

CAPÍTULO 3

MODELOS DE EVALUACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 - INTRODUCCIÓN

En muchos países, los recursos disponibles para las inversiones en el sector público son cada vez más escasos, y en particular aquellos asignados a la investigación. Los centros decisorios necesitan disponer de más y mejor información sobre los resultados finales de la investigación, a fin de evaluar los usos alternativos para los fondos públicos. A la vez, los responsables de política científica tienen que destinar recursos a la investigación, a través de programas, proyectos, personas y lugares para resolver los problemas. Por otra parte, la opinión pública está cada vez más interesada en los retornos de sus impuestos. A fin de hacer que estas decisiones sean eficaces, los responsables de la toma de decisiones tienen que evaluar alternativas y establecer prioridades (Norton y Davis, 1981; Huang y Teeter, 1990; Hyde, Newman y Seldon, 1992; Alston, Norton y Pardey, 1995; McKenney et al., 1997). En este contexto, los centros decisorios están interesados en determinar criterios para ayudar a los científicos y a los gestores de la investigación a escoger entre proyectos alternativos. Además de todo ello, la investigación en selvicultura es muy arriesgada y llena de incertidumbre por el hecho de que sus retornos son de plazos muy largos. McKenney et al. (1997, p.1) hacen algunas consideraciones a esto respecto. ¿En la investigación forestal se deben dedicar relativamente más recursos a examinar los impactos potenciales de cambio climático, funciones de producción

para productos no madereros, o para métodos de control de enfermedad e insectos, o para elevar la productividad y la calidad de la madera, a fin de atender las demandas de los consumidores de productos forestales? Aún dentro de las estrategias alternativas específicas de investigación son necesarias elecciones. Por otra parte, todas las elecciones implican *tradeoffs*⁹, precisamente a causa de que los recursos de investigación son escasos. Además, cuando se propone una investigación, es necesario disponer de laboratorios, de campos experimentales, de personal técnico, de personal de campo y de apoyo en general, que también son escasos.

Así, las evaluaciones pueden proveer conocimientos útiles sobre impactos económicos potenciales de tipos particulares de investigación. Sin embargo, comparados con la investigación agraria, hay relativamente pocos estudios en la literatura sobre evaluación de la investigación en selvicultura, a pesar de que el interés en evaluar esta actividad ha aumentado consideradamente en los años recientes. Los ejemplos vienen dados por Bengston (1983, 1984, 1985), Haygreen et al. (1986), Seldon (1987), Huang (1988), Hoeflich, Graça y Lisboa (1988), Jakes y Risbrudt (1988), McKenney et al. (1989, 1992, 1993, 1994, 1997), Huang y Teeter (1990), Hyde, Newman y Seldon (1992), Bengston y Gregersen (1992), Davis, McKenney y Turnbull (1994) y Herruzo (1997). Sin embargo, en evaluación de la tecnología de la información en selvicultura no fue posible localizar trabajos sobre este tema. Los métodos que son utilizados en evaluación agraria, donde se indican cómo estos mismos procedimientos pueden ser utilizados para evaluar inversiones en investigación forestal (Herruzo, 1997), son adaptados para este estudio de evaluación de la investigación de la información en el sector forestal.

⁹ En economía, expresión que define situación de elección conflictiva, es decir, cuando una acción económica encaminada a la resolución de determinado problema acarrea inevitablemente otro. En otras palabras, la decisión para adoptar un programa particular de investigación forestal frecuentemente excluye o por lo menos afecta a opciones en otras áreas.

Desde luego, en este *Capítulo 3* se hace un recorrido de la literatura sobre los modelos de evaluación de la investigación agrícola y forestal. Se verifica que en la mayoría de los trabajos sobre la rentabilidad económica y social de la investigación han utilizado el modelo denominado modelización del desplazamiento del equilibrio (equilibrium displacement modelling – EDM).

3.2 - DESCRIPCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE RECURSOS

Alston, Norton y Pardey (1995), hacen una descripción completa de los puntos centrales de la distribución de recursos en la investigación agraria, que no es diferente a otros tipos de investigación. Por tanto, desde una perspectiva económica, se resumirán los principios básicos de las evaluaciones al nivel de proyecto:

- 1 - La investigación con éxito hace que sus resultados, al generar un nuevo conocimiento o tecnología, puedan usarse o adoptarse y con eso proporcionar efectos positivos en los bienes o servicios derivados de los bosques.

- 2 - Generalmente hay un tiempo de retardo entre la generación del conocimiento y su adopción y finalmente en los cambios en la producción. Eso ocasiona el flujo de costes y beneficios a lo largo del tiempo que finalmente proporcionan el cálculo de los beneficios netos. Esto es cierto tanto para la investigación sobre mercancías destinadas al mercado como también para bienes y servicios no comercializables.

- 3 - La adopción del nuevo conocimiento o de la tecnología frecuentemente implica costes. Los costes de la adopción se consideran adicionales a los costes reales de la investigación cuando se estiman los beneficios netos potenciales de la investigación.

4 - La estimación de los futuros costes y beneficios de la nueva tecnología está sujeta a la incertidumbre. Esto es cierto en la selvicultura dado el tiempo potencialmente largo que existe entre la investigación, la adopción y los cambios de producción. En realidad, los beneficios dependen del ambiente político y de las condiciones de mercado que pueden proporcionar tanto ventajas como desventajas para la adopción de una determinada tecnología.

Con este fin se han desarrollado modelos conceptuales de análisis sobre cómo la investigación forestal, al producir un nuevo conocimiento útil, afecta, entre otros, a la producción de madera, a los días-hombres en las actividades forestales, a los mercados y precio de la madera y en definitiva al valor de los productos del bosque. Sin embargo, hay varias razones por las que la evaluación en investigación en la selvicultura ofrece problemas únicos a los métodos cada vez más numerosos. Algunos problemas serán abordados, a continuación, antes de señalar los modelos existentes.

3.3 - PROBLEMAS DE LA EVALUACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN EN SELVICULTURA

Jakes y Risbrudt (1988) señalan los siguientes problemas en el desarrollo de las evaluaciones de investigación en selvicultura:

El primero es que, en diversas áreas de investigación en selvicultura, es, frecuentemente, difícil vincular de forma directa los cambios en los recursos forestales con la implementación de innovaciones en la investigación. Esto es debido, en parte, al largo período de la producción selvícola, lo que hace difícil identificar los

beneficios de la innovación tecnológica con muchos años antes de la corta y suponer que la investigación demuestra cambios en los recursos, como respuestas a la introducción de nuevas técnicas de manejo u otras tecnologías más de que las variaciones climáticas, biológicas y edafológicas.

Por otra parte, puesto que los bosques generan rendimientos diferentes, los resultados de la innovación tecnológica pueden tener efectos distintos en la producción selvícola. En otras palabras, un nuevo método selvícola puede no incrementar el volumen de fibras de un determinado bosque, pero generar beneficios de preservación de los recursos naturales o recreativos. Puede ocurrir también que, una vez que el impacto de la innovación tecnológica se ha identificado, puede ser sumamente difícil valorar sus efectos, si estos tienen lugar en la producción que no corresponden a precios de mercado.

Una importante preocupación de la investigación en selvicultura consiste en investigar los niveles de productividad. Sin embargo, investigar el control de la fauna puede, en algunas áreas, aumentar la productividad del bosque, pero su impacto principal está en mantener los niveles actuales de productividad. Así, es importante no sólo identificar los aumentos de productividad a partir de la investigación, sino identificar, también, las pérdidas ocasionadas por la adopción de nuevas tecnologías.

Finalmente, otro problema es identificar los usuarios potenciales que utilizan la nueva tecnología para obtener la tasa de adopción y así evaluar los resultados de la investigación. Las tasas de adopción, por ejemplo, están determinadas por muchos factores, y la mayoría están relacionados con la eficiencia de la utilización de los

recursos y/o la productividad. En la investigación de productos forestales, se identifica con más facilidad un grupo de usuarios que tiene claro los objetivos y las razones para la adopción de nuevas tecnologías. La predicción de la tasa de adopción por tales usuarios es fácil al compararla con la predicción para la innovación de manejo forestal. La innovación puede ser adoptada tanto por administradores públicos como privados, por terratenientes individuales, o por gerentes de tierras de la industria forestal. Los factores que afectan la tasa de adopción de una nueva tecnología pueden variar no solamente entre los tipos de propiedades sino también dentro de cada tipo de propiedad. Así, la predicción de la tasa de adopción es uno de los problemas metodológicos importantes en la evaluación de la investigación forestal.

3.4 - MODELOS DE EVALUACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Norton y Davis (1981), siguiendo los procedimientos de Schuh y Tollini (1979) que sistematizaron un resumen de los modelos más importantes con relación a la investigación agraria, presentaron una revisión de los estudios de retorno de investigación en los tipos de evaluación económica de investigación agraria considerando tanto los *ex-post*¹⁰ como los *ex ante*¹¹. La evaluación *ex post* tiene por objetivo la valoración de la contribución de la investigación de los cambios detectados (impactos, efectos) entre el “ante” y el “después” de la etapa de ejecución y entre los grupos “con” y “sin” su intervención. Por otra parte, bajo la incertidumbre, es lo que los métodos *ex ante* intentan trabajar. Los métodos *ex ante* intentan aislar la dimensión de

¹⁰ Expresión creada por Gunnar Myrdal para indicar la cantidad de inversiones, ahorros y consumo realizados en determinados períodos. Como son cálculos procesados posteriormente, se basan en cantidades reales y sus conclusiones son fundamentales a la definición de planes y proyectos y cálculos *ex-ante* (Sandroni, 1989, p.117)

¹¹ Expresión también creada por Gunnar Myrdal y que se aplica a las cantidades de inversión, ahorro o consumo planteadas como acción para un período que se inicia o en curso. En realidad son cantidades hipotéticas, que funcionan como ruta para planes económicos en general, que serán después comparados con los cálculos *ex-post*, realizados al final del período (Sandroni, 1989, p.117).

un producto final no conocido exactamente, como es el caso de la investigación forestal, del tratamiento que es dado a otros proyectos convencionales (por ejemplo, carretera, ferrocarril, etc.); y se llevan a cabo teniendo en cuenta el proceso de planificación, es decir, los impactos que pueden ocurrir en el futuro. Así, para el análisis de la evaluación *ex-post* utilizaron dos métodos importantes: (a) - Aquel que se basa directamente en el excedente del productor y consumidor y estima una tasa media de rendimiento de la investigación; y (b) - Aquel que estima una tasa marginal de rendimiento para la investigación, tratando a ésta como una función de producción variable. Por otra parte, para el análisis de la evaluación *ex-ante* utilizaron cuatro tipos de métodos de evaluación: (a) modelos de puntuación para clasificar actividades de investigación, (b) análisis beneficio-coste para predecir tasas de rendimientos para investigación, (c) modelos de simulación, y (d) programación matemática para ayudar a seleccionar una combinación óptima de actividades de investigación. Posteriormente, estos métodos fueron y vienen siendo adaptados para la evaluación de la investigación forestal, considerando sus especificidades.

Bengston (1984) fue el primero en modificar y adoptar los métodos de evaluación de la investigación en selvicultura a partir de la economía agraria. En las adaptaciones, sugirió que es útil separar la evaluación de la investigación en dos tipos fundamentalmente diferentes: las *evaluaciones de impacto* y las *evaluaciones de proceso*. Las evaluaciones de impacto intentan evaluar los efectos reales o previstos de la investigación sobre la sociedad, mientras que las evaluaciones de proceso tienden a concentrarse en controlar el proceso de investigación dentro de la organización económica.

En realidad, las evaluaciones de impacto tienen que ver habitualmente sólo con la identificación y evaluación de los insumos y producto de investigación, e ignoran el proceso de investigación en sí mismo, es decir, el procedimiento por el que los insumos de investigación se transforman en producto. Por otra parte, las evaluaciones de proceso intentan profundizar en el proceso de investigación para evaluar tanto la eficacia o eficiencia de la toma de decisiones, como la asignación interna de los recursos, e incentivos para los investigadores (Bengston, 1986).

Como hay complejidad de obtención de datos, limitaciones de tiempo y otros recursos, principalmente en la investigación forestal, las evaluaciones de impacto de investigación normalmente se concentran en uno o dos impactos clave de las nuevas tecnologías asociadas con un programa concreto de investigación. En los países en desarrollo esa complejidad todavía es más fuerte.

3.4.1 - MODELOS *EX POST* DE EVALUACIÓN

3.4.1.1 - MODELOS DEL EXCEDENTE DEL CONSUMIDOR-PRODUCTOR

Hay diversos procedimientos para estimar los valores involucrados en el análisis del excedente económico. Schulz (1953) evaluó el excedente del consumidor en el ámbito agregado, estimando el valor de los insumos ahorrados en agricultura debido a las técnicas de producción avanzada. Griliches (1958) estudió los beneficios sociales de investigación sobre el maíz híbrido, calculando la pérdida en el excedente neto del consumidor que ocurriría si el maíz híbrido desapareciera.

Por otra parte, Bengston (1983, 1984) desarrolló el primer modelo de excedente económico utilizado en evaluación de investigación forestal mediante una adaptación del modelo de Griliches (1958). La idea subyacente a este modelo es que las innovaciones reducen los costes marginales de producción (madera, troncos o forraje), lo cuál resulta en un desplazamiento de la curva de oferta hacia la derecha. En este estudio de caso, Bengston (1984) usó el modelo del excedente económico para evaluar la investigación en “tableros de partícula”. Este autor, quería asegurar una estimación conservadora de beneficios, de forma que consideró sólo aquellos percibidos por los consumidores. Los resultados de su análisis mostraron que las tasas internas de rendimiento en inversión en investigación en “tableros de partículas” oscilaban desde el 19 al 22 por ciento y las tasas marginales de rendimiento oscilaban del 27 al 35 por ciento. Un análisis de sensibilidad indicó que los resultados eran insensibles a la estimación de los costes de investigación.

3.4.1.1.1 - ANÁLISIS BENEFICIO-COSTE

El análisis de beneficio-coste *ex post*, que mide los beneficios netos estimando el aumento de la producción también entra en la clasificación del excedente del consumidor-productor. Estos estudios postulan implícitamente una curva de demanda perfectamente elástica y una curva de oferta vertical. Los cálculos de beneficio-coste comparan las ganancias sociales del cambio tecnológico con los costes asociados con la planificación y realización de la investigación y con la adopción de resultados.

Haygreen et al. (1986) utilizaron el análisis beneficio-coste *ex post* para medir los impactos económicos en la investigación de utilización de madera de conífera a

través del desarrollo de un modelo directo, para calcular los valores reales de los costes y beneficios netos. Ellos analizaron un programa de investigación de siete grupos de tecnologías de productos forestales, incluyendo producción y uso de madera, producción de productos para panel y desarrollo de tecnología para producir pasta y papel; donde estimaron los ahorros de la utilización de la madera de conífera y consideraron las reducciones de costes asociados a las nuevas innovaciones como los beneficios de la investigación. Al comparar los beneficios de los siete grupos de investigación de utilización de madera y los costes de investigación forestal total, la tasa interna de rendimiento estimada fue del 18%. Considerando los costes netos, aparte de ingeniería forestal, comercialización e investigación de la gestión maderera, la tasa interna de rendimiento estimada aumentó al 26%. Estos autores concluyeron que los gastos sobre la investigación de utilización de madera se justificaron con base a los beneficios reales y esperados desde el punto de vista del ahorro en madera de conífera.

3.4.1.2 - MODELO DE LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN.

El modelo de la función de producción es el segundo método *ex post* para evaluar los rendimientos de la investigación. Considera que el “conocimiento” es un factor de producción generado por la investigación. Este modelo ha demostrado ser útil al distinguir diferentes influencias de investigación en la producción agraria (Norton y Davis, 1981). El efecto de la investigación sobre la producción puede aislarse de los efectos del nivel de educación, de los insumos convencionales, o de la investigación en otras áreas geográficas utilizando análisis de regresión. Permite a un investigador estimar una tasa marginal de rendimiento en vez de una tasa media de rendimiento.

La mayor fuente de variación entre las aplicaciones de este modelo ha sido en la determinación del tiempo de retardo para medir el efecto del “input” de investigación sobre el producto. En 1964, Griliches, por ejemplo, usó tanto el gasto de un sólo año o un promedio simple de dos años en su estudio, sin un retardo significativo que reflejara los efectos de los gastos de investigación sobre la producción. Luego, Evenson (1967) y Cline (1975) desarrollaron ajustes teóricos e intentaron definir la duración del retardo. Determinaron un período medio de retardo de 6 a 7 años para el cambio en la producción e investigación agraria en Estados Unidos (citados por Norton y Davis, 1981 y Alston, Norton y Pardey, 1995)

Seldon y Newman (1987), citados por Huang (1988, p. 28), evaluaron el valor de los cambios en la productividad marginal debido a investigación pública en la industria de madera blanda y contrachapado usando el dual de la función de producción agregada. En el análisis estimaban indirectamente los parámetros de la función de producción utilizando un sistema de mercado de oferta y demanda. Ilustraban la estructura de la relación de producción para la industria de madera blanda y contrachapado utilizando la forma funcional de *Cobb-Douglas*. Las técnicas de contrachapado generadas por la investigación proporcionaron un valor del producto marginal, a largo plazo, para las inversiones públicas de investigación de 33.11 dólares, de 1967. Las tasas internas de rendimiento marginales estimadas superaban el 236%.

Huang (1988) señala que la principal limitación de utilizar el modelo de la función de producción en evaluación de investigación forestal es la falta de datos. Por ejemplo, en investigación de herbicidas en selvicultura, es muy difícil obtener datos sobre algunos insumos de producción como trabajo, equipamiento, maquinaria y

productos químicos, y relacionarlos con la producción de madera. En este sentido, Norton y Davis (1981) ya habían señalado que la carencia general de datos suficientes de series temporales para insumos convencionales es la razón principal por la que los estudios de series temporales no son susceptibles de adoptar este tipo de análisis.

En el contexto español Herruzo (1997), al presentar el marco analítico para la evaluación económica en la investigación forestal y el análisis de los efectos redistributivos del cambio tecnológico en el sector, consideró los modelos de “imputación contable” (excedente del consumidor-productor) y de los “métodos estadísticos” para analizar estas situaciones. Dentro de los métodos estadísticos consideró el método de la “metafunción de producción” (o sus duales “descomposición de la productividad”). Al explicar estos modelos concluyó que el crecimiento sostenido de la productividad del sector forestal requiere un aumento continuado de la calidad de los medios de producción, así como mejoras continuas en la organización de los procesos productivos, donde la investigación es un factor determinante para la consecución de estos objetivos. Este autor, consideró los resultados de las evaluaciones económicas de la investigación forestal realizadas hasta ahora, afirmando que son sólo parcialmente transferibles a otros países y, en particular, a España, por características específicas (por ejemplo, oferta de productos, precios, mercados, etc.). No obstante, algunos de estos modelos de evaluación de la investigación ya fueron utilizados en España, en el caso de la agricultura (Herruzo, 1986).

Por otra parte, en estudios de evaluación de inversiones en investigación *ex-post* en América Latina, Echeverría et al. (1989) encontraron un total de 69 análisis de evaluación para estimar los retornos de la inversión en la investigación agraria,

durante el período de 1970-80. De estos estudios, 43 ocurrieron en Brasil. Sin embargo, en este trabajo no se hace referencia a ninguna evaluación económica de la investigación forestal.

Ávila, Cruz y Castro (1994), presentaron una síntesis de las principales evaluaciones de la investigación efectuadas en Brasil, desde 1982 a 1992. En este estudio se consideraron un total de 14 evaluaciones de la investigación, con tasas internas de rendimientos que oscilaron entre un 20 a 65 por ciento. El análisis, también incluyó un estudio de los efectos desbordamientos tecnológicos (*spillover*)¹² en la agricultura brasileña. Tampoco, en este estudio, se hace referencia a alguna evaluación económica de la investigación en el sector forestal. A pesar de la no inclusión en este análisis de evaluación de inversiones en la investigación del sector forestal, fue posible encontrar en Brasil, un único trabajo con este enfoque. Se trata, también, de evaluación de la investigación *ex-post*, referente al programa general de investigación forestal del CNPF. Para su análisis, han considerado los gastos de investigación hechos para un conjunto de 26 importantes informaciones tecnológicas, que estarían disponibles al sector forestal, basadas en la contribución que cada una de ellas puede proporcionar. Sin embargo, no se ha considerado su uso efectivo por el sector productivo, debido a la inexistencia de datos precisos, mostrando así la gran dificultad de obtención de datos en este país. Los resultados de los beneficios netos fueron estimados en 33,97 millones de dólares (Hoeflich, Graça y Lisboa, 1988).

¹² También llamados de efectos “diseminación”, “transbordo”, es decir, beneficios que son generados a través de la investigación, pero, benefician a otras regiones o países.

3.4.2 - MODELOS DE EVALUACIÓN *EX ANTE*

Como se ha mencionado en el inicio de este capítulo, se pueden identificar cuatro tipos de evaluación *ex-ante* de la investigación: los modelos de puntuación, de análisis beneficio-coste, de simulación y de programación matemática. Su aplicación a la investigación selvícola resultará más útil cuando se aplica a problemas técnicos específicos, dado el largo plazo de obtenerse los resultados de la investigación forestal (Huang y Teeter, 1990).

3.4.2.1 - MODELOS DE PUNTUACIÓN

Los modelos de puntuación se usan para determinar hasta qué punto cada área de un problema de investigación cumple ciertos criterios. Estos modelos son unos de los primeros métodos utilizados de análisis de asignación presupuestaria a la investigación. Su aplicación sigue los siguientes pasos: Consiste en la identificación por parte de los responsables de la investigación de un conjunto de objetivos para la investigación (por ejemplo, crecimiento, equidad y seguridad) y asignan puntos a cada uno de ellos en función de su importancia. A partir de aquí se concede una puntuación a cada proyecto propuesto. Finalmente, las puntuaciones obtenidas se usan para establecer una ordenación de proyectos. Los modelos de puntuación funcionan mejor donde los objetivos de evaluación son claros y conceptualmente no son tan complejos, pero requieren frecuentes reuniones entre grupos de personas, cuyo coste de oportunidad del tiempo es alto (véase Norton y Davis, 1981 y Huang, 1988).

3.4.2.2 - ANÁLISIS BENEFICIO-COSTE

Los análisis beneficio-coste son conceptualmente análogos a los análisis del excedente económico descritos anteriormente en la sección *ex post*, calculándose tasas de rendimiento o relaciones beneficio-coste. Norton y Davis (1981) señalan que los estudios *ex ante* han tendido a centrarse en evaluaciones a nivel de proyecto, mientras que los estudios *ex post* se han orientados a evaluación de programas.

Araji, Sim y Gardner (1978) fueron los primeros autores en proponer un modelo de beneficio-coste *ex-ante* para calcular los beneficios de la investigación en el desarrollo de nuevas técnicas de producción para varios cultivos en el Oeste de Estados Unidos. Realizaron entrevistas a investigadores agrarios y a especialistas en extensión agraria para determinar las fechas de inicio y fin de los proyectos de investigación, probabilidad de éxito de la investigación, probabilidad y tasa de adopción de resultados de investigación (con o sin extensión), y los recursos requeridos para adoptar y mantener la nueva tecnología. Estimaron los cambios en el rendimiento, calidad y coste de producción resultantes de la nueva tecnología, así como los flujos de beneficios y costes, relación beneficio-coste y tasas internas de rendimiento para cada proyecto. También estimaron la reducción de productividad que resultaría de eliminar la investigación de mantenimiento y utilizaron la flexibilidad de los precios para determinar efectos sobre los precios y gastos del consumidor.

Huang y Teeter (1990), partiendo del trabajo de Araji, Sim y Gardner (1978), evaluaron los beneficios de la investigación sobre el control de malas hierbas en plantaciones de *Pinus* spp en Estados Unidos. Sus resultados indicaron beneficios netos

reales entre 55,9 y 111,4 millones de dólares, con una relación beneficio-coste entre 17,84 y 34,58.

McKenney et al. (1993), también utilizaron un modelo de evaluación *ex-ante*, con el objetivo de evaluar los impactos económicos de la investigación de selección de especies arbóreas más productivas para las industrias forestales del sur de China. Los resultados obtenidos indicaron una tasa de rendimiento entre 25 y 47% y un valor actual neto de 72 millones de dólares australianos.

3.4.2.3 - MODELOS DE SIMULACIÓN

En la agricultura, los modelos de simulación han tenido un uso más generalizado en la evaluación de la investigación desarrollada en el sector industrial privado que en la evaluación de investigación pública. Esto puede ser debido a la más fácil comprensión de los procesos de investigación industrial, y a su menor grado de incertidumbre (Norton y Davis, 1981).

Los modelos de simulación suelen ser bastante complejos y costosos en términos de dedicación de los investigadores. Por regla general, requieren gran cantidad de datos, pero, por el contrario, tienen la ventaja de su flexibilidad (Norton y Davis, 1981).

3.4.2.4 - MODELOS DE PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA

Los modelos de programación matemática se han utilizados en escasas ocasiones en evaluación de la investigación. Estos modelos ofrecen su mayor potencialidad cuando se combinan con medidas de los beneficios de la investigación generados a partir del análisis del excedente del consumidor-productor. Por tanto, la decisión de utilizar este tipo de metodología supone que existen recursos suficientes para aplicar el enfoque del excedente económico. Entre los modelos de programación matemática utilizados en evaluación económica de la investigación cabe destacar Russell (1975), Wit (1988) y Scobie y Jacobsen (1992). Todos ellos referidos a la investigación agraria.