

Evaluación económica de la investigación en sistemas de simulación de plantaciones de *Pinus spp* en la región sur de Brasil

JUNIA R. DE ALENCAR (*)

A. CASIMINO HERRUZO (**)

VÍTOR A. HOEFLICH (***)

1. INTRODUCCIÓN

La importancia del cambio tecnológico como factor de crecimiento y competitividad es, hoy en día, un hecho ampliamente reconocido. Desde que los trabajos pioneros de Shultz (1954), Griliches (1958) y Mansfield (1968) documentaron, por primera vez, la contribución de la investigación al incremento de la productividad y ofrecieron las primeras medidas de las tasas de rentabilidad social de las investigaciones efectuadas en los sectores público y privado, los economistas han tratado de refinar los métodos a través de los cuales analizan las fuentes del crecimiento económico en general, así como los factores determinantes del crecimiento de los sectores productivos que componen las economías nacionales.

Dentro del sector primario, los mayores esfuerzos en esta dirección se han realizado en los campos de la agricultura y la ganadería (Echeverría, 1990). No obstante, el interés y esfuerzo intelectual desarrollados para medir los beneficios y computar la rentabilidad de los gastos de investigación forestal, han sido también considerables (Herruzo, 1997). Los resultados empíricos disponibles indican, por lo general, una alta rentabilidad social para las inversiones destinadas a investigación forestal, pública y privada (Hyde, *et. al.* 1992).

(*) EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Tecnologia de Informática para Agricultura, Campinas, Sao Paulo, Brasil.

(**) Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Universidad Politécnica de Madrid, España.

(***) EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisas de Florestas, Colombo-Paraná, Brasil.

Por otra parte, al revisar la literatura sobre evaluación de la investigación se constata que los casos abordados se refieren, casi con exclusividad, a investigaciones forestales realizadas en los ámbitos de las ciencias físicas, químicas y biológicas. Por el contrario, se detecta un vacío metodológico y empírico, en el caso la evaluación de investigaciones en ciencias económicas forestales o en disciplinas con un importante contenido económico, como la gestión forestal, cuyos resultados se materializan en tecnologías de carácter organizativo.

La inexistencia de una sólida evidencia empírica sobre la rentabilidad social de aquellas investigaciones que generan conocimientos útiles para mejorar la organización y planificación de la producción forestal impide conocer si el gasto público destinado a estas actividades científicas se acerca a su nivel óptimo. Asimismo, este vacío informativo imposibilita la comparación de los beneficios sociales de las investigaciones forestales de contenido económico con otras investigaciones selvícolas realizadas en diferentes campos científico-técnicos, sobre las que sí se cuenta con estimaciones cuantitativas de sus beneficios. Todo ello puede contribuir a situar a la economía forestal y disciplinas afines en una situación desfavorable en la competición interdisciplinaria por unos recursos de investigación escasos (véase Smith y Pardey, 1997).

El primer problema que se plantea a la hora de calcular la rentabilidad de una determinada investigación es determinar el medio a través del cual ésta contribuye a incrementar el bienestar social. Por regla general, los resultados de la investigación forestal aplicada, efectuada en los campos de la física, química y biología se materializan en innovaciones tecnológicas «*incorporadas*» a nuevos procesos productivos o a nuevos productos cuyo impacto económico puede ser fácilmente identificable.

Por el contrario, la investigación económica forestal, y en particular el manejo de plantaciones, genera un conocimiento «*no incorporado*», constituido por un conjunto de informaciones que, una vez en poder de los centros decisorios públicos y privados, contribuye a aumentar la productividad del sector y, en última instancia, a incrementar el bienestar social. En este caso, sin embargo, los pasos necesarios para la materialización de los beneficios de la investigación son menos tangibles y mucho más difíciles de medir directamente que cuando se trata de investigaciones en las ciencias experimentales. Esta es una de las razones que puede contribuir a explicar la relativa escasez de datos empíricos sobre la rentabilidad social de este tipo de investigación. Afortunadamente, las nuevas tecnologías de la información están abriendo grandes posibilidades para la transmisión del conoci-

miento técnico de carácter organizativo y, en última instancia, para poder abordar el impacto de las actividades de investigación en campos que generan conocimientos «no incorporados», como es el caso de la investigación en manejo de plantaciones forestales.

Dentro de este contexto se sitúa el presente artículo, cuyo objetivo consiste en evaluar la rentabilidad social de la investigación, desarrollo y difusión de una herramienta de gestión forestal, el simulador de producción SISPLAN, desarrollado en 1988 en Brasil por el «Centro Nacional de Pesquisa de Florestas» de la «Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CNPQ-EMBRAPA)», con el fin de generar criterios para mejorar la planificación de la producción y la gestión de las crecientes poblaciones forestales de *Pinus spp*.

2. ANTECEDENTES

Durante el período de 1966 a 1988 el Gobierno brasileño desarrolló un amplio programa de incentivos fiscales para llevar a cabo la reforestación con especies forestales exóticas de *Pinus* y *Eucalyptus*. Como resultado de este programa, la superficie reforestada con estas especies aumentó de menos de 600 mil hectáreas en 1967, hasta 6,5 millones de hectáreas en 1992. El objetivo de la Política de Incentivos Fiscales a la Reforestación (PIF) era doble. Por un lado, satisfacer una creciente demanda interior y exterior de productos forestales y, por otro, reducir el creciente coste ambiental originado por un intenso proceso de deforestación de especies nativas de gran valor ecológico. En el caso del género *Pinus*, su principal zona de implantación fue la Región Sur que comprende a los estados de Paraná, Santa Catarina y Rio Grande do Sul, donde se encuentra el 60% de las plantaciones de esta conífera, en Brasil (véase Antonagelo, 1997; Bacha, 1993 y Funatura/Itto/Ibama, 1995).

Para participar en el Programa de Incentivos Fiscales se requería de los selvicultores la adopción de prácticas de manejo preestablecidas, relativas al turno de las plantaciones, y el régimen de claras. Estas recomendaciones de gestión forestal se basaban en fuentes de informaciones disponibles en 1966, el momento del inicio del programa. Desde esta fecha, las instituciones de investigación en Brasil han desarrollado una amplia investigación sobre actividades de manejo y silvicultura de *Pinus spp* que, en muchos casos, cuestionaron el uso de las prácticas selvícolas tradicionales (marco de plantaciones, poda y claras, etc.) sugiriéndose nuevos conceptos de producción forestal, siempre con el propósito de optimizar el turno con mejores rendimientos para el empresario selvícola (Ahrens, 1987, 1992).

Como resultado de las anteriores investigaciones se consiguió acumular un importante stock de conocimientos técnicos sobre *Pinus spp.* . No obstante, se echaban en falta procedimientos más eficaces para facilitar la difusión de tales conocimientos que, en última instancia, posibilitasen la adopción de nuevas tecnologías más adecuadas para el incremento de la productividad forestal, la mejora de la calidad de la madera, y la generación de impactos beneficiosos para los empresarios e industrias forestales (Oliveira, 1995, 1997). Es en este contexto donde se enmarca el desarrollo de la tecnología SISPLAN, objeto de evaluación económica en este artículo.

El simulador SISPLAN permite organizar el conjunto de informaciones sobre prácticas selvícolas disponible de forma útil para asesorar a los selvicultores y a las industrias de base forestal en la toma de decisiones. Para ello, la tecnología SISPLAN combina un modelo de simulación de la productividad de las poblaciones del género *Pinus spp.* con métodos de economía financiera. Este sistema informatizado permite predecir la evolución de la producción de las masas forestales con la edad, dentro de un determinado ámbito geográfico, para las distintas clases de suelo, cuantificadas por índices de sitio aplicables a diferentes regímenes selvícolas (Oliveira, 1995). Desde su difusión inicial en 1989, el simulador SISPLAN ha sido utilizado como base para la toma de decisiones sobre el manejo de poblaciones de *Pinus taeda* en la Región Sur de Brasil, en un área superior a las quinientas mil hectáreas (Alencar, 1999). Su utilización se ha extendido también a otras regiones de Brasil, así como de otros países del continente. La tecnología SISPLAN ha influido en la adopción de regímenes de manejo selvícolas más eficaces que han contribuido a aumentar la rentabilidad de la actividad selvícola en la región.

3. MARCO ANALÍTICO

La metodología utilizada para evaluar la rentabilidad social de la investigación en el simulador de crecimiento SISPLAN se fundamenta en el concepto de excedente económico marshalliano y se encuentra en la línea de trabajos previos en este campo; entre ellos los realizados, Huang y Teeter (1990), McKenney *et al.* (1991), McKenney *et al.* (1993), y McKenney *et al.* (1996).

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 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*.

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.* 1993). Este ha sido el criterio adoptado en este artículo, 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. 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 (véase Alston, Norton y Pardey, 1995, p. 54).

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), de la inversión en el régimen de manejo más rentable, el VAN 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 en 1849 (Faustmann, 1995), 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 Hyde, 1980; Johansson y Löfgren, 1985; Romero, 1997). En su planteamiento más sencillo, el VAN según Faustmann viene dado por la siguiente expresión:

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

donde, VAN = Valor actual neto de la inversión (\$/ha); I(t) = 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.

La expresión (1) puede generalizarse al contexto de este trabajo (véase Romero et al., 1998), añadiendo los términos oportunos de modo que, si consideramos el conjunto de ingresos y pagos de la explotación forestal, la expresión (1) adopta la siguiente forma:

$$VAN = \left[I(t).e^{-it} + \sum_{\forall h} R.h.e^{-ih} - K - G \int_0^t e^{-it} dt - T \int_0^t e^{-it} dt - \sum_{\forall s} M.e^{-is} - E.e^{-it} \right].(1 - e^{-it})^{-1} \quad [2]$$

$$h = h_1, h_2, \dots$$

$$s = s_1, s_2, \dots$$

donde, I (t) = 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; G = pagos anuales de explotación; R = flujo de caja de las claras; T = pagos anuales de la tecnología; M = pagos de los trabajos culturales; E = coste de desbosque y saca. Los subperíodos $h = h_1, h_2$

(1) Se ha supuesto que los gastos anuales se distribuyen uniformemente a lo largo de cada año.

,..... 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 (2), sumando las correspondientes progresiones geométricas y operando, tenemos:

$$VAN = \left[I.e^{-it} + \sum_{\forall h} R_h.e^{-ih} - K - G.i^{-1}.(1 - e^{-it}) - T.i^{-1}.(1 - e^{-ih}) - \sum_{\forall s} M_s . e^{-is} - E.e^{-it} \right] .(1 - e^{-it})^{-1} \quad [3]$$

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.

3.1. 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 (3) el VAN correspondiente a los ingresos adicionales que reporta la adopción de la tecnología se obtiene de la siguiente forma:

$$BP_r = A_r \cdot \left\{ \left[I.e^{-it} + \sum_{\forall h} R_h.e^{-ih} - K - G.i^{-1}.(1 - e^{-it}) - T.i^{-1} .(1 - e^{-it}) - \sum_{\forall s} M_s . e^{-is} - E.e^{-it} \right]_2 - \left[I.e^{-it} + \sum_{\forall h} R_h.e^{-ih} - K - G.i^{-1} .(1 - e^{-it}) - T.i^{-1} .(1 - e^{-it}) - \sum_{\forall s} M_s . e^{-is} - E.e^{-it} \right]_1 \right\} .(1 - e^{-it})^{-1}$$

donde, BPr = Beneficios privados de la superficie plantada en el año r y cortada en el año t; Ar = 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 spp* 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.

3.2. 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:

$$BPT_a = BP_r \int_m^n e^{i(a-r)} dt \quad [5]$$

donde, BPT_a = Beneficios Privados Totales; BP_r = Beneficio Privado Anual; a= año base (1997); m, n = año inicial y final del análisis.

3.3. 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 (5) 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.

$$BNT_a = BPT_a - C_r \int_x^z e^{i(a-r)} dt \quad [6]$$

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.

3.4. Relación Beneficio-Coste

Se considera que una inversión en investigación forestal resulta socialmente rentable si genera beneficios netos positivos. No obstan-

(2) La expresión (5) 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.

te, 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 (B/C) o retorno medio por unidad de inversión realizada y, a partir de aquí, ordenar los proyectos de investigación en función de su rentabilidad social. En el contexto del modelo, la relación beneficio coste se expresa según:

$$B/C = BNT/CI \quad (7)$$

donde BNT = Beneficio Neto Total; CI = Coste Total de la Investigación.

3.5. 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.).

4. PARÁMETROS Y DATOS

El cálculo empírico de los beneficios económicos derivados de la investigación en la tecnología SISPLAN requiere la estimación del valor de los ingresos y gastos obtenidos por la venta de madera con y sin la tecnología, más el cómputo de los costes de la investigación. La información a determinar para aplicar el modelo de evaluación de la tecnología es la siguiente: Elección del período de análisis; estimación del área de adopción de la tecnología; determinación de los precios de la madera; estimación de los volúmenes de madera y costes de producción para cada uno de los regímenes de manejo; determinación de los costes de adquisición y generación de la tecnología; y elección de una tasa de descuento.

El período de análisis comienza en 1981 y se extiende a 2005. La elección de 1981 como punto de partida de la investigación se debe a que las primeras claras tienen lugar a los ocho años de la plantación, de manera que las plantaciones realizadas en dicho año podrían ser objeto de adopción de las pautas de manejo propuestas en la tecnología SISPLAN, disponible en 1989. Por otra parte, se eligió el año

2005 como final del período, puesto que es hasta esta fecha cuando se cuentan con predicciones de plantaciones de *Pinus spp* en la Región Sur de Brasil. El área de adopción de la tecnología, a lo largo de todo el período, se estimó en 546 mil hectáreas lo que supuso una tasa de adopción de un 84,5%, obtenida en función de la superficie forestal de *Pinus spp* detenida por los selvicultores y empresas forestales que adquirieron la tecnología (Alencar, 1999).

La determinación de los precios de la madera se efectuó de acuerdo a la utilización final de la materia prima - desenrollo, sierra, pasta y leña. El cuadro 1 recoge los precios de madera de *Pinus spp* en cargadero, expresados en dólares estadounidenses por metro cúbico, referidos al año 1997.

Para la evaluación de los beneficios de la tecnología SISPLAN se consideraron 25 regímenes de manejo, apoyados en estudios sobre prácticas selvícolas en el sur de Brasil (Ahrens, 1992 y Oliveira, 1995). La especie utilizada fue *Pinus taeda*, por ser la más plantada en la región, con buena productividad y con características adecuadas a la producción de fibra larga, así como para desenrollo y sierra. En este momento, las plantaciones de esta especie suponen más de 50% de la superficie plantada de *Pinus spp*.

En el Anejo 1 se recogen los 25 regímenes de manejo identificados en la Región Sur de Brasil. Los regímenes difieren según el número y momento de realización de las claras, así como por el turno de rotación que oscila entre 16 y 30 años. El Régimen 14 (RM14) propuesto por la Política de Incentivos Fiscales a la Reforestación (PIF) se consideró representativo de la tecnología antigua. En este régimen de manejo se realizan tres claras, a los 8, 12 y 16 años, respectivamente, y tiene un turno de rotación a los 20 años. Los 24 regímenes de manejo restantes son considerados en el análisis como nuevas tec-

Cuadro 1

PRECIOS MEDIOS DE LA MADERA DE *PINUS SPP* EN CARGADERO (1997)

Destino de la Madera en troza de <i>Pinus</i>	Diámetro (cm)	Precio medio de la madera en cargadero (US\$/m ³)
Leña	<8	9,38
Pasta	8-15	12,49
Sierra	15-25	19,52
Desenrollo	>25	27,86

Fuente: Elaboración propia, a partir de información suministrada por la «STCF Engenharia de Projetos Ltda», y comunicación personal con expertos del sector forestal.

nologías, es decir, nuevas alternativas de manejo para la toma de decisión de los selvicultores.

Para elaborar los cálculos de los volúmenes de madera por hectárea, según destino, de los 25 regímenes de manejo, recogidos en el Anejo 2, se supusieron similares condiciones en cuanto a contenido genético, cantidad de árboles plantados por hectáreas, espaciamiento a la edad inicial e índice de sitio. Con esta información fue posible determinar aquellos regímenes de manejo con mayores volúmenes de producción para cada destino de la madera. Así, para *desenrollo*, el regímenes que genera mayor volumen de madera es el RM19, con 289,0 m³/ha. Para *sierra*, el RM6, con 425,1 m³/ha. Para *pasta*, el RM1, con 132,5 m³/ha. Por último, para *leña*, el régimen de manejo con una mayor producción fue el RM1, con 21,1 m³/ha. Considerando todos los destinos de la producción, el mayor volumen de producción se obtuvo con el RM25, 776,5 m³/ha, con un turno de rotación de 30 años.

La obtención de los beneficios privados generados por cada uno de los 25 regímenes de manejo simulados requiere conocer los costes de plantación y aprovechamiento de las repoblaciones de *Pinus spp*. Esta información, junto a los volúmenes de madera obtenidos en las claras y en la corta final, y a los precios por finalidad industrial, permiten obtener el flujo de caja de la explotación en cada caso. En el cuadro 2 se observan estos costes desglosados según las distintas actividades selvícolas, referidos a una hectárea plantada de *Pinus taeda*.

Cuadro 2

COSTE DE PLANTACION Y APROVECHAMIENTO DE 1 HA DE *PINUS TAEDA*

Actividades selvícolas	Costes US\$/ud (*)
1. Plantación de la masa	600,00 ha
2. Coste de labores culturales	
1er año	150,00 ha
4º año	50,00 ha
9º año	40,00 ha
3. Coste de desbosque y saca	6,00 ha
3.1. Corta	0,98 m ³
3.2. Desrama	0,18 m ³
3.3. Extracción	1,00 m ³
3.4. Troceado	0,16 m ³
3.5. Carga	0,71 m ³
3.6. Transporte	2,30 m ³
3.7. Descarga	0,67 m ³
4. Gestión (coste anual estándar)	20,00 año

(*) Costes medios referidos a 1997, por unidad de medida en cada actividad.

Fuente: Contactos con investigadores forestales y selvicultores.

Los gastos efectuados en la generación y desarrollo de la tecnología SISPLAN se recogen en el Anejo 3: Comienzan en 1988 e incluyen el coste del personal investigador y los gastos operacionales necesarios para apoyar esta investigación. Se considera un gasto de mantenimiento de la investigación, una vez obtenida la tecnología, que se extiende hasta el año 2005, final del período estudiado. El volumen total de inversión en la tecnología, a lo largo todo período, se estimó en 1,3 millones de dólares estadounidenses de 1997 (Alencar, 1999). Por último, la tasa de descuento considerada en este estudio fue de un 6%.

5. RESULTADOS

El modelo económico utilizado genera los siguientes resultados económicos relativos a la tecnología SISPLAN: *beneficios privados por hectárea*, *beneficios privados totales*, *beneficios netos totales* y *relación beneficio-coste*. A partir de su análisis es posible conocer la magnitud de las ganancias privadas y públicas derivadas de las inversiones en la investigación y desarrollo del SISPLAN. El Anejo 4 recoge los VAN de la inversión correspondiente a los 25 regímenes de manejo simulados, expresados en dólares estadounidenses de 1997. Los VAN varían desde 1708 dólares por hectárea, en el caso del RM19, a 2160 dólares por hectárea, que se corresponden con RM1. El RM14, representativo de la tecnología antigua, genera un VAN de 2016 dólares por hectárea (3).

Una vez obtenidos los VAN de las inversiones de los 25 regímenes de manejo, se procede a calcular los beneficios de la tecnología considerándose tres casos. El *primer caso*, la situación más realista, consiste en comparar el régimen de manejo RM14, establecido por la PIF, con el régimen de manejo óptimo, cuya inversión proporciona la máxima rentabilidad (RM1). El *segundo caso* pretende investigar el grado de incidencia de la adopción de sistemas alternativos de claras en la rentabilidad de la inversión forestal, ya que estas labores selvícolas también aparecían contemplados en la PIF. Para ello se compara el RM14 con el RM9, régimen que presenta un mismo turno de rotación que el RM14, pero tiene una estructura de claras diferente. Por último, en el *caso 3*, se analiza el beneficio potencial de la tecnología, comparando el régimen de manejo que resultó más rentable, RM1, con el de menor rentabilidad unitaria (RM19). En los tres

(3) Al computar el VAN del RM14 no se considera el coste de utilización de la tecnología SISPLAN.

casos se parte de los beneficios privados por hectárea (VAN) que se obtienen directamente del Anejo 4.

En el cuadro 3 se recogen los resultados obtenidos al analizar los tres casos anteriormente citados. La columna 2 muestra el beneficio privado por hectárea, las columnas 3 y 4 presentan los beneficios privados totales y los beneficios netos totales, respectivamente, mientras que la relación beneficio-coste se indica en la columna 5.

De acuerdo con el cuadro 3, la comparación de los regímenes RM1 y RM14 (*caso 1*) indicó unos beneficios netos totales de la inversión en la investigación y desarrollo del SISPLAN de 77,2 millones de dólares. Por otra parte, la relación beneficio-coste de la investigación del SISPLAN ascendió a 55,7. El RM1, con un turno de rotación de 16 años y ninguna clara es el régimen que oferta una mayor cantidad de madera destinada a pasta y leña, además de una importante cantidad de madera para sierra. Por su parte, el RM14, con un turno más largo (20 años), dispone de poca producción de madera para pasta y leña, y genera una producción menor que el RM1 para sierra. No obstante, oferta una importante cantidad de madera para desenrollo y, en conjunto, genera un volumen de producción más elevado que el RM1. Su menor rentabilidad se explica, en gran medida, por el alto coste que supone la realización de tres claras, no contempladas en el RM1. Al comparar los regímenes RM9 y RM14 (*caso 2*) los beneficios netos totales fueron 37,9 millones de dólares y la relación beneficio-coste 27,3. Por último, la comparación de los regímenes RM1 (más rentable) y RM19 (menos rentable) indicó beneficios netos totales de 245,5 millones de dólares y una relación beneficio-coste de 176,9.

Cuadro 3

BENEFICIOS DE LA TECNOLOGÍA SISPLAN

Regímenes de manejo comparados	Beneficio privado/ha (US\$1,00) (*)	Beneficios privados totales (US\$10 ⁶) (*)	Beneficios netos totales (US\$10 ⁶) (*)	Relación B/C
CASO 1 (RM1-RM14)	144	78,6	77,2	55,7
CASO 2 (RM9-RM14)	72	39,3	37,9	27,3
CASO 3 (RM1-RM19)	452	246,8	245,5	176,9

(*) Expresados en valores del año base (1997).

Las tres comparaciones mostraron unos elevados retornos públicos para la inversión en la investigación y desarrollo del SISPLAN y se encuentran en línea con aquellos obtenidos en otros trabajos de esta naturaleza (Huang y Teeter, 1990; y McKenney *et. al.* 1993). Conviene, sin embargo, hacer algunas consideraciones adicionales sobre estos resultados. En primer lugar, hay que señalar que el RM1 cuya simulación ofrece la mayor rentabilidad, coincide con el régimen de manejo más utilizado, en la actualidad, por las industrias de procesamiento químico de pasta y papel, que prefieren una madera de *Pinus spp* con menor diámetro. Por el contrario, el régimen de manejo que generó una menor rentabilidad, el RM19, turno de 30 años, es el más utilizado por las industrias de procesamiento mecánico que demandan madera para desenrollo y sierra. Estas industrias requieren madera con mejores propiedades tecnológicas y de mayores diámetros destinada a la construcción, fabricación de muebles, láminas, paneles, conglomerados, etc. Por tanto, los resultados de la investigación muestran que, en el contexto analizado, en la Región Sur de Brasil resulta más ventajoso producir madera para pasta y papel que para desenrollo y sierra. Esta conclusión confirma la opinión del Banco Nacional de Desarrollo Económico y Social (1995), al señalar, en su informe, las desventajas de los turnos con períodos muy largos en Brasil, a pesar de que estos turnos son cortos cuando se les compara con los ciclos de más de 80 años que caracterizan los *bosques boreales* de clima templado.

Por otra parte, se debe destacar que son los regímenes de manejo con un plazo más largo los que, en muchos casos, permitirían sustituir la utilización de la madera de los bosques nativos, recurso escaso y de un gran valor ambiental, por aquella madera procedente de bosques de plantación, evitando así las presiones a la sobreutilización de los primeros. La disyuntiva anterior, esto es, menor rentabilidad privada frente a mayor ganancia ambiental, debería orientar las políticas forestales, entendidas en su sentido más amplio, a eliminar los obstáculos que limitan la rentabilidad de los regímenes de manejo del tipo RM19, proporcionando las condiciones técnicas y económicas que conduzcan a su viabilidad.

Finalmente, puesto que los resultados sobre la rentabilidad del SISPLAN pueden verse afectados por la adopción de distintos supuestos sobre el valor de los parámetros del modelo, se realizó un análisis de sensibilidad alterando los valores iniciales adoptados para los precios de la madera de *Pinus spp*, la tasa de descuento y el índice de sitio. Se observó, en primer lugar, que, cuando los precios de la madera son elevados, los selvicultores tienden a reducir los turnos, mientras que,

por el contrario, cuando los precios de la madera son bajos, interesa postergar la corta de los árboles. La variación de los precios afectó también a los resultados obtenidos sobre la rentabilidad de las inversiones públicas en la investigación y desarrollo de la tecnología SISPLAN. Así, cuando los precios de la madera se incrementaron, también aumentó la relación beneficio-coste de la investigación, y lo contrario ocurrió al disminuir los precios, verificándose la influencia de este parámetro económico en las inversiones selvícolas y de investigación.

El análisis de sensibilidad mostró también la enorme importancia de la tasa de descuento al computar los resultados de las inversiones selvícolas. De acuerdo a lo ya apuntado por Samuelson (1976), nuestros resultados indican la tendencia hacia turnos más cortos a medida que aumenta la tasa de descuento, ya que los rendimientos de las inversiones forestales tienden a disminuir más con el paso del tiempo. Por otra parte, la adopción de diferentes valores para la tasa de descuento también afectó a las estimaciones los beneficios sociales de la inversión en la investigación en la tecnología SISPLAN. No obstante, en ningún caso se alteró la ventaja relativa de la tecnología nueva, RM1, con respecto a la tecnología antigua, RM14, así como respecto a los regímenes de manejo con un turno más largo. Igual situación se observó al alterar los valores del índice de sitio todo lo cual apoya la robustez de los resultados obtenidos con el modelo.

6. CONCLUSIONES

La evaluación económica de la investigación en el sistema de simulación de plantaciones SISPLAN resulta ilustrativa de las ganancias potenciales que pueden generarse a partir de la ejecución de investigaciones en el ámbito forestal cuyos resultados se materializan en innovaciones de carácter organizativo. Estas tecnologías, una vez al alcance de los centros decisorios, contribuyen a mejorar los procesos de planificación y gestión forestal incidiendo positivamente sobre la productividad del sector.

Los resultados obtenidos son también indicativos de las ganancias potenciales que países con sistemas de investigación con un grado medio de desarrollo, como es el caso de Brasil, pueden obtener mediante la apropiada transferencia de conocimientos científico-técnicos procedente de sistemas de investigación más desarrollados. En este sentido, al estudiar la génesis de la tecnología SISPLAN se constata la existencia de importantes efectos desbordamiento tecnológicos internacionales hacia adentro «*spill in*», en la medida en que, con

unos medios personales escasos y presupuestos limitados, fue posible captar un enorme volumen de conocimientos científicos y técnicos generados, en gran medida, fuera de Brasil, y configurar una tecnología de alto rendimiento para la selvicultura del país. No obstante, es muy posible que el éxito de este fenómeno de transferencia tecnológica no habría sido posible sin la existencia de una trayectoria previa de investigación en selvicultura y campos afines en Brasil, sin la cual los beneficios de la utilización de la tecnología SISPLAN no habrían sido posibles.

Por otra parte, el simulador de plantaciones de *Pinus* SISPLAN también ha generado efectos desbordamiento hacia afuera «*spill out*», no cuantificados en este artículo, en la medida en que esta tecnología está siendo usada en otras regiones de Brasil y en otros países del continente, no contemplados en nuestro análisis. En cualquier caso, para poder evaluar globalmente la rentabilidad social de la investigación en el simulador SISPLAN habría que añadir a estos beneficios colaterales el valor de las externalidades económico-ambientales, de distinto signo, generadas a partir de la adopción de la tecnología.

BIBLIOGRAFÍA

- AHRENS, S. (1987): *A concepção de regimes de manejo para plantações de Pinus spp. no Brasil*. EMBRAPA-CNPQ. 23p. (EMBRAPA-CNPQ Circular técnica, 10). Curitiba.
- AHRENS, S. (1992): *A seleção simultânea do ótimo regime de desbastes e da idade de rotação, para povoamentos de Pinus taeda L., através de um modelo de idade de programação dinâmica*. Tese Doutorado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba.
- ALENCAR, J. R. de. (1999): *Evaluación del cambio tecnológico en Pinus: Una aplicación en la Región Sur de Brasil*. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba. Córdoba.
- ALSTON, J. M.; NORTON, G. W.; PARDEY, P. G. (1995): *Science under scarcity: principles and practice for agricultural research evaluation and priority setting*. Cornell University Press. Ithaca.
- ANTONANGELO, A. (1997). *As inovações tecnológicas na silvicultura brasileira e seus impactos sobre a expansão desta Atividade*. Tese Mestrado. Universidad de São Paulo. Piracicaba.
- BACHA, C. J. C. (1993): *A dinâmica do desmatamento e do reforestamento no Brasil*. Tese Livre Docência. Universidad de São Paulo. Piracicaba.
- BNDES (1995): *Papel e celulose de mercado: diagnóstico da competitividade brasileira, relato setorial*. Brasília. (Área de Operações Industriais, 1). Brasília.
- ECHVERRÍA, R. G. (1990): *Assessing the impact of agricultural research. En Methods for diagnosing research systems constraints and assessing the impact of*

- agricultural research. Volumen II: Assessing the impact of agricultural research.* ISNAR. The Hague.
- FAUSTMANN, M. (1995): *Calculation of the value which forest land immature stands possess for forestry.* *Journal of Forest Economics*, 1 (1), pp. 7-44.
- FUNATURA/ITTO/IBAMA (1995): *Diagnóstico e avaliação do setor florestal brasileiro: relatório da região sul, sumário executivo.* São Paulo.
- GRILICHES, Z. (1958): «*Research costs and social returns: hybrid corn and related Innovations*». *Journal of Political Economy*, 66, pp. 419-431.
- HERRUZO, A. C. (1997): *Una aproximación a la economía de la investigación forestal.* I Congreso Forestal Hispano Luso, Tomo IV, pp. 413-418. Gráficas IRATI, Pamplona.
- HUANG, Y. S. y TEETER, L. (1990): «*An economic evaluation of research on herbaceous weed control in southern pine plantations*». *Forest Science*, 36 (2), pp. 313-319.
- HYDE, W. F. (1980). *Timber supply, land allocation, and economic efficiency.* Johns Hopkins University Press. Baltimore.
- HYDE, W. F.; NEWMAN, D. H. y SELDON, B. J. (1992): *The economic benefits of forestry research.* MacGraw-Hill. New York/Iowa State University Press. Ames.
- JOHANSSON, P. O. y LÖFGREN, K. G. (1985): *The economics of forestry and natural resources.* Basil Blackwell. Oxford.
- MANSFIELD, E. (1968): *Industrial research and technological innovation: an Econometric analysis.* W. W. Norton. New York .
- McKENNEY, D. W.; BEKE, N.; FOX, G. y GROOT, A. (1996): «*Does it pay to do silviculture research on a slow growing species?*», *Forest Ecology and Management*, 95, pp. 141-152.
- McKENNEY, D. W.; DAVIES, J. S.; TURNBULL, J. W. y SEARLE, S. D. (1993): «*Impact of Australian tree species selection research in China: an economic Perspective*», *Forest Ecology and Management* , 60, pp. 59-76.
- McKENNEY, D. W; FOX, G. y VUUREN W. VAN (1991): «*An economic comparison of black spruce and jack pine tree improvement*». *Forest Ecology and Management*, 50, pp. 85-101.
- OLIVEIRA, E. B. (1995): *Um sistema computadorizado de prognose do crescimento e produção de Pinus taeda L., com critérios quantitativos para a avaliação técnica e econômica de regimes de manejo.* Tese Doutorado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba.
- OLIVEIRA, E. B. (1997): *Introdução ao uso de programas de computador em decisões gerenciais no manejo de Pinus sistema SISPLAN.* CURSO DE MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL, 1. *Tópicos em manejo florestal sustentável* pp. 209-220. EMBRAPA-CNPQ, Colombo.
- ROMERO, C. (1997): *Economía de los recursos ambientales y naturales.* Alianza Economía, S.A.. Madrid.
- ROMERO, C.; RÍOS, V. y DÍAZ-BALTEIRO, L. (1998): «*Optimal forest rotation age when carbon captured is considered: theory and applications*». *Journal of the Operational Research Society*, 49 (2), pp. 121-131.
- SAMUELSON, P. A. (1976): «*Economics of forestry in an evolving society, Massachusetts Institute of Technology*». *Economic Inquiry*, XIV pp. 466- 492.

- SCHULTZ, T. W. (1953): *The Economic Organization of Agriculture*. McGraw-Hill Book Co. New York.
- SMITH, V. H. y PARDEY, P.G. (1997): «*Sizing up social science research*». American Journal of Agricultural Economics, 79 (5), pp. 1.530-1.544.
- STCP (1998): «*STCP Engenharia de Projetos Ltda*», Empresa de Asesoramiento. Curitiba - PR Brasil.

Anejo 1

REGÍMENES DE MANEJO (RM) DE *PINUS TAEDA* UTILIZADOS EN EL ESTUDIO

Regímenes de manejo	Años de las claras y turnos												
	0	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
RM1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16
RM2	0	-	-	C1	-	-	-	-	-	-	-	-	16
RM3	0	-	-	C1	-	-	-	-	-	-	-	-	18
RM4	0	-	-	C1	-	-	-	-	-	-	-	-	20
RM5	0	-	-	C1	-	-	-	-	-	-	-	-	22
RM6	0	-	-	C1	-	-	-	-	-	-	-	-	24
RM7	0	-	-	C1	-	-	-	C2	-	-	-	-	16
RM8	0	-	-	C1	-	-	-	C2	-	-	-	-	18
RM9	0	-	-	C1	-	-	-	C2	-	-	-	-	20
RM10	0	-	-	C1	-	-	-	C2	-	-	-	-	22
RM11	0	-	-	C1	-	-	-	C2	-	-	-	-	24
RM12	0	-	-	C1	-	-	-	C2	-	-	-	-	26
RM13	0	-	-	C1	-	-	-	C2	-	-	-	C3	18
RM14	0	-	-	C1	-	-	-	C2	-	-	-	C3	20
RM15	0	-	-	C1	-	-	-	C2	-	-	-	C3	22
RM16	0	-	-	C1	-	-	-	C2	-	-	-	C3	24
RM17	0	-	-	C1	-	-	-	C2	-	-	-	C3	26
RM18	0	-	-	C1	-	-	-	C2	-	-	-	C3	28
RM19	0	-	-	C1	-	-	-	C2	-	-	-	C3	30
RM20	0	-	-	C1	-	-	-	C2	-	-	-	C3	20
RM21	0	-	-	C1	-	-	-	C2	-	-	-	C3	22
RM22	0	-	-	C1	-	-	-	C2	-	-	-	C3	24
RM23	0	-	-	C1	-	-	-	C2	-	-	-	C3	26
RM24	0	-	-	C1	-	-	-	C2	-	-	-	C3	28
RM25	0	-	-	C1	-	-	-	C2	-	-	-	C3	30

Fuente: Elaborada a partir de informaciones de Ahrens (1992, p. 75) y Oliverira (1995, p. 112).

Anejo 2

VOLÚMENES DE PRODUCCIÓN DE LOS 25 REGÍMENES DE MANEJO
DE *PINUS TAEDA* UTILIZADOS

Regímenes de manejo (RM)	Volumen total en la corta final según destino industrial (m ³ /ha)					Volumen total (CF + Claras) (m ³ /ha)
	Desenrrollo	Sierra	Pasta	Leña	Total	
RM1.CF	9,2	370,7	132,5	21,1	533,5	533,5
RM2.C1*	0,0	14,1	25,1	7,9	47,1	–
RM2.CF	15,4	316,6	95,3	14,2	441,5	488,6
RM3.CF	40,6	355,7	96,6	14,6	507,6	554,7
RM4.CF	66,5	396,5	92,9	13,3	569,2	616,3
RM5.CF	115,9	390,8	98,8	13,6	619,1	666,2
RM6.CF	140,2	425,1	86,5	13,1	664,8	711,9
RM7.C2 (*)	0,0	20,7	40,9	6,3	67,8	–
RM7.CF	21,2	255,9	54,6	8,7	340,4	455,3
RM8.CF	44,3	298,7	50,5	7,7	401,2	516,1
RM9.CF	106,0	291,3	52,9	8,3	458,5	573,4
RM10.CF	139,6	317,9	47,1	8,3	512,9	627,8
RM11.CF	174,3	328,0	53,8	7,3	563,5	678,4
RM12.CF	222,2	333,1	49,8	7,9	613,0	727,9
RM13.C3 (*)	1,1	67,9	24,4	3,5	97,0	–
RM13.CF	37,3	209,1	30,3	4,3	281,0	492,9
RM14.CF(*)	95,4	201,6	28,1	4,8	329,9	541,8
RM15.CF	133,1	212,7	27,2	4,9	377,9	589,8
RM16.CF	170,2	222,6	26,8	4,7	424,3	636,2
RM17.CF	215,7	221,6	27,0	4,7	469,0	680,9
RM18.CF	256,3	219,7	29,5	4,7	510,3	722,2
RM19.CF	289,0	227,7	27,3	4,6	548,6	760,5
RM20.C1(*)	0,0	30,5	34,3	7,3	72,1	–
RM20.C2*	0,0	29,7	43,2	6,4	79,3	–
RM20.C3*	1,7	80,2	23,5	3,5	108,9	–
RM20.CF	70,7	203,8	29,8	5,4	309,7	570,0
RM21.CF	105,0	218,5	29,8	4,3	357,7	618,0
RM22.CF	140,5	228,2	28,4	4,6	401,7	662,0
RM23.CF	185,1	226,5	28,7	4,7	445,0	705,3
RM24.CF	220,6	226,9	30,6	4,7	482,7	743,0
RM25.CF	248,6	234,4	28,3	5,0	516,2	776,5

(*) RM2.C1, RM7.C2 y RM13.C3 (1ª, 2ª y 3ª claras a los 8, 12 y 16 años, respectivamente). RM20.C1, RM20.C2 y RM20.C3 (1ª, 2ª y 3ª claras a los 10, 14 y 18 años, respectivamente).

Anejo 3

COSTES DE LA GENERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA TECNOLOGÍA SISPLAN(1988 A 2005)

Años	Cost. de personal técnico-científ. (US\$10³)	Costes operacio- de I+D (US\$10³)	Costes totales de I+D (US\$10³)	Costes totales de I+D (US\$10³) (*)
1988	44,24	12,74	56,98	97,78
1989	44,55	6,51	51,06	82,52
1990	34,87	11,62	46,48	70,74
1991	35,18	9,97	45,15	64,71
1992	35,49	6,45	41,95	56,63
1993	35,81	8,26	44,07	56,02
1994	36,12	24,87	60,00	73,03
1995	67,06	15,76	82,83	93,39
1996	80,65	20,11	100,76	106,99
1997	81,34	14,40	95,74	95,74
1998	81,34	14,40	95,74	90,16
1999	81,34	14,40	95,74	84,91
2000	81,34	14,40	95,74	79,97
2001	81,34	14,40	95,74	75,31
2002	81,34	14,40	95,74	70,93
2003	81,34	14,40	95,74	66,80
2004	81,34	14,40	95,74	62,91
2005	81,34	14,40	95,74	59,24
TOTAL	1.146,03	245,91	1.391,94	1.387,78

(*) Expresados en valores del año base (1997)

Fuente: Elaboración propia, con base en informaciones obtenidas junto a los Sectores de Recursos Humanos y Financiero del CNPF.

Anejo 4

VALOR ACTUAL NETO DE LOS 25 REGÍMENES DE MANEJO SIMULADOS

Régimen de manejo (*)	Turno (años)	Valor actual (US\$)
1	16	2.160 (mayor)
2	16	2.007
3	18	2.066
4	20	2.053
5	22	1.974
6	24	1.829
7	16	1.848
8	18	1.964
9	20	2.088
10	22	2.051
11	24	1.943
12	26	1.863
13	18	1.833
14	20	2.016 (PIF)
15	22	2.011
16	24	1.973
17	26	1.921
18	28	1.825
19	30	1.708 (menor)
20	20	2.022
21	22	2.047
22	24	2.015
23	26	1.973
24	28	1.873
25	30	1.751

(*) RM1, sin claras; RM2 al RM6, 1 clara a los 8 años; RM7 al RM12, 2 claras a los 8 y 12 años; RM13 al RM19, 3 claras, a los 8, 12 y 16 años; RM20 al RM25, 3 claras, a los 10, 14 y 18.

RESUMEN

Evaluación económica de la investigación en sistemas de simulación de plantaciones *Pinus spp* en la región de Brasil

Durante el período de 1966 a 1988 el Gobierno brasileño desarrolló un amplio programa de incentivos fiscales a la reforestación con especies forestales exóticas de *Pinus* y *Eucalyptus*. El objetivo perseguido era doble. Por un lado, satisfacer una creciente demanda de productos forestales y, por otro, reducir el creciente coste ambiental originado por un intenso proceso de deforestación de especies nativas de gran valor ecológico. Para participar en el programa se requería de los selvícultores la adopción de prácticas de manejo fundamentadas en criterios de gestión preestablecidos. No obstante, desde esta fecha, las instituciones de investigación en Brasil han desarrollado una amplia investigación sobre actividades de manejo y silvicultura de *Pinus spp*.

Este artículo evalúa la rentabilidad social de la investigación pública destinada al desarrollo de un sistema de simulación de plantaciones de *Pinus*, SISPLAN, diseñado para ayudar en la toma de decisiones sobre el manejo de masas de *Pinus taeda* en la Región Sur de Brasil. La tecnología SISPLAN ha facilitado la difusión del stock de conocimientos sobre *Pinus spp* acumulado en Brasil influyendo en la adopción de regímenes de manejo selvícolas más eficaces con una mejora de la productividad forestal en un área superior a las quinientas mil hectáreas.

La rentabilidad social de la investigación se obtiene comparando los beneficios económicos generados por el SISPLAN con los costes de investigación, difusión y adopción de la tecnología. El valor actual de la producción de madera referido a diferentes opciones selvícolas se calcula mediante la formulación sugerida por Faustmann. Los beneficios de la investigación se obtienen mediante la diferencia entre el valor actual del régimen de manejo establecido por el programa de incentivos fiscales (tecnología antigua) y el correspondiente a los nuevos métodos selvícolas modelizados mediante el simulador SISPLAN. Las estimaciones del caso base indican unas ganancias para Brasil del orden de 77,2 millones de dólares en 1997 (valor actual neto) y una relación beneficio coste igual a 55,7. Estos resultados confirman lo atractivo de las inversiones en la generación de esta tecnología de carácter organizativo.

PALABRAS CLAVE: Evaluación de la investigación, Gestión forestal, *Pinus spp*.

SUMMARY

Economic evaluation of simulation systems for *Pinus spp* plantations in Southern Brazil

During the period 1966-1988, the Brazilian Government implemented a broad program of fiscal incentives to induce reforestation with the exotic species *Pinus* and *Eucalyptus*. The program objectives were twofold: satisfying a growing internal demand of forest products while, at the same time, slowing down the increasing environmental costs of deforestation of native species. Program beneficiaries were required to follow preestablished silvicultural practices related to the rotation period and the number and timing of cuts. These management recommendations were based on limited information gathered from different sources available at the time. However, since then further research has been carried out by EMBRAPA finding more efficient management methods.

This paper reports on an assessment of the likely social returns from public research in the development of the software SISPLAN, a Southern Brazil specific model to project growth and yield for *Pinus*. SISPLAN produces information about number of trees and salable volumes according to industrial uses. Since initial diffusion, SISPLAN has been widely used to establish new management regimes that increase the returns of *Pinus* plantations.

Social returns from research are obtained by comparing the economic benefits produced by SISPLAN with the cost of research, extension and technology adoption. The present

value of timber production for different silvicultural options are calculated using the Faustmann Land Expectation Value (LEV) formula. Benefits of research are obtained by calculating the difference between the present value of the fiscal incentive management regime (old technology) and that of the new silvicultural methods modeled with the software SISPLAN (new technology). Base-case estimates suggest economic gains to Brazil at \$ 77.2 million in 1997 (net present value) with a cost-benefit ration of 55.7, indicating the research is an attractive economic investment.

KEYWORDS: Research evaluation, forestry management, Brazil, *Pinus spp.*