hecho y que será una reivindicación histórica de cada comunidad de acuerdo con su grado de consumo de recursos naturales no renovables. Esta reivindicación, que suponemos realista, es coherente con una prescripción ética del PDS-Brundtland (United Nations, 1987: Intro 27) en el sentido de que hay que aceptar, en el planteamiento global del desarrollo económico en el mundo, prioridad de los países más pobres para acceder a él.

Determinación de la tasa de descuento

Sobre la base de lo expuesto, exponemos a continuación las hipótesis adoptadas para proceder a la determinación de una tasa de descuento en un proyecto de inversión real:

- i) El deseo de consumir recursos naturales por una comunidad es función directa de la cantidad de recursos naturales disponibles para ella. Una cantidad baja de recursos naturales dismi-

nuye el deseo de su consumo o, lo que es lo mismo, aumenta el rechazo a ser consumidos.

ii) Dentro de los recursos naturales serán los de carácter no renovable los que modulen con gran fuerza el rechazo a su consumo por la comunidad conforme la cantidad de ellos vaya disminuyendo, por lo que los recursos naturales no renovables serán los que vamos a considerar en nuestras deducciones.

iii) La variación del deseo de consumo (D) de recursos naturales no renovables (RNN) con respecto a los recursos naturales que hay en un momento dado va a depender de la cantidad de recursos naturales que haya en ese momento.

iv) La cantidad de recursos naturales que han existido en el mundo a lo largo del tiempo es una función decreciente del tiempo y la evolución de su stock en el tiempo también es decreciente.

v) Existe un momento histórico en el cual las distintas comunidades que habitan en el mundo cobran conciencia del valor de los recursos naturales y ese momento convencional marca el momento inicial de contabilización de los recursos naturales. Existe, en consecuencia, un “momento inicial de contabilización de los recursos naturales no renovables disponibles” para una comunidad y el resultado de esa contabilización nos da el stock inicial de recursos naturales no renovables (lo denominaremos “RNN₀”). Al momento inicial convencional de contabilización lo simbolizaremos “ t_0 ”.

vi) Los agentes consumidores de recursos naturales no renovables son las distintas comunidades humanas, normalmente bajo la forma política de Estados, y el consumo de recursos naturales realizado por las distintas comunidades o Estados ha sido diferente.

vii) Antes del momento inicial de contabilización de recursos naturales no renovables, los proyectos de inversión serían llevados a cabo de acuerdo con la necesidad o deseo de consumir los *outputs* de esos proyectos en relación con los costos que supone llevar a cabo esos proyectos de inversión. Las tasas de

descuento a aplicar en este escenario serían las tradicionales tasas de preferencia social del consumo o la asociada al coste de oportunidad del capital. Denominaremos a esta tasa, exenta de la contemplación de la escasez de recursos naturales no renovables, como “tasa de descuento inicial” que simbolizaremos como T_0 .

Tomemos una comunidad humana inversora y supongamos que el número de proyectos que se han afrontado desde el momento T_0 hasta el momento en el que se va a afrontar el proyecto de inversión $n+1$, han sido “ n ” proyectos. Si llamamos “ l_α ” al “lastre ambiental irrecuperable” del proyecto de inversión “ α ” (pérdida de recursos naturales no renovables del proyecto “ α ”), la pérdida total de estos recursos antes de afrontar el proyecto $n+1$ será igual a:

$$\sum_{\alpha=1}^n (l_\alpha)$$

La hipótesis iii nos lleva a afirmar que la relación entre el deseo de consumo de recursos naturales no renovables (o rechazo a ese consumo, se puede decir “deseo negativo”) que experimenta la comunidad inversora, depende de la cantidad que haya de estos de forma más fuerte que la proporcional. La tasa de descuento variará de la misma manera. A esta tasa de descuento la simbolizaremos como:

$$T$$

Expresado matemáticamente:

D = Deseo de consumo de bienes por la comunidad

RNN = Recursos naturales no renovables

$$\frac{\partial D}{\partial RNN} = F(RNN)$$

$$\frac{\partial T}{\partial RNN} = G(RNN)$$

Las estructuras de las dos ecuaciones diferenciales nos permiten afirmar que las funciones D y T se adaptan a una expresión de tipo exponencial dependiente, al menos, de RNN.

Las funciones anteriores “F” y “G” son, en principio, desconocidas. No disponemos de datos empíricos suficientes que permitan conocer esas funciones. Sin embargo, sí existen unas condiciones que debe cumplir la función “G” de manera coherente con el contenido de este trabajo. Esas condiciones son dos:

1ª.- Si la comunidad no ha afrontado ningún proyecto de inversión desde el momento inicial t_0 , entonces el valor de la tasa de descuento a aplicar al proyecto de inversión será la tasa de descuento inicial (T_0).

2ª.- Si la comunidad ha afrontado un conjunto de proyectos tales que han consumido todos los recursos naturales no renovables disponibles, entonces la tasa de descuento a aplicar al proyecto valdrá cero y será inviable cualquier proyecto de inversión pues un efecto medioambiental permanente contabilizará en el flujo del proyecto de inversión con un valor infinito, generalmente con signo negativo.

Sea una comunidad concreta que caracterizamos con el símbolo “ i ”. Las condiciones anteriores permiten la construcción de un campo de soluciones para T :

$$T_i = T_{oi}^{\frac{(1-\lambda_i.k_i)}{(1-k_i)}}, \lambda_i > 1.$$

Siendo “ k_i ” el cociente entre la suma de los “lastres ambientales irrecuperables” de los distintos proyectos de inversión que ha realizado la comunidad desde el momento convencional de inicio de la contabilización del stock de recursos naturales no renovables y el montante de ese stock inicial de recursos ambientales no renovables (RNN₀); es decir,

$$k(i) = \sum_{\alpha=1}^n l(i)\alpha / RNN\alpha(i)$$

El valor de “ki” es representativo de la intensidad de inversión que ha realizado una comunidad humana (i) en un fragmento de su territorio. Le vamos a denominar “coeficiente de intensidad de inversión”.

El valor de λ_i se puede identificar con un grado de propensión al rechazo (no consumo) de RNN cuando aumenta la escasez de los recursos, de acuerdo con las hipótesis 1ª y 3ª expuestas al principio de este epígrafe. Teniendo en cuenta lo expuesto en el apartado 2.1, también se puede identificar con la relación que existe en la comunidad entre el rechazo que experimenta la comunidad al consumo de RNN (no consumo de RNN) y la necesidad de usar RNN para la obtención de bienes y servicios (consumo de RNN). Su valor debe ser adimensional.

Como vemos en la formulación obtenida para el cálculo de $T(i)$ podemos decir que su valor se obtiene corrigiendo el valor de $T_o(i)$ con el exponente “ $(1-\lambda_i.k_i)/(1-k_i)$ ”.

Con respecto al valor de $T_o(i)$ se indica que el desequilibrio del sistema económico conlleva desigualdad entre la tasa de preferencia social del consumo y el coste de oportunidad social del capital. Obtendremos resultados distintos planteando la obtención de la tasa de descuento desde el punto de vista del consumo o de la inversión: puede ser 4-5 veces mayor para la inversión que para el consumo en el caso de España (Souto, 2001). En este trabajo se recomienda el uso de la tasa de preferencia social del consumo porque los proyectos de inversión social están dominados por el consumo y el principio de desarrollo sostenible amplía ese dominio.

La factibilidad económica de un proyecto de inversión será tanto más difícil conforme crezca el valor de “ki” y “ λ_i ”. Las comunidades desarrolladas tendrían más dificultades para que los proyecto de inversión sean viables en su territorio (en el cuadro 1 se muestra ejemplo

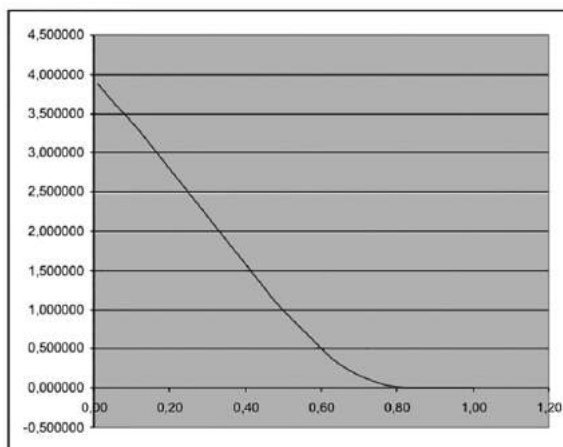
de evolución de los valores de $T(i)$ de acuerdo con los valores de $k(i)$ tomando $\lambda_i=2$).

Cuadro 1. Ejemplo de evolución de los valores de la tasa de descuento ambiental según la variación de los valores de la intensidad de inversión (k_i).

Valor adoptado de la tasa de descuento del flujo monetario del proyecto: 3.92%, calculado según las condiciones expresadas en este artículo sobre un conjunto de datos tomados de España (Souto, 2001).

En este trabajo se opta por utilizar la tasa de preferencia temporal al consumo de la comunidad promotora, la cual se puede estimar por el método empírico de Eckstein, que parte de un consumidor tipo medio, si bien los flujos de inversión se deberían corregir con el precio sombra del capital (valoración actualizando al inicio del proyecto la corriente de consumo que genera la inversión presente de una unidad monetaria).

$k(i)$	$T(i)$
0.00	3.920000
0.01	3.885806
0.02	3.831274
0.03	3.776407
0.04	3.721207
0.05	3.665678
0.06	3.609822
0.07	3.553644
0.08	3.497147
0.09	3.440337
0.10	3.383218
0.15	3.093205
0.20	2.796547
0.25	2.494580
0.30	2.189191
0.35	1.882974
0.40	1.579424
0.45	1.283134
0.50	1.000000
0.55	0.737340
0.60	0.503793
0.65	0.308727
0.70	0.160696
0.75	0.064418
0.80	0.016350
0.85	0.001663
0.90	0.000017
0.95	0.000000
0.97	0.000000
0.99	0.000000
1.00	0.000000



Eje de abscisas: $k(i)$.
Eje de ordenadas: $T(i)$
Hemos supuesto que $\lambda_i=2$.

De los valores expresados en el cuadro y de la gráfica observamos lo siguiente:

- Ambas gráficas son decrecientes: a mayor valor de "k" menor valor de las tasas de descuento y, en consecuencia, menor factibilidad del proyecto de inversión.
- La curva exponencial difiere poco de una expresión lineal hasta valores de $k(i)=0,5$.
- A partir de un valor de $k(i)$ del 75% el proyecto de inversión tiene una tasa centesimal y el proyecto de inversión será de factibilidad muy difícil. Valores de $k(i)$ del 90% hacen que, en la práctica, la factibilidad sea imposible.
- Con valores de k altos (mayores del 70%) las decisiones sobre la ejecución de los proyectos de inversión están dominados por "el miedo" a la pérdida de los recursos ambientales no renovables.

En el planteamiento abstracto que acabamos de realizar, en el supuesto de economías cerradas, cada comunidad considerada que ocupa un determinado territorio tendrá una tasa propia de descuento a aplicar a un proyecto de inversión en un momento dado, consecuencia del lastre total en el que ha incurrido desde el momento inicial de contabilización y de los recursos naturales no renovables disponibles en ese momento inicial.

El paso de economías cerradas a una economía abierta universal

Sin embargo, la apertura económica de unas regiones con respecto a otras genera una nueva región que las integra en otra mayor y en la que la formulación sigue siendo válida. En último término la unión puede ser total y abarcaría a todas las regiones iniciales relacionándose económicamente en un régimen abierto y podríamos hablar, en este caso, de una "tasa de descuento" que se adaptaría con más exactitud a la realidad económica del mundo en el que vivimos. En este caso la expresión sería:

$$TU = TU_o \frac{(1-\lambda U.kU)}{(1-kU)}$$

$$k(U) = \sum_{\alpha=1}^u l(U)\alpha / RNN_o(U)$$

$$u \gg n$$

“ kU ” es el cociente adimensional entre la suma de los lastres ambientales irrecuperables de los distintos proyectos de inversión que han realizado todas las comunidades desde el momento convencional de inicio de la contabilización y el stock de recursos naturales no renovables que existían en todo el mundo en ese momento inicial. “ λU ” es la propensión al no consumo de RNN de la comunidad global.

A KU se le denomina en este trabajo “coeficiente de intensidad de inversión universal”. Obsérvese que se pueden usar unidades físicas o monetarias para su determinación. La determinación de KU requiere disponer de una contabilidad ambiental desarrollada e implantada en todo el mundo. Existe la posibilidad de realizar estimaciones sobre su valor.¹ “ λU ” podría determinarse con técnicas estadísticas basadas en encuestas de opinión.

El parámetro kU , a través de su participación en el exponente $(1-\lambda U.kU)/(1-k(U))$, configura un operador que corrige la tasa de descuento universal inicial TbU transformándolo en la tasa de descuento a aplicar a un proyecto que se va a ejecutar en un momento dado.

El valor de kU puede entenderse como un valor medio de todas las intensidades de inversión que se han producido en las distintas comunidades del mundo. De una forma más precisa, se puede decir que kU es la media ponderada de todas las intensidades de inversión local, realizadas por todas las comunidades que se consideran en el mundo, de acuerdo con el stock inicial de recursos naturales no renovables de cada una de ellas.

TbU puede obtenerse de diversas formas (no es un valor único ni absoluto); no obstante se recomienda en su determinación el uso de las vías de preferencia al consumo.¹

Contemplación del principio político de prioridad de desarrollo dirigido los países más pobres

Anteriormente hemos dado una formulación para el valor de una tasa de descuento que se puede adoptar en una comunidad concreta, inserta en una economía abierta universal, aplicable en el estudio de cualquier proyecto de inversión.

Sin embargo, esa formulación no incluye los siguientes aspectos:

- existen comunidades que ocupan un fragmento territorial que han consumido recursos naturales no renovables de otro fragmento, disminuyendo el stock inicial de recursos naturales en este;
- existen fragmentos territoriales en los cuales la cuantía de inversión ha sido inferior a la de otros.

1 Estimación del valor de KU .

Dado que su determinación precisa es difícil, se podría estimar sobre la base de la idea de que en todo proceso de creación de recursos manufacturados existe un *input* energético y, el *input* energético de carácter no renovable procede de los combustibles fósiles. Por ello, con base en las reservas iniciales de combustibles fósiles estimadas y en la energía no renovable consumida para llevar a cabo todo el conjunto de proyectos, tendríamos con una contabilización más fácil una idea sobre el valor real de KU . Evidentemente, ello supone considerar, erróneamente, un mismo factor de proporcionalidad entre la totalidad de recursos naturales y su parte de combustibles fósiles, y entre el total de recursos naturales no renovables consumidos en un proyecto de inversión y la parte de ellos que son combustibles fósiles.

Por ejemplo, sabiendo que las reservas de petróleo que había a finales del año 2011 fueron de 143 mil millones de toneladas, que equivalen a un billón de barriles de petróleo, y sabiendo que el consumo durante el año 2012 ha sido del orden de 80 millones de barriles de petróleo al día (supone 29 200 millones de barriles de petróleo en el año 2012), tomando como momento convencional de inicio de contabilidad finales del año 2011:

$$k(U) = \sum_{\alpha=1}^u l(U)\alpha / RNN_0(U) = 29200 \cdot 10^6 / 10^{12} = 0,0292 \text{ (adimensional)}$$

$$TU = TU_0^{\frac{1}{(1-kU)}} = TU_0^{((1-2 \times 0,0292)/(1-0,292))} = TU_0^{0,969}; \lambda U = 2$$

En relación con estos aspectos existe un principio político y ético contemplado en la ONU que prioriza el desarrollo en los países más pobres (United Nations, 1987, Intro, 27). También existen otras manifestaciones políticas con un contenido similar aplicado a las distintas regiones de la Unión Europea (Estrategia Territorial Europea, 1999).

Se ofrece una posibilidad de introducir estos aspectos en la formulación de este trabajo sustentada en priorizar la inversión en aquellos fragmentos territoriales cuyo grado de inversión haya sido inferior a la media mundial y se considera que el grado de prioridad entre los distintos fragmentos debe ser proporcional a su subdesarrollo con respecto a la media del mundo.

La cuantificación del grado de inversión de una comunidad “i” con respecto al grado de inversión medio en el mundo, la vamos a realizar a través del concepto de “densidad de inversión” $d(i)$ y será el valor de dividir el montante de todos los recursos naturales no renovables consumidos desde el momento inicial de referencia hasta nuestros días por la superficie del fragmento de territorio considerado:

$S(i)$ = Superficie del fragmento territorial (i)

$$d(i) = \sum_{\alpha=1}^n l(i)\alpha / S(i)$$

Aplicando lo anterior a todo el territorio del planeta tierra obtenemos el valor de la densidad de inversión media en el mundo:

$S(U)$ = Superficie de la masa sólida del globo terráqueo

$$d(U) = \sum_{\alpha=1}^u l\alpha / S(U)$$

Teniendo en cuenta lo anterior, corregimos la tasa de descuento a aplicar a un proyecto de inversión en las comunidades con densidad de inversión inferior a la media, de acuerdo con la expresión:

$$\hat{T}(i) = TU \cdot \frac{d(U)}{d(i)}$$

$\hat{T}(i)$ = tasa de actualización corregida por bajo desarrollo

La tasa de descuento corregida por existir un nivel de desarrollo inferior a la media mundial supone la adopción de una tasa de descuento del flujo medioambiental del proyecto de inversión más favorable a su factibilidad.

En el cuadro 2 se ofrece un esquema del proceso de determinación de la tasa de descuento que se ha seguido en este trabajo.

Cuadro 2. Esquema del proceso de determinación de la tasa de descuento



(i) fragmento territorial

Para una fragmentación con “i” fragmentos territoriales con economía cerrada:
La tasa de descuento toma el valor :

$$T_i = T_{oi} \frac{(1-\lambda i, ki)}{(1-ki)}$$

$$k(i) = \sum_{\alpha=1}^n l(i)\alpha / RNN\alpha(i)$$

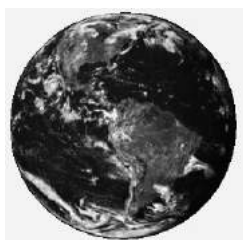


(j) = unión de varios fragmentos

Para una fragmentación con “j” fragmentos territoriales (j<i) con uniones de economías cerradas en otras de mayor tamaño, la fórmula sigue siendo la misma.
La tasa de descuento toma el valor:

$$T_j = T_{oj} \frac{(1-\lambda j, kj)}{(1-kj)}$$

$$k(j) = \sum_{\alpha=1}^n l(j)\alpha / RNN\alpha(j)$$



U = unión de todos los fragmentos y economías del mundo

La unión todas las economías genera una economía abierta universal y un modelo más próximo a la realidad.
La tasa de descuento propuesta toma el valor:

$$TU = TU_o \frac{(1-\lambda U, kU)}{(1-kU)}$$

$$k(U) = \sum_{\alpha=1}^u l(U)\alpha / RNN\alpha(U)$$



(k)

k, fragmentos territoriales
 (i) fragmentación de U y adopción de una tasa de descuento convencional para favorecer el desarrollo de los más pobres y un mayor equilibrio territorial

Teniendo en cuenta un principio político y ético contemplado en la ONU que prioriza el desarrollo en los países más pobres (United Nations, 1987, Intro, 27), la tasa de descuento en la fragmentación “k” toma el valor:

$$\hat{T}(i) = TU \cdot \frac{d(U)}{d(i)}$$

$$d(i) = \sum_{\alpha=1}^n l(i)\alpha / S(i)$$

$$d(U) = \sum_{\alpha=1}^u l\alpha / S(U)$$

2.2. En cuanto a los métodos de valoración

Actualmente existen métodos que posibilitan dar una respuesta racional de valor para una parte importante de lo que hemos considerado como recursos naturales y las variaciones que el proyecto causa en los mismos a lo largo del tiempo (Torrijos, A., 2010). Esas valoraciones hay que entenderlas como unos indicadores de importancia para la comunidad inversora y que deben estar referidas a una misma unidad de medida. La unidad de medida que se elige es la monetaria, para integrar los efectos ambientales de la actuación en el flujo monetario del proyecto de inversión (UE, 2003). Algunas valoraciones se pueden obtener del propio mercado y, en otros casos, habrá que recurrir a la creación de mercados hipotéticos o subrogados, en las vías de preferencia individuales, u otros métodos estadísticos de opinión, usando las vías de preferencia colectivas (UE, 2003).

3. Vida del proyecto de inversión

Cada proyecto de inversión tendrá su periodo de vigencia en el cual debe ser estudiado. Podemos decir que ese periodo es el de la vida del proyecto. Coherentemente con el PDS-Brundtland, se va considerar como vida del proyecto el periodo que transcurre entre “el momento en que se toma una decisión en una materia dada que afecta al stock de recursos naturales” y “el momento estadístico medio en que los seres humanos que nacieron en el momento en el que se tomó la decisión, tomarían ellos decisiones ejecutivas sobre la misma materia para su futuro (su siguiente generación)”. Remarco que el momento final del intervalo es aquel en que se toman “decisiones ejecutivas” (por ejemplo “construir o no un embalse”) sobre la “misma materia” (planificación hidrológica). Dicho periodo se puede estimar en unos 45 años en las sociedades occidentales como un valor medio para todos los ámbitos (planificación industrial, minera, de infraestructuras lineales, hidráulica, etcétera). Viene a ser un periodo de recambio generacional en el mundo del trabajo y se le denomina en este trabajo “periodo intergeneracional”.

En la adopción del periodo intergeneracional como el de la vida del proyecto de inversión, es conveniente destacar que la generación que decide en un momento determinado no usurpa la responsabilidad de la siguiente. Es decir, el horizonte temporal que contempla la generación presente va justo hasta la generación futura. Esa generación futura actuará con la generación siguiente como quiera. Hay una razón práctica y realista que sustenta la elección del periodo intergeneracional como el correspondiente a la vida del proyecto de inversión: la siguiente generación a la que decide sobre una inversión actuará libremente como le parezca; las generaciones precedentes no participan en su decisión. Por otra parte, hay una razón ética al elegir el “periodo intergeneracional” como el de la vida y estudio del proyecto de inversión: es el respeto que una generación debe tener sobre la que le va a proseguir. Cada generación debe respetar *a priori* las decisiones de las generaciones que le prosigan; por eso el periodo de estudio del proyecto de inversión no supera el periodo intergeneracional; esto vie-

ne a ser una afirmación ética del principio de libertad, en este caso no individual, sino colectiva y atemporal.

4. Criterios para establecer la factibilidad de un proyecto de inversión bajo el PDS-Brundtland

Se propone que la factibilidad simple de un proyecto de inversión en fase de planificación se producirá si se cumple:

- Valor añadido neto (VAN) > 0

Existiendo varios proyectos de inversión factibles se elegirá aquel que presente el VAN mayor.

Sin embargo la condición anterior no es suficiente para que el proyecto de inversión cumpla el PDS-Brundtland; se necesitan cumplimientos de condiciones complementarias para materializar el PDS-Brundtland.

Factibilidad de un proyecto de inversión real bajo PDS-Brundtland

Va ser necesario hacer una clasificación general del flujo de los proyectos de inversión real para establecer criterios de factibilidad de los proyectos de inversión real en fase de planificación bajo el PDS-Brundtland.

Los conceptos que se eligen para una clasificación genérica del flujo de efectos, monetarios y no monetarios directamente pero expresables en unidades monetarias, son los siguientes:

Dentro de los <i>inputs</i>	Dentro de los <i>outputs</i>
Recursos naturales renovables	Bienes de consumo
Recursos naturales no renovables	Bienes de capital
Factor trabajo	Servicios
Factor capital	Recursos naturales renovables

Cada proyecto de inversión tendrá unos efectos sobre los recursos naturales renovables disponibles. Esos efectos deberán ser estimados cuantitativamente en unidades monetarias. Esos efectos forman parte del flujo monetario del proyecto de inversión. Los efectos sobre los recursos naturales disponibles frecuentemente tendrán signo negativo (son pérdidas) pero en algunos casos pueden tener signo positivo (serán ganancias). Los efectos sobre los recursos naturales renovables de signo negativo (pérdidas de recursos naturales renovables) se interpretan como *inputs* y los de signo positivo (ganancias) se interpretan como *outputs*.

Existen propuestas que amplían la formulación de Pearce y Turner (1992). Esas propuestas establecen: $K_t = K_n + K_m + K_h$; K_h es el capital humano (Becker, G. 1963). Dentro de la filosofía de este trabajo se entiende que K_h está incluido en el capital natural por considerar que está incluido en el ser humano y que el ser humano lo está en la naturaleza. El mantenimiento de un stock de recursos naturales no renovables constante es imposible si se ejecuta un proyecto de inversión real, ya que supone consumo en alguna cantidad de recursos naturales no renovables y el PDS-Brundtland es irrealizable si se desea el mantenimiento de un stock de recursos naturales no renovables constante. En consecuencia, la materialización del PDS-Brundtland solo se puede llevar a cabo admitiendo la compensación de las pérdidas de capital natural, renovable y no renovable, con un incremento de recursos naturales renovables que incluyen, desde el punto de vista de este trabajo, el capital humano K_h .

En este trabajo se denomina “lastre ambiental” de un proyecto de inversión real al valor de la capitalización al origen de todos los efectos del proyecto sobre los recursos naturales, renovables y no renovables, todos valorados en unidades monetarias. Casi todos serán costos; excepcionalmente algún efecto puede constituir un beneficio. El valor del lastre ambiental es la cuantía de capital natural renovable que hay que generar para mantener constante el stock de recursos naturales. La cuantía del lastre ambiental es un costo externo al proyecto que se produce por realizar un proyecto de inversión de-

terminado y, simultáneamente, pretender que el stock de recursos naturales se mantenga constante.

Durante un ejercicio económico, una comunidad humana realizará un determinado número de proyectos de inversión. Cada proyecto de inversión llevará asociado un lastre ambiental. La suma de los lastres ambientales de los proyectos realizados en un ejercicio económico constituirá lo que llamamos “bolsa de reposición ambiental” de ese ejercicio económico. Esa suma generará un montante económico que la comunidad inversora debe gastar en los 45 años siguientes tras el inicio de la materialización del proyecto (periodo intergeneracional). Ese montante deberá ser gastado en acciones de incremento de capital natural, que necesariamente será de capital natural renovable y que puede incluir acciones de incremento de capital humano (K_h).

Referencias

- Azqueta, Diego. 1994. *Valoración económica de la calidad ambiental*. Madrid, España: Mc-Graw Hill / Interamericana.
- Becker, Gary. 1963. Investment in human capital: a theoretical analysis. *The Journal of Political Economy* 70 (5): 9-49.
- Cabré i Pla, Anna. 2011. Nuevos enfoques sobre el futuro de la población. *IECA* 1: 32-37. Sevilla, España.
- Costanza, Robert y Herman Daly. 1992. Natural capital and sustainable development. *Conservation Biology* 6 (1): 37-46.
- Costanza, Robert, Ralph D'Arge, Rudolf de Groot, Stephen Farber, Monica Grasso, Bruce Hannon, Karin Limburg, Robert V. O'Neil, Shahid Naeem, Jose Paruelo, Robert G. Raskin, Paul Sutton & Marjan van den Belt. 1997. Value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.
- Fernández, Juan. 2011. Población y sostenibilidad en Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. *El futuro de la población*. Editorial de la Consejería de Economía, Innovación y Ciencia de la Comunidad Autónoma de Andalucía. Sevilla, España.
- Florio, Maximo, Ugo Finzi, Mario Genco, François Levarlet, Silvia Maffii y Alessandra Tracogna. 2003. Memorando destinado al redactor de proyectos en *Guía del análisis costes/beneficios de los proyectos de inversión*, pp. 16-121. Dirección General de Política Regional de la Unión Europea.
- Hicks, John. 1973. *Capital y tiempo*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Lewin, Peter. 2005. La idea del capital y el ámbito de la economía. *Revista Libertas XII*: 43.
- Luckert, Martin & Wiktor Admowicz. 1993. Empirical measures of factors affecting social rates of discount. *Environmental and Resource Economics* 3: 1-21
- Martínez, José. 2002. El origen del dinero está en el tiempo. *VII Jornadas de Economía Crítica*. Valladolid.

- Pearce, David y Kerry Turner. 1995. *Economía de los recursos naturales y ambientales*. Madrid: Editorial Colegio de Economistas.
- Sartori, Giovanni. 1997. *Homo videns: el gobierno de los sondeos*. Madrid: Taurus.
- Souto, Guadalupe. 2001. Tasas de descuento para la evaluación de políticas públicas: estimación para España. *P. T.*, 8 (03). España: Instituto de Estudios Fiscales.
- Torrijos, Alberto. 2007. Estudios de viabilidad en infraestructuras: desarrollo sostenible y problemática de elección de las tasas de descuento en inversiones públicas, en *Congreso de Ingeniería Civil, Medio Ambiente y Territorio*. Sevilla.
- Torrijos, Alberto. 2010. Valoración del impacto de una carretera sobre el paisaje, en *I Congreso Internacional de Carreteras, Cultura y Territorio*. Coruña.
- United Nations. 1987. Report on the World Commission on the Development and Environment. Our common future. Annex to The 42nd Session of the General Assembly. New York.
- United Nations. 2011. *World population prospects: the 2010 revision UN*. New York: Population Division.