

# CAPÍTULO 4

## METODOLOGÍA

---

### 4.1 - INTRODUCCIÓN

Como se ha visto en el Capítulo 3, la mayoría de los trabajos sobre la rentabilidad social de la investigación ha empleado el enfoque denominado de modelización del desplazamiento del equilibrio. En concreto, se trata de aplicaciones del análisis de estática comparativa a modelos de mercado de productos, con el fin de evaluar las variaciones en los precios y en las cantidades, y, en última instancia, en el excedente económico, originados por cambios exógenos, expresados por la introducción de tecnologías oriundas de las actividades de la inversión en la investigación, como es el caso del SISPLAN.

En estos análisis subyacen un cuerpo de doctrina y un conjunto de asunciones que no siempre son definidos explícitamente en estos trabajos. En este capítulo se realiza una breve exposición de estos principios, como paso previo, a la exposición del modelo utilizado en la tesis para evaluar la investigación.

### 4.2 - MARCO GENERAL

El marco general en el que se encuadran los estudios sobre evaluación de la investigación es el análisis beneficio-coste. Como es ampliamente conocido, el análisis beneficio-coste es una técnica económica cuya utilización persigue generar informaciones que contribuyan a mejorar la eficiencia en el sector productivo y la

efectividad de las políticas públicas. Dentro de este contexto, la efectividad de una política se mide en términos del bienestar que esta acción pública transmite a la sociedad (bienestar social). Así, aquellas políticas que reducen el bienestar social se consideran, a priori, inferiores a aquellas que lo aumentan; y aquellas políticas que aumentan el bienestar en gran medida son superiores a aquellas otras que sólo lo aumentan marginalmente. Así pues, conceptualmente, el análisis beneficio-coste es una técnica que puede utilizarse para ordenar las políticas públicas según su contribución al incremento del bienestar social.

Hasta ahora se ha utilizado el término bienestar social en un sentido abstracto. No obstante, para desarrollar medidas empíricas de bienestar en el análisis beneficio-coste, resulta necesario definir una noción operativa de bienestar social que permita, al contemplar diferentes estados sociales alternativos, elegir entre éstos, aquél que resulta socialmente más conveniente. La asunción económica entorno a la cual se fundamenta la medida operativa de bienestar social, utilizada en el análisis beneficio-coste, supone que la satisfacción de las preferencias individuales genera bienestar en los actores económicos; supuesto éste que, dicho sea de paso, constituye el punto de partida de gran parte del cuerpo de doctrina que conforma la teoría económica neoclásica. Si se acepta la validez de esta asunción, entonces podemos contemplar las acciones de los individuos como guía de su bienestar puesto que éstas vendrán motivadas por el deseo de satisfacer sus preferencias.

El paso siguiente será determinar cuál será el bienestar social que se deriva de las acciones individuales que es posible observar. O, dicho en otras palabras, cuál será el *valor económico* de esas acciones. Obsérvese que la noción de valor

económico, en este contexto, es una construcción teórica y que su *medida* monetaria deberá ser inferida por el analista a partir de las acciones que las personas ejecuten de acuerdo con sus preferencias. A la hora de establecer una medida monetaria del bienestar, los economistas se enfrentan a dos tipos de medidas: las medidas hicksianas (variación compensadora y variación equivalente), y las medidas marshallianas (excedente del consumidor y excedente del productor).

Existe un acuerdo generalizado en el sentido de que, en principio, las medidas hicksianas, “exactas”, de bienestar son teóricamente más correctas. Sin embargo, estas medidas son raramente usadas en la práctica<sup>13</sup>. El argumento a favor de esta forma de proceder reside, en primer lugar, en los resultados de Willing (1976) que demuestran que, en muchas situaciones empíricas, el error incurrido al aproximar la variación compensadora por medio del excedente económico es pequeño. La segunda línea argumenta a favor de la utilización de las medidas marshallianas. Tiene que ver con el hecho de que la divergencia entre las curvas de demanda hicksiana y las curvas de demanda marshalliana (utilizadas en uno u otro caso para computar las correspondientes medidas de bienestar), se debe al efecto renta, el cual sólo puede ser medido de forma imprecisa. Por tanto, al utilizar las medidas hicksianas cabe la posibilidad de introducir más error estadístico en el análisis, con el riesgo de contrarrestar el sesgo generado al utilizar las medidas marshallianas de bienestar. El debate sobre la elección de las medidas monetarias del bienestar sigue aún vigente y puede seguirse, entre otros, en los siguientes trabajos (Alston y Larson, 1993; Zhao, Mullen y Griffith, 1997; Irvine y Sims, 1998).

---

<sup>13</sup> Normalmente su uso se limita al campo de la economía ambiental.

### 4.3 - CAMBIO TECNOLÓGICO Y MEDIDA DEL EXCEDENTE ECONÓMICO

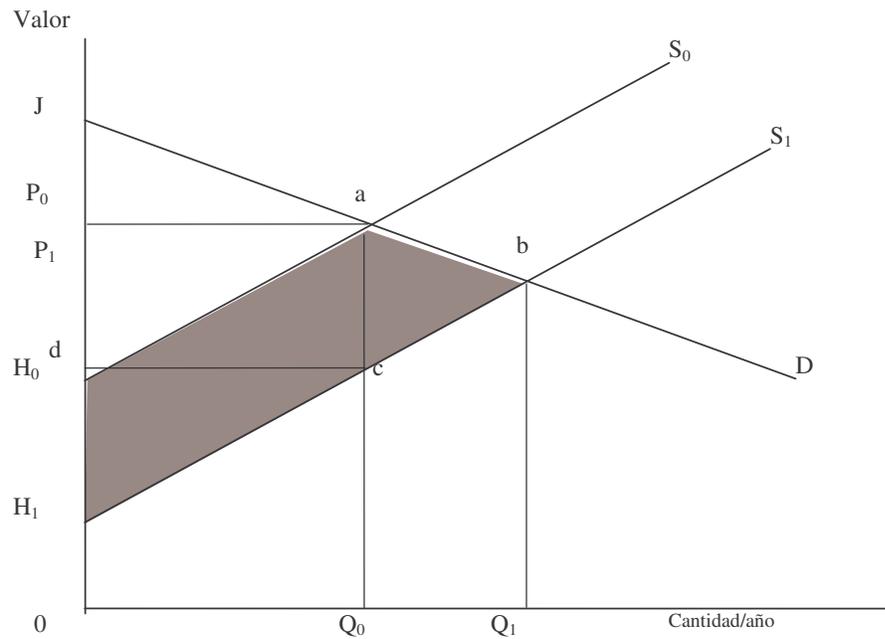
El cambio tecnológico, al alterar las relaciones entre los factores de producción, afecta también a las relaciones entre los costes de producción y el producto, y por tanto, transforma la relación entre la oferta de mercado y el precio. El cambio tecnológico puede afectar también a la calidad de las producciones incidiendo, en este caso, sobre la relación entre la demanda y el precio. Por tanto, las consecuencias sobre el bienestar social de las políticas de investigación, y en concreto, de los cambios en la tecnología resultantes pueden valorarse a través del análisis de la relación existente entre las inversiones en investigación sobre un determinado producto, y las curvas de oferta y demanda de su mercado y, a partir de aquí, es posible obtener una medida monetaria del valor económico de las políticas de investigación computando las medidas marshallianas del bienestar.

La *Figura 6* representa un modelo convencional de equilibrio parcial de la oferta y la demanda de un producto en un mercado, en un contexto de estática comparativa. La curva de oferta con la tecnología original se representa por  $S_0$ , y la curva de demanda ordinaria o marshalliana por  $D_0$ . El precio y la cantidad originales son  $P_0$  y  $Q_0$ , respectivamente. El excedente del consumidor es igual al área comprendida entre la curva de demanda y el gasto de consumo, y coincide con el área  $JaP_0$  de la *Figura 6*. El excedente del productor equivale al área comprendida entre el gasto de consumo (ingresos de los productores) y la curva de oferta, área  $P_0aH_0$ . El excedente económico es igual a la suma del excedente del consumidor y del excedente del productor, y viene representado por el área  $JaH_0$ , que equivale al

valor total del consumo (área bajo la curva de demanda) menos el coste total de la producción (área bajo la curva de oferta). Los cambios en los excedentes de consumidores, productores y excedente total se miden considerando los cambios en sus respectivas áreas.

El modelo descrito en la *Figura 6* puede ser utilizado para mostrar los efectos del cambio tecnológico sobre la cantidad producida, los precios pagados por los consumidores y los precios percibidos por los productores. Asimismo, mediante el empleo de las medidas de excedente económico, el modelo puede utilizarse para identificar el incremento en la eficiencia económica (beneficios netos totales), así como la distribución de estos beneficios entre consumidores y productores.

La adopción de una nueva tecnología que disminuye los costes de producción y/o aumenta los rendimientos desplaza la curva de oferta original a la derecha hasta  $S_1$ , generando un nuevo precio y una nueva cantidad de equilibrio,  $P_1$  y  $Q_1$ , respectivamente. El cambio en el bienestar de los consumidores, medido por la variación en el excedente del consumidor, se representa por el área  $P_0abP_1$ . El cambio en el bienestar de los productores se representa por el área  $P_1bH_1 - P_0aH_0$ . Los beneficios brutos anuales de la tecnología se obtienen mediante la suma de los cambios en los excedentes de consumidores y productores que coincide con el área  $H_0abH_1$ . Este área mide el flujo de beneficios económicos brutos (sin descontar los costes de investigación) generados por el desplazamiento de la curva de oferta desde  $S_0$  a  $S_1$ .



**FIGURA 6:** *Enfoque del excedente del consumidor y del productor para el análisis de los beneficios debido al cambio tecnológico*

Cuando el cambio tecnológico afecta a la calidad de las producciones, éste puede originar un desplazamiento hacia arriba de la curva de demanda, puesto que los consumidores demandarán más de un producto a cada precio si contiene una mayor proporción de una característica con precio más alto (Unnevehr, 1990, Voon, 1990, Voon y Edward, 1991)<sup>14</sup>. En este caso, la curva de demanda de la Figura 6 se desplazará a la derecha dando lugar a una nueva cantidad y a un nuevo precio de equilibrio. Los beneficios brutos anuales del cambio tecnológico se obtendrán ahora, al igual que en el caso anterior, a través de la medición de los cambios operados en los excedentes de los consumidores, excedentes de los productores y excedente económico, respectivamente.

<sup>14</sup> Alston, Norton y Pardey (1995), proponen otra alternativa para conceptualizar esta situación.

#### 4.4 - EL MODELO BÁSICO

A continuación se describe el modelo empleado en esta tesis para evaluar la rentabilidad social de la investigación en el desarrollo del simulador de crecimiento SISPLAN, y su posterior utilización en la gestión de las plantaciones de *Pinus taeda* en la Región Sur de Brasil. El modelo desarrollado se fundamenta en el concepto de excedente económico marshalliano y se encuentra en la línea de trabajos previos en este campo, como los realizados por Huang (1988), McKenney *et al.* (1989), Huang y Teeter (1990), McKenney *et al.* (1992) y McKenney *et al.* (1997), entre otros<sup>15</sup>.

Los beneficios privados por hectárea de la investigación vienen dados por la ganancia adicional obtenida en la plantación, al utilizar la nueva tecnología con respecto a la situación en la que se mantiene la tecnología antigua. Por otra parte, los beneficios netos totales de la investigación se obtienen restando de los beneficios privados totales (beneficios privados por hectárea multiplicados por el área total plantada), los costes de la investigación. Se considera que una nueva tecnología generada por la investigación (industrial, agropecuaria o forestal) resulta económicamente viable si presenta beneficios netos positivos. Debido al largo plazo de maduración de las inversiones forestales gran parte de los beneficios netos de esta investigación no se han realizado todavía, si bien la tecnología evaluada se encuentra disponible desde 1989. En consecuencia el análisis tiene un doble carácter *ex-post* y *ex-ante*.

---

<sup>15</sup> El marco analítico seguido resulta lo suficientemente amplio como para incorporar en el análisis diferentes objetivos de la investigación forestal con inclusión de programas de investigación relacionados tanto con la producción de madera (innovaciones orientadas al incremento de la productividad de las masas, reducción de los costes de producción, mejora de la calidad de la madera, disminución del período de rotación, etc.) como también aquellos programas de investigación que inciden sobre los beneficios intangibles del bosque, siempre que la medición de éstos resulte posible.

La magnitud del cambio en el excedente económico, a raíz de los desplazamientos de las curvas de oferta y/o de demanda, inducidos por la investigación depende, entre otros factores, de las condiciones del mercado (elasticidades precio de oferta y de demanda) y de la naturaleza de los desplazamientos. Por tanto, en muchos de los trabajos de evaluación de la investigación, en especial aquellos centrados en el sector agrario, se modelizan explícitamente estas condiciones. Por el contrario, en el sector forestal, la dificultad de conocer las condiciones de oferta y demanda, unido al largo período de tiempo que normalmente transcurre entre la adopción de los resultados de la investigación y sus efectos sobre la producción, se ha preferido, generalmente, por razones prácticas, aquellos enfoques de evaluación menos sensibles a las condiciones del mercado, utilizándose en estos casos los precios actuales o los precios esperados, para computar los beneficios netos de la investigación (McKenney et al. 1989). Este ha sido el criterio adoptado en la tesis, al suponerse que tanto los precios de la madera producida como los de los insumos utilizados son constantes y conocidos.

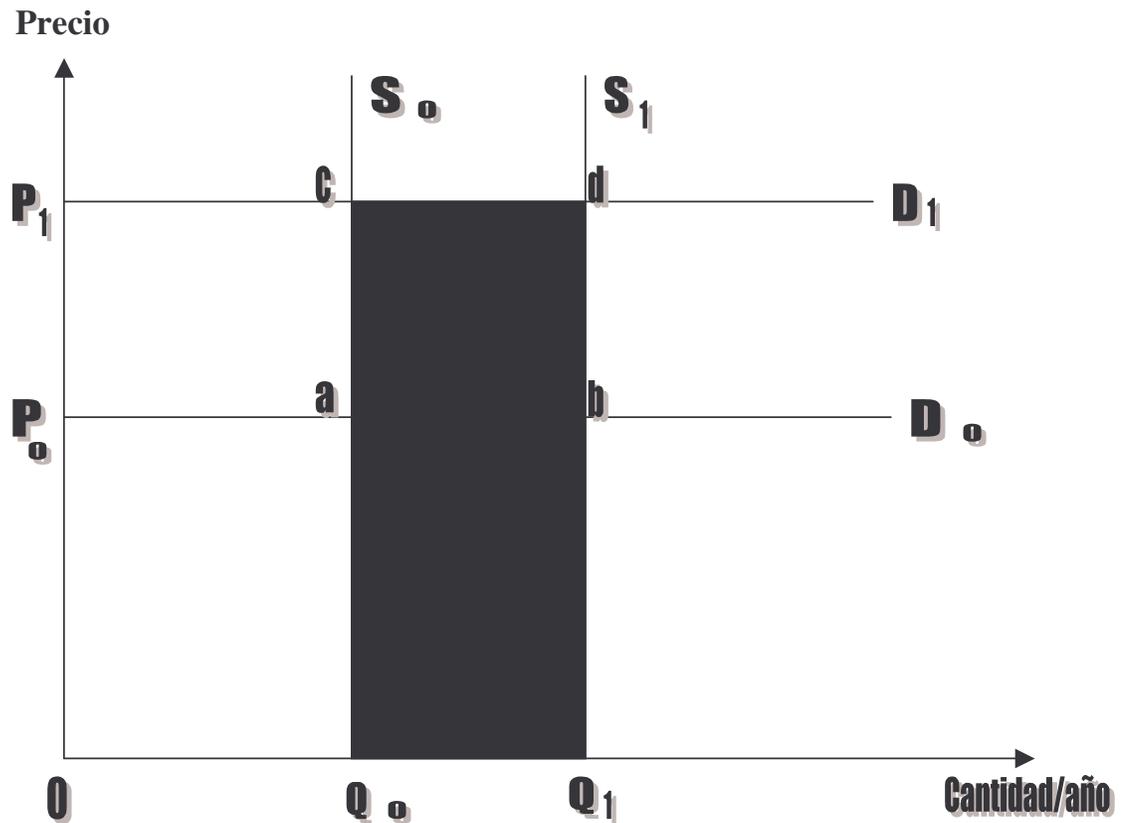
Bajo estas circunstancias, la producción adicional, generada por la investigación, se valora a un solo precio de mercado que se obtiene a partir del desplazamiento de una curva de oferta vertical a lo largo de una curva de demanda horizontal (perfectamente elástica). Los beneficios brutos de la investigación se miden en función del cambio esperado en el valor de la producción adicional. En la *Figura 7* se modeliza esta situación referida a un producto destinado al mercado interior. La demanda y la oferta del producto, antes de la investigación, se representan por  $D_0$  y  $S_0$ , respectivamente. La adopción de la tecnología, una vez que permite mejorar el sistema de manejo de las masas forestales, desplaza la curva de

oferta a la derecha, hasta  $S_1$ . La variación en el excedente económico es igual al área  $abQ_0Q_1$ . Por tanto, aunque al aplicar a continuación los criterios de valoración de inversiones para medir los beneficios netos de la investigación, no se medirá de forma explícita el excedente económico, en realidad se estarán realizando cálculos del excedente económico implícitamente, (Alston, Norton y Pardey, 1995). Obsérvese que, si por el contrario, las condiciones de demanda sean las descritas en la *Figura 6*, el excedente económico tal como se ha calculado vendría dado por las áreas  $abQ_0Q_1$ , inferior al área  $H_0abH_1$ . No obstante, la tendencia observada en Brasil, al menos hasta el momento actual, ha sido de una elevación sostenida de los precios de la madera, a pesar del creciente aumento de la oferta. Por tanto, la asunción en el análisis de una demanda horizontal no resulta, en este caso, excesivamente restrictiva<sup>16</sup>.

Por otra parte, la tecnología SISPLAN puede también desplazar la curva de demanda hacia arriba  $D_1$ , al aumentar la calidad de la producción. Por último, existe también la posibilidad de que la oferta y la demanda se desplacen a la derecha, al producirse conjuntamente las dos circunstancias anteriores. El valor esperado de la producción en estos dos últimos casos será igual a las áreas  $P_1caP_0$  y  $abcd$ , respectivamente.

---

<sup>16</sup> Por otra parte, en la medida en que parte de la producción se dedique a la exportación, la asunción de una demanda horizontal estará aún más justificada.



**FIGURA 7:** *Supuesto implícito del procedimiento del valor de la producción extra*

En el modelo desarrollado a continuación se supone que la disponibilidad de la tecnología proporciona al empresario forestal la información que le permite adoptar un régimen de manejo más rentable que el régimen de manejo tradicional. Este incremento en la rentabilidad de su inversión puede venir originado por alguna de las siguientes circunstancias: 1) elección de un período de rotación más adecuado, 2) mejor planificación de las labores culturales y, 3) aumento en el precio obtenido por su producción, al poder diferenciar ésta según destinos industriales.

Los beneficios privados por hectárea derivados de la adopción de la tecnología se obtienen restando del valor actual neto (VAN) del régimen de manejo más rentable el VAN del régimen de manejo tradicional<sup>17</sup>. Esto es,

$$BP = VAN_2 - VAN_1 \quad (1)$$

donde,

BP = Beneficio privado por hectárea

$VAN_2$  = Valor actual neto de la inversión en el nuevo régimen de manejo

$VAN_1$  = Valor actual neto de la inversión en el régimen de manejo tradicional

La formulación correcta del VAN en el caso de inversiones forestales es la que sugirió Faustmann (1849), que incluye una cadena infinita de ciclos de corta, con la que se considera implícita la existencia de un coste de oportunidad o renta de la tierra, como oportunamente señaló Samuelson (1976), (véase Johansson y Löfgren, 1985; Davis y Johnson, 1987; Romero, 1994). En su planteamiento más sencillo, el VAN según Faustman viene dado por la siguiente expresión:

$$VAN = [ I e^{-it} - K ] ( 1 + e^{-it} + e^{-2it} + \dots )^{-1} \quad (2)$$

donde,

VAN = Valor actual neto de la inversión (\$/ha)

I = ingreso obtenido por la corta y venta de la masa forestal en los t años

t= turno

---

<sup>17</sup>En el análisis que sigue se supone la existencia de un mercado perfecto de dinero, rendimientos madereros constantes para un nivel dado de insumos y mercado perfecto del suelo. La rigidez de estos supuestos puede suavizarse mediante el análisis de sensibilidad.

$i$  = tasa de descuento

$K$  = coste de la plantación

Sumando los términos de la progresión geométrica correspondiente al segundo paréntesis de (2), se obtiene:

$$VAN = [ I e^{-it} - K ] ( 1 - e^{-it} )^{-1} \quad (3)$$

La expresión (3) puede generalizarse al contexto de este trabajo (véase Balteiro y Romero, 1995), añadiendo los términos oportunos de modo que, si consideramos el conjunto de ingresos y pagos de la explotación forestal, la expresión (3) adopta la siguiente forma:

$$VAN = [ I e^{-it} + \sum R e^{-ih} - K - G \int_0^t e^{-it} dt - T \int_0^t e^{-it} dt - \sum M e^{-is} - E e^{-it} ] ( 1 - e^{-it} )^{-1} (4)$$

$$h = h_1, h_2, \dots \quad s = s_1, s_2, \dots$$

donde:

$I$  = ingreso obtenido por la corta y venta de la masa forestal en los  $t$  años

$t$  = turno

$i$  = tasa de descuento

$K$  = coste de la plantación

$R$  = flujo de caja de las claras

G = pagos anuales de explotación

T = pagos anuales de la tecnología

M = pagos de los trabajos culturales

E = coste de desbosque y saca

Los subperíodos  $h = h_1, h_2, \dots$  y  $s = s_1, s_2, \dots$  representan los años en los que se prevé que se realizarán las claras y los trabajos culturales, respectivamente.

Resolviendo las integrales en (4), sumando las correspondientes progresiones geométricas y operando, tenemos:

$$VAN = \left[ Ie^{-it} + \sum R e^{-ih} - K - G i^{-1} (1 - e^{-it}) - T G i^{-1} (1 - e^{-it}) - \sum M e^{-is} - Ee^{-it} \right] (1 - e^{-it})^{-1} \quad (5)$$

Los ingresos obtenidos por la venta de madera, tanto en el caso de aquella resultante de las claras como de la corta final, se obtienen multiplicando los volúmenes obtenidos, según destino industrial (desenrollo, sierra, pasta y leña), por sus correspondientes precios. Por otra parte, los costes incurridos en las claras, y en el desbosque y saca, se computan en función del volumen total de madera obtenido en cada caso.

#### 4.4.1 - BENEFICIOS PRIVADOS ANUALES

Supongamos que el empresario forestal utiliza la tecnología para gestionar una nueva plantación en un año  $r$ . El incremento en el valor de su inversión, debido a

la tecnología, se obtiene restando del VAN por hectárea de la inversión correspondiente al régimen de manejo adoptado el VAN por hectárea de la inversión relativa al régimen de manejo tradicional. La diferencia entre ambos valores del VAN por hectárea en cada año r multiplicada por la superficie total en la que se adopta la tecnología en dicho año r, genera el VAN potencial regional anual de la tecnología. Así pues, partiendo de las expresiones (1) y (5) el VAN correspondiente a los ingresos adicionales que reporta la adopción de la tecnología se obtiene de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
 BP_r = A_r \{ & [ I(t)e^{-it} + \sum Re^{-ih} - K - G i^{-1} (1 - e^{-it}) - T i^{-1} (1 - e^{-it}) - \\
 & \sum M e^{-is} - Ee^{-it} ]_2 - [ I(t)e^{-it} + \sum Re^{-ih} - K - G i^{-1} (1 - e^{-it}) - \\
 & - \sum M e^{-is} - Ee^{-it} ]_1 \} (1 - e^{-it})^{-1} \quad (6)
 \end{aligned}$$

donde,

$BP_r$  = Beneficios privados de la superficie plantada en el año r y cortada en el año t

$A_r$  = Área en la que se adopta la tecnología en el año r (ha)

r = año de inicio de la plantación

El área en la que se adopta la tecnología se obtiene multiplicando el área plantada de *Pinus* en cada año por un coeficiente  $Ta_r$  que representa la tasa de adopción de la tecnología en dicho año, es decir,

$$A_r = AT_r Ta_r$$

donde,

$AT_r$  = Superficie total de nuevas plantaciones en el año  $r$ .

#### 4.4.2 - BENEFICIOS PRIVADOS TOTALES

Los beneficios privados totales de la tecnología a lo largo del período de análisis, referidos a un año base, se expresan según

$$BPT_a = BP_r \int_m^n e^{i(a-r)} dt \quad (7)^{18}$$

donde,

$BPT_a$  = Beneficios Privados Totales

$BP_r$  = Beneficio Privado Anual

$a$  = año base (1997)

$m, n$  = año inicial y final del análisis (en este estudio  $m = 1981$  y  $n = 2005$ )

#### 4.4.3 - BENEFICIOS NETOS TOTALES

Los beneficios netos totales de la tecnología a lo largo del período de análisis, se obtienen restando de los beneficios privados totales obtenidos en (7) los costes totales de la investigación, que incluyen todos los recursos asignados para la investigación, y algún coste adicional requerido para desarrollar y mantener la nueva tecnología a lo largo del período de tiempo.

---

<sup>18</sup> La expresión (7) supone que se utilizan datos del año  $r$ . En caso de contar sólo con datos del año base, los beneficios privados totales se obtendrían mediante la suma de los beneficios privados anuales.

$$BNT_a = BPT_a - C_r \int_x^z e^{i(a-r)} dt \quad (8)$$

donde,

$BNT_a$  = Beneficio Neto Total de la investigación

$C_r$  = Coste anual de la investigación

$x, z$  = Año inicial y final del programa de investigación ( $x = 1988$  y  $z = 2005$ )

#### **4.4.4 - EFICIENCIA DE LAS INVERSIONES EN INVESTIGACIÓN (RELACIÓN BENEFICIO-COSTE)**

Se considera que una inversión en investigación forestal resulta socialmente rentable si genera beneficios netos positivos. No obstante, el cómputo de estos beneficios netos per se (VAN de la inversión), no proporciona información sobre la rentabilidad relativa de la inversión respecto a otras inversiones públicas alternativas, y por tanto, no permite ordenar los proyectos de acuerdo a su mayor o menor eficiencia en el gasto. Esta situación puede subsanarse mediante el cómputo de la relación beneficio-coste (retorno medio por unidad de inversión realizada), y a partir de aquí, ordenar los proyectos de investigación en función de su rentabilidad social. En otras palabras, es la rentabilidad relativa de la inversión o retorno medio, es decir,

$$\text{RELACIÓN B/C} = \text{BNT/CI} \quad (9) \text{ (o retorno medio de la inversión)}$$

$BNT$  = Beneficio Neto Total

$CI$  = Coste Total de la Investigación

#### **4.4.5 - ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD**

Con el *Análisis de Sensibilidad* se pretende determinar la influencia ejercida sobre los resultados del modelo, por posibles variaciones en los valores de los diferentes parámetros económicos y tecnológicos que definen la inversión (p. ej., precio de la madera, tasa de descuento, índice de sitio, etc.).