

Evaluación de Impactos Socio-Económicos de Innovaciones Tecnológicas: Metodologías Utilizadas en Centros Públicos de Investigación

GRACIELA LUZIA VEDOVOTO

Doctoranda de la *Universitat Autònoma de Barcelona*, España.
Analista en la *Secretaria de Gestão e Estratégica* de la *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa*.

Dirección: Estação PqEB, s/n°. Avenida W3 Norte (final), Edifício Sede. Caixa Postal 40.315. CEP 70770-901 – Brasília, DF, Brasil.
graciela.vedovoto@embrapa.br

Resumen

La incorporación de innovaciones tecnológicas en la agricultura resulta en efectos para los adoptantes de las tecnologías y este cambio se refleja también en el desarrollo socioeconómico de una región. Así, es necesario investigar, evaluar y, en la medida del posible, medir estos efectos. Ese trabajo tiene como objetivo describir y analizar el proceso de evaluación de impactos económicos y sociales de innovaciones tecnológicas generadas por centros públicos brasileños de investigaciones en agricultura. Son presentados elementos como teorías relevantes y revisión de literatura orientados hacia estudios de evaluación de impactos de innovaciones tecnológicas. La metodología consistió en la revisión de la literatura sobre el tema además del análisis de documentos y publicaciones de los casi 50 centros de investigación de Embrapa, la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria. Se concluye que la evaluación de impactos representa, para los centros públicos de investigación, una medida valiosa para justificar inversiones en investigación y desarrollo.

Abstract

The incorporation of technological innovations in agriculture generates effect for adopters of technology and this change also reflects socio-economic development of a region. Thus, it is necessary to investigate, evaluate and insofar as possible assess all these effects. This paper aims to describe and analyze the process of evaluation of economic and social impacts of technological innovations generated from public agricultural research Brazilians. Elements are presented as relevant theories and literature review returned for impact assessment studies of technological innovations. The methodology consisted of a review of the literature on the subject in addition to the analysis of documents and publications of the nearly 50 research centers of Embrapa, the Brazilian Agricultural Research Enterprise. We conclude that the impact assessment is, for public research centers, a valuable measure to justify investments in research and development.

Es innegable que la incorporación de innovaciones tecnológicas en la agricultura resulta en algún efecto para los adoptantes de las tecnologías y que este cambio se refleja también en el desarrollo socioeconómico de una región. De esa manera, cada vez más es necesario investigar, evaluar y, en la medida del posible, medir estos efectos.

El hecho de evaluar impactos de tecnologías posee un doble propósito. Primeramente usar los resultados como *feedback* para la I+D, es decir, es necesario investigar hasta qué punto se llegó al esperado y que se puede cambiar el futuras investigaciones. El segundo propósito se refiere a la rendición de cuentas de la institución que genera las innovaciones, si es publica hay que reportar resultados a los inversores (el gobierno en la mayoría de los casos) y la sociedad.

La verdad es que la evaluación de los impactos económicos, sociales y del punto de vista de la generación de conocimiento de las innovaciones tecnológicas representa, para los centros públicos de investigación, una medida valiosa para justificar inversiones en investigación y desarrollo (I+D).

En el caso brasileño, Embrapa, la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria, vinculada al Ministerio de la Agricultura y del Abastecimiento de Brasil, que consiste en un conjunto de 47 centros públicos de investigación ha convertido la evaluación de impactos económicos, sociales, ambientales y de algunos impactos intangibles, en un proceso habitual a partir de la última década.

Ese trabajo tiene como objetivo describir y analizar el proceso de evaluación de impactos económicos y sociales de innovaciones de producto y proceso generadas por centros públicos de investigaciones en agricultura orientados al mercado en Brasil.

Son presentados elementos como la revisión de literatura y teorías relevantes para estudios de evaluación de impactos de innovaciones tecnológicas generadas por centros públicos de investigación. La metodología consistió en la revisión de la literatura sobre el tema además del análisis de documentos y publicaciones de Embrapa.

1. Evaluación de impactos de innovaciones tecnológicas: principales teorías utilizadas en los estudios

Entre los diversos estudios sobre las innovaciones, los enfoques neoclásicos han analizado los cambios tecnológicos según la trilogía schumpeteriana que fragmenta su proceso en tres etapas: invención (generación de ideas), innovación (desarrollo de ideas en productos comercializables) y difusión (distribución de los productos entre los mercados). Schumpeter (1934) puntaba que la innovación es una fuente fundamental de riqueza.

Durante los años 80 y 90 se consagró un considerable volumen de trabajo para el desarrollo de modelos y marcos analíticos para el estudio de la innovación. Georghiou y Roessner (2000) identifican tres influencias, corrientes a partir de la década de 1980, en el desarrollo de los enfoques de evaluación de programas tecnológicos, advenidas de los cambios en las condiciones institucionales y de la concepción del proceso de innovación. Sonellas:

1. La convergencia entre las tradiciones de evaluación interna (del tipo *peer review* y cientometría) y elementos oriundos de una demanda creciente por evaluaciones adoptadas de políticas públicas en general (rendición de cuentas, estimación de impactos sociales, ambientales, etc.).
2. La emergencia de una nueva gestión pública que requiere indicadores de desempeño y de programación de las instituciones y organizaciones.
3. La asociación de la producción científica con desempeño competitivo y la búsqueda por medios efectivos para promover esa conexión.

La experiencia adquirida ha ampliado el enfoque de la medida de la innovación de forma importante. En primer lugar, hace hincapié en el papel de los vínculos entre empresas e

instituciones en el proceso de innovación. En segundo lugar, la definición de innovación se amplía. De esa forma, además de considerar las innovaciones de productos y procesos, el propio Manual de Oslo, considerado una importante referencia en términos de metodología de recogida e interpretación de datos sobre innovación, incluye en su tercera edición, en 2005, dos tipos adicionales: la innovación organizativa y la innovación en mercadotecnia (OCDE, 2005).

Respeto a los tipos de innovaciones, de acuerdo al Manual de Oslo, una empresa puede hacer numerosos cambios en sus métodos de trabajo, en el uso de los factores de la producción y en sus tipos de productos para mejorar su productividad y/o su rendimiento comercial. Las innovaciones de producto implican cambios significativos de las características de los bienes o de los servicios. Incluyen ambos los bienes y los servicios enteramente nuevos y las mejoras significativas de los productos existentes.

Una innovación de proceso consiste en la introducción de un nuevo método de producción o de distribución. Ello implica cambios significativos en las técnicas, los materiales y/o los programas informáticos, por ejemplo. Tales innovaciones de proceso pueden tener por objetivo disminuir los costes unitarios de producción o distribución, mejorar la calidad, producir o distribuir nuevos productos o mejorarlos sensiblemente (OCDE, 2005). Un software, por ejemplo, puede ser considerado una innovación de proceso.

Una innovación de organización es la introducción de un nuevo método organizativo en las prácticas, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores de la empresa. Pueden tener por objetivo mejorar los resultados de una empresa reduciendo los costes administrativos o de transacción, mejorando el nivel de satisfacción en el trabajo (y, por consiguiente, aumentar la productividad), facilitando el acceso a bienes no comercializados (como el conocimiento externo no catalogado) o reduciendo los costes de los suministros. Como ejemplo, se puede citar la primera introducción de prácticas de catalogación del conocimiento, es decir la creación de bases de datos sobre las prácticas a seguir, las conclusiones obtenidas y otras formas de conocimiento, de modo que éste sea fácilmente accesible para terceros.

Lo que hay en común en evaluar innovaciones de proceso y de organización es el superior grado de dificultad para medir sus resultados, porque se necesitan métodos más específicos para esta finalidad, o el problema de la atribución de beneficios (hasta qué punto se puede aislar el efecto de la innovación sobre el aumento de la productividad de la empresa).

De acuerdo con el Manual de Frascati (OCDE, 2002), las actividades de innovación tecnológica son el conjunto de etapas científicas, tecnológicas, organizativas, financieras y comerciales, incluyendo las inversiones en nuevos conocimientos, que llevan o que intentan llevar a la implementación de productos y de procesos nuevos o mejorados. La I+D no es más que una de estas actividades y puede ser llevada a cabo en diferentes fases del proceso de innovación, siendo utilizada no sólo como la fuente de ideas creadoras sino también para resolver los problemas que pueden surgir en cualquier fase hasta su culminación.

Según este Manual, el término I+D engloba tres actividades: investigación básica, investigación aplicada y desarrollo experimental. La investigación básica consiste en trabajos experimentales o teóricos que se emprenden principalmente para obtener nuevos conocimientos acerca de los fundamentos de los fenómenos y hechos observables, sin pensar en darles ninguna aplicación o utilización determinada. La investigación aplicada consiste también en trabajos originales realizados para adquirir nuevos conocimientos; sin embargo, está dirigida fundamentalmente hacia un objetivo práctico específico.

El desarrollo experimental consiste en trabajos sistemáticos que aprovechan los conocimientos existentes obtenidos de la investigación y/o la experiencia práctica, y está dirigido a la producción de nuevos materiales, productos o dispositivos; a la puesta en marcha de nuevos procesos, sistemas y servicios, o a la mejora sustancial de los ya existentes.

1.2. Evaluación de I+D: discusión de aspectos prácticos

En la realidad, las formas de relación entre la investigación científica y la tecnología y entre esta y su respectiva innovación siguen muchos caminos. La investigación científica puede interferir en diversos estados del proceso de innovación (Furtado et. al., 2003). Muchas veces, es el avance tecnológico el que suscita nuevas preguntas que serán respondidas a través de la generación de nuevo conocimiento científico. La existencia de feedback, que puede ser conocido por medio de la evaluación de impactos entre la investigación y el sistema productivo es un elemento central del proceso de innovación (Kline&Rosenberg, 1987).

Si esta relación posee crecimiento sostenido, las organizaciones alcanzan sus objetivos de obtención de recursos, sean éstos públicos o privados. Aumentar el número de patentes registradas y autorizadas, el número de artículos publicados, el número de cursos de capacitación ofrecidos por unidad monetaria es también una forma de rendición de cuentas.

La creación y la utilización de métodos de evaluación de impactos de programas tecnológicos forman parte de ese instrumental, pues se revela como herramienta para la orientación de actividades de investigación y participación en el proceso de innovación (Paulino et al., 2003). Sin embargo, como apunta Zackiewicz (2003), el conocimiento tecnológico y otras ganancias indirectas se procesan tanto en el sector de investigación cuanto en el interior del sector productivo, y esos aspectos son de difícil medición, pues dicen respecto a activos intangibles, pero de extrema importancia para la generación y difusión de conocimientos.

La literatura en el tema, sobre todo de las escuelas europeas, viene corroborando esa noción, lo que significa que los métodos no se pueden limitar a una mera descripción de las técnicas para colecta de datos con sus consiguientes protocolos de análisis. Los impactos de los resultados de la investigación son fenómenos complejos y dependientes del proceso histórico y de los arreglos sociales.

La legitimación social de la ciencia y de la tecnología es cada vez más dependiente de procesos de evaluación que compruebe de forma convincente si la correlación positiva entre producción científica y el bienestar económico y social no es espuria y no se debe a la coincidencia en el tiempo de los dos fenómenos, sin que haya posibilidad de identificar entre ellos una relación real de causa efecto (Zackiewicz, 2003).

Una vez que el proceso de innovación es incierto, complejo, envuelto en factores sociales y técnicos imponderables y puede derivar hacia planteamientos diferentes de los planeados inicialmente, los objetivos de la evaluación de impacto casi siempre se vuelven blancos móviles. Así, caracterizar a los impactos como elemento de la organización y de la evolución de los sistemas de innovación pasa a ser tan importante como medirlos en términos de calidad y de cantidad.

2. Evaluación de tecnologías en centros públicos de investigación: el caso de Embrapa

La Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria - Embrapa, vinculada al Ministerio de la Agricultura y del Abastecimiento, ha contribuido para cambiar la historia de la

agropecuaria en el Brasil. Desde su creación, en 1973, ha generado miles de tecnologías, incluso para el sector agroindustrial. Las cosechas agrícolas aumentaron considerablemente, mejoró la eficiencia productiva del sector agropecuario, disminuyeron los costos de producción y Brasil redujo su dependencia externa de diversas tecnologías, insumos y materiales genéticos.

Es una institución pública, mantenida por el gobierno brasileño que posee 9.284 empleados de los cuales 2.253 son investigadores y cerca de 2.000 son Ph.D./D.Sc. Su presupuesto operativo anual es de USD\$ 565 millones. Son 47 centros de investigación distribuidos en 23 estados y en el Distrito Federal. La Empresa mantiene, actualmente, una labor conjunta con instituciones de varias partes del mundo por medio de sus oficinas y laboratorios en el extranjero: China, Corea, Europa, USA, Panamá, Venezuela y África. Y por ser poseedora del mayor número de tecnologías para la agropecuaria tropical transfiere ese conocimiento para diversos países.

Para ejemplificar la contribución de la institución para el desarrollo del sector agropecuario nacional, las tecnologías postuladas por Embrapa contribuyeron para que Brasil elevase su cosecha de granos de 38 millones de toneladas en 1975 para más de 98 millones en 2000/2001, con crecimiento de apenas un 5% del área plantada. Embrapa ha distribuido (comercializado), en los últimos 19 años, más de 200 mil toneladas de semillas básicas. Otros ejemplos¹ de acciones de Embrapa que vienen promocionando la modernización y el desarrollo del agro negocio del País:

- Cultivos de soja adaptados a las varias regiones de Brasil, principalmente a las Sabanas, posibilitaron un aumento del 50% en la producción nacional.
- Se estima en más de R\$80 millones de reais² anuales el retorno proporcionado por todas las tecnologías en hortalizas desarrolladas en cooperación con los sistemas estatales de investigación. En las regiones Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste y Sur, la oferta de empleo en el campo creció hasta un 14%, los gastos con insumos fueron reducidos en un 10% y el aumento de productividad fue del 76%.
- El control biológico de la lagarta de la soja, mayor programa mundial en área tratada con un único agente de control biológico, es utilizado en más de un millón de hectáreas, con un ahorro anual de 1,2 millones de litros de insecticidas químicos.
- Técnicas de la biotecnología están modificando la ganadería brasileña. Con la transferencia de embriones, es posible la obtención de 12 terneros por año de una misma donadora. Con la bipartición de embriones, dos crías pueden ser producidas de un único embrión.
- La fijación biológica del nitrógeno atmosférico por bacterias diazotróficas es utilizada alrededor de 12 millones de hectáreas de área plantada, disminuyendo la importación de insumos nitrogenados. En la soja, el ahorro es superior a US\$ 1,5 mil millones cada año. En las asociaciones con caña de azúcar, este ahorro se estima en US\$ 200 millones anuales.
- El Banco de Germoplasma Animal conserva en nitrógeno líquido alrededor de 502 embriones, 32 mil dosis de semen y 1.100 muestras de DNA.
- La determinación de zonas agro-climáticas, realizado en cooperación con diversas instituciones, definió las posibilidades de éxito de la producción en cada región de

¹Estas informaciones fueron sacadas de: <http://www.embrapa.br/espanhol/negocio.htm> Mayores informaciones sobre Embrapa pueden ser encontradas en la referida página web.

²Real es la moneda brasileña. En 12 de diciembre de 2012 1 Euro valía lo mismo que 2,68 reais.

Brasil, suministrando subsidios para la definición del crédito agrícola y orientación a los agricultores.

La tabla 1 enseña un resumen de algunos resultados y productos generados por Embrapa en el periodo de 2002 hasta 2009, mientras que la tabla 3 presenta específicamente los resultados de impactos trabajados en esta investigación y asimismo la receta operacional de Embrapa, que en eso caso sirve para ilustrar lo que es invertido al lado de una muestra de lo que es generado.

Tabla 1 - Resumen de resultados y productos de Embrapa (en miles de *reais*)

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Total
Softwares lanzados	55	56	47	77	62	43	205	197	742
Metodologías científicas publicadas	151	145	152	101	206	331	287	386	1.759
Cursos ofrecidos	25.256	30.734	28.584	32.771	34.873	30.159	27.951	27.524	237.852
Eventos promovidos	1.228	1.308	1.569	1.749	1.751	1.826	2.072	2.540	14.043
Folder o cartilla	487	477	530	689	775	716	694	760	5.128
Días de campo	1.089	1.178	1.106	1.341	1.393	1.527	1.344	1.367	10.345
Estirpes desarrolladas	8	22	17	5	22	19	33	75	201
Insumos agropecuarios disponibilizados	71	53	76	42	44	94	19	46	445
Máquinas o instalaciones desarrolladas	20	10	15	9	15	13	13	14	109
Monitoramento o zoneamento publicados	301	273	232	471	668	633	1.061	1.258	4.897
Procesos agro-industriales disponibilizados	53	40	55	36	45	94	46	73	442
Cultivares generadas/lanzadas	52	72	61	48	39	87	76	82	517
Cultivares testadas o indicadas	130	103	91	109	101	240	123	150	1.047

Fuente: elaboración propia

Se fuéramos utilizar medidas de eficiencias (*input* y *output*) las informaciones de la tabla 2 serían particularmente relevantes. Pero resulta que los beneficios (el *output*) está compuesto por una muestra mientras que la receta (el *input*) es total para Embrapa, o sea que los datos no estarían equilibrados resultando difícil utilizar tales metodologías.

Tabla 2 - Impactos y receta operacional de Embrapa

	Empleos adicionales	Beneficio económico	Receta operacional da Embrapa
2002	—	4.247.412.527	688.274.719
2003	185.170	5.941.150.222	783.110.919
2004	206.831	5.963.757.336	918.317.563
2005	102.330	7.740.638.614	924.874.300
2006	112.504	8.975.476.151	1.066.552.991
2007	114.965	10.076.001.980	1.157.848.977
2008	79.426	12.087.507.265	1.353.584.482

2009	85.725	15.038.934.745	1.816.100.251
Total	886.951	70.070.878.840	8.708.664.203

Fuente: elaboración propia

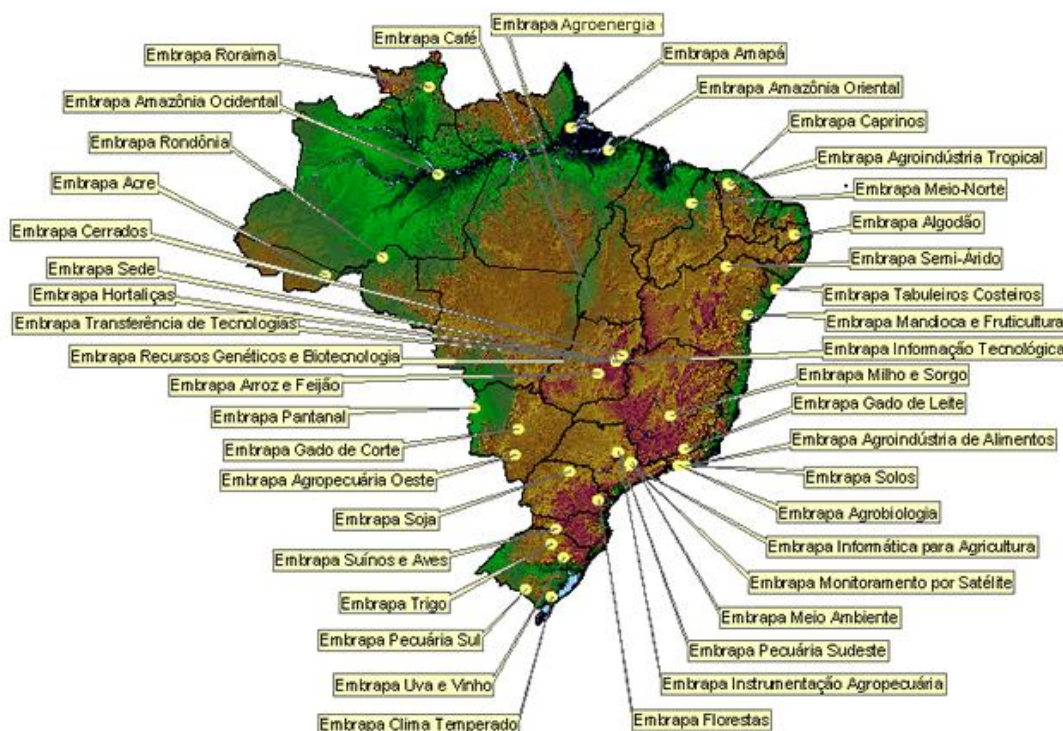
Otro punto relevante es que la receta se refiere a los años indicados en la tabla 3. Por otro lado, los beneficios son resultados de análisis ex post, sea, está compuesto por los resultados de inversiones hechas quizá 8 o 10 años antes y medidas en los años en cuestión.

2.1. Estructura de los Centros de Investigación de Embrapa

Los centros de investigación de Embrapa están divididos en cuatro tipos:

1. Los *Centros de Referencia de Temas Básicos* (Temáticos) son unidades de investigación de ámbito nacional que concentran masa crítica y recursos para avanzar la frontera del conocimiento en temas básicos o estratégicos indispensables a los demás centros.
2. Los *Centros de Referencia de Productos* son definidos como unidades de investigación de ámbito nacional en las que la combinación de ganancias tecnológicas debe producir avances prácticos en determinado producto o conjunto de productos, de relevancia socio-económica para el país.
3. Los *Centros de Referencia Eco regionales* son unidades de investigación que contribuyen para el desarrollo de determinada macro región ecológica, buscando el perfeccionamiento de los sistemas de producción sostenibles.
4. Los *Centros de Servicios* son unidades vueltas para los clientes externos de Embrapa, teniendo como objetivo apoyar y ejecutar la manutención o la distribución de productos, procesos y servicios generados por la investigación.

Mapa 1- Ubicación de los centros de Embrapa en el territorio brasileño.



El proceso de evaluación de impactos en Embrapa ocurre según unos criterios y metodologías bien delimitados. Como la institución está compuesta por decenas de centros de investigación distintos, el primer reto fue establecer una política de evaluación que fuera adecuada a todos los centros que harían parte de este proceso. Para conseguir esta acción,

desde el inicio hubo en la sede de la institución un grupo de investigadores que se ocupó del desarrollo metodológico y del acompañamiento de estas evaluaciones. El papel de este equipo de investigadores responsable por el desarrollo metodológico fue fundamental en el sentido de orientar el esfuerzo desarrollado por los centros de investigación.

En el siguiente apartado se presenta las metodologías de evaluación de impactos económicos y sociales. Una descripción detallada de estas respectivas metodologías puede ser encontrada en Avila (2008).

3. Teoría del Excedente Económico

Los impactos económicos de las evaluaciones de nuestra muestra fueron estimados usando el enfoque del excedente económico, conforme lo propuesto por Tosterud et al. (1973) y Kislev y Hoffmam (1978). Ese modelo ha sido adoptado en la mayoría de las evaluaciones de impacto realizadas o en ejecución en EMBRAPA (Avila, 2001). Dicho enfoque permite que se estime el beneficio económico generado por la adopción de innovaciones tecnológicas, comparado con una situación anterior en que la oferta del producto dependía de la tecnología tradicional.

El enfoque del excedente económico permite estimar los beneficios económicos generados por la adopción de innovaciones tecnológicas frente a una situación en la que el suministro del producto era hecho mediante el uso una de tecnología tradicional, o sea, donde hubo un cambio técnico.

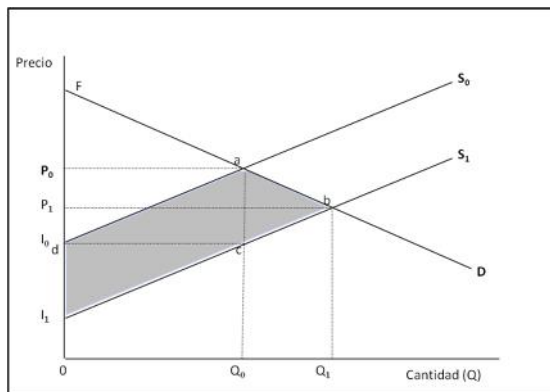
En Embrapa consideramos cambio técnico desde el punto de vista económico, las diferentes trayectorias que el mismo puede seguir en la agricultura, que tienen impactos diferenciales en el volumen del excedente generado.

Si bien el cambio técnico ocurra en todas las etapas desde la producción a nivel de finca, su transformación y finalmente comercialización, se presenta esta conceptualización más desde la perspectiva de producción, que ha sido la visión predominante hasta ahora (Ardila, 1999). Por lo demás, esta visión deberá cambiar rápidamente, para adaptarse a una situación en la cual la investigación tradicional supera cada vez más el nivel de análisis de la finca, para adentrarse en temas más vinculados con las cadenas agroalimentarias y los procesos de innovación.

La base del cálculo de beneficios para modelos que utilizan la teoría del excedente económico considera inicialmente el desplazamiento de la oferta del producto en cuestión, a partir de la adopción de una tecnología o conjunto de tecnologías en el proceso productivo.

El cálculo de la producción del excedente se ilustra en la Figura 1, representada por la zona gris.

Figura 1 – El excedente económico



Cuando la investigación desarrolla una tecnología que, siendo adoptada, lleva al aumento de productividad o disminución en los costes de producción, ocurre un desplazamiento de la curva de oferta para la derecha (Figura 3). Ese desplazamiento afecta el excedente del productor y del consumidor. La relativa reducción en el precio es definida como:

$$Z = \frac{K\varepsilon}{(\varepsilon + \eta)} - \frac{(P_1 - P_0)}{P_0}$$

donde P_0 e Q_0 son los precios de equilibrio antes del desplazamiento (I) la curva de oferta, ε es la elasticidad de la demanda y η es valor absoluto de la elasticidad precio de la demanda. La ecuación para Z se obtiene resolviendo las ecuaciones lineales de oferta y demanda, considerando el desplazamiento de la curva de oferta y la conversión de las elasticidades:

$$\text{Oferta: } Q_s = \alpha + \beta(P + k) = (\alpha + \beta k) + \beta P \quad (2)$$

$$\text{Demanda: } Q_D = \gamma - \delta P \quad (3)$$

Donde $k = (P_0 - d)$ y el desplazamiento de la curva de oferta para el equilibrio inicial es

$$K = \frac{k}{P_0} = \frac{(P_0 - d)}{P_0} \quad (4)$$

En este estudio consideramos los resultados del cálculo del excedente productor:

$$\Delta PS = P_1 b_1 - P_0 a I_0 = P_1 bcd + dcl_1 - P_0 a I_0 = P_1 bcd \quad (5)$$

Dado que $dcl_1 = P_0 a I_0$ y bajo los supuestos de un desplazamiento paralelo y lineal de la oferta y de la demanda lineal.

$$\Delta PS = P_1 bcd = \text{retangulo } P_1 ecd +$$

$$\text{triangulo } bce = (P_1 - d)Q_0 + 0,5(P_1 - d)(Q_1 - Q_0) \quad (6)$$

$$\text{Entonces: } \Delta PS = (P_1 - d)Q_0 \frac{[1 + 0,5(Q_1 - Q_0)]}{Q_0} \quad (7)$$

$$\text{Podemos definir: } (P_1 - d) = (P_0 - d) - (P_0 - P_1) = KP_0 - ZP_0 \quad (8)$$

$$\text{y } \frac{(Q_1 - Q_0)}{Q_0} = Z\eta \quad (16)$$

$$\text{Entonces: } \Delta PS = (K - Z)P_0 Q_0 (1 + 0,5Z\eta) \quad (9)$$

La curva de oferta muestra las cantidades de un bien que son ofertadas en los diferentes precios. El excedente del productor mide la diferencia entre el valor que el productor estaría dispuesto a recibir por el su producto y lo que realmente recibe en el mercado. De esa

forma, es la diferencia entre el precio de mercado y el coste marginal de cada unidad vendida.

Cuando la investigación desarrolla una tecnología que, siendo adoptada, lleva al aumento de productividad o disminución en los costes de producción, ocurre un desplazamiento de la curva de oferta para la derecha (Figura 3). Ese desplazamiento afecta el excedente del productor y del consumidor. Para los productores, existe una ganancia debido a la baja en los costes de producción. Sin embargo, los productores pasan a recibir un precio menor, ya que menores costes aumentan la cantidad ofertada, perdiendo así el área B.

El área $A - B$ será positiva dependiendo de la elasticidad de las curvas de oferta y demanda. Cuánto más elástica la demanda, mayor será el lucro del productor, ya que el consumidor responderá por la caída del precio. Los productos para exportación obtienen una demanda más elástica que, por ejemplo, los productos para programas asistenciales del gobierno que componen una demanda más inelástica. En cambio, los consumidores siempre ganan. Ellos son beneficiados con el área $B + C$ debido a la baja de los precios. El lucro líquido para la sociedad es entonces el área $A + C$.

En los estudios de evaluación de impacto, la tasa de desplazamiento (K) de la curva de oferta es frecuentemente calculada por centros públicos de investigación utilizando las diferencias de rendimiento entre las tecnologías en uso y las tecnologías mejoradas creadas por la investigación y las respectivas tasas de adopción.

Los beneficios calculados por medio de la metodología del excedente económico pueden ser relacionados con los costes de la investigación. De esta forma, se puede evaluar el rendimiento de la inversión, a través del VAN (Avila, 2008). En las evaluaciones de impactos económicos hechas en centros públicos de investigación es utilizada una variante del concepto de excedente económico para el cálculo de los beneficios. Son adoptadas hipótesis sobre las elasticidades de la oferta y de la demanda diferentes de aquellas usadas en la mayoría de los estudios realizados en base a tal método (Avila, 2008).

Esas hipótesis poseen dos variantes cuanto a las elasticidades de oferta, dependiendo del tipo de impacto de la innovación tecnológica. El aumento de producción – curva de demanda perfectamente elástica y una curva de oferta vertical (Avila, 2008).

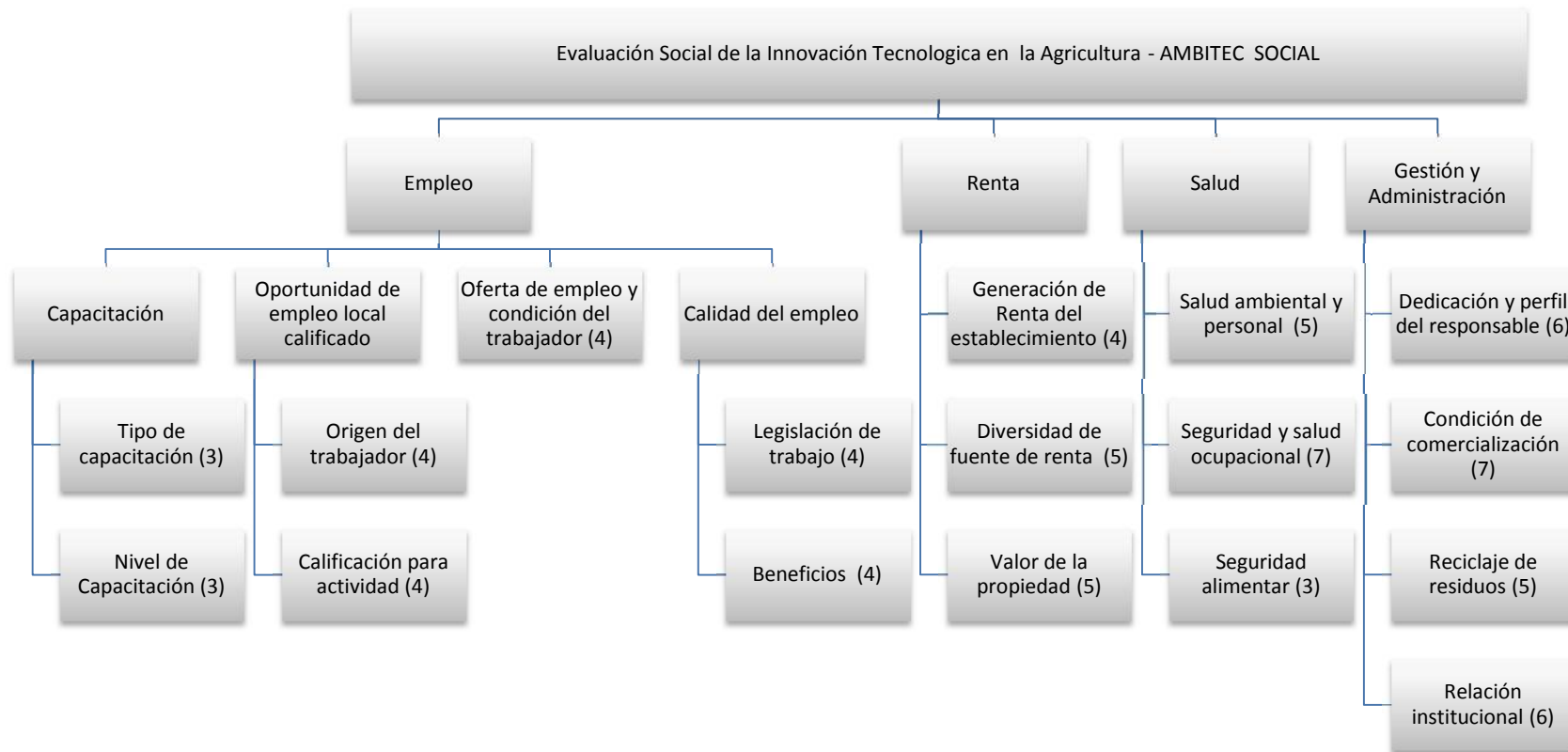
Estimar la tasa de desplazamiento de la curva de oferta “sin investigación” para la curva de oferta “con investigación” (es decir, las variaciones en los excedentes del consumidor y productor) es lo que se hace. Es importante observar que lo que se estima es el desplazamiento de la oferta de una situación sin investigación para una situación con la investigación y no antes y después de la introducción de la innovación. Muchas veces, la investigación es desarrollada para mantener índices de productividad, por ejemplo. Investigaciones de control de plagas pueden ser encuadrar en ese caso. Al estimar ese desplazamiento, es decir, el área $A + C$, es posible conocer los beneficios que la investigación trae para la sociedad (Magalhães et. al., 2006).

4. Dimensión Social

Este apartado explica resumidamente las dos metodologías de evaluación de impactos sociales usadas en Embrapa: el índice Ambitec-Social (Rodrigues et al., 2005) y el método usado para estimar el número de empleos generados por las tecnologías. El sistema de evaluación de impacto social de innovaciones tecnológicas agropecuarias (Ambitec-Social) fue desarrollado por investigadores de la Embrapa Medioambiente para ayudar las instituciones de I+D agropecuarios en la evaluación de los proyectos de investigación.

El Ambitec-Social consiste de un conjunto de planillas electrónicas que integran 14 indicadores que reflejan la influencia de una dada innovación tecnológica agropecuaria en el campo. Esos indicadores son agrupados en cuatro aspectos: i) Empleo, ii) Renta, iii) Salud e iv) Gestión y Administración (Figura 2).

Figura 2 - Organograma Ambitec-Social



Fuente: Rodrigues (2008)

La construcción del sistema Ambitec-Social se basa en una experiencia previa de evaluaciones de impactos medioambientales aplicada a proyectos de investigación en el ámbito institucional (Rodrigues et al., 2000), en la cual fue seleccionado y validado un grupo de indicadores direccionados a la evaluación ex-ante de la alteración medioambiental de una innovación tecnológica en la actividad agropecuaria. El conjunto de indicadores fue organizado en un sistema de matrices escales (Rodrigues, 1998) para evaluación de impacto ecológico (Ambitec-Agro), formulado para la evaluación ex-post de innovaciones tecnológicas adoptadas por los productores rurales o disponibles para transferencia (Irías et al., 2004b).

El uso del Ambitec-Social envuelve tres etapas: la primera se refiere al proceso de levantamiento y recolección de datos generales sobre la tecnología, que incluye informaciones sobre su alcance, la delimitación del área geográfica y el universo de adoptantes de la tecnología (definiéndose la muestra).

La segunda etapa trata de la aplicación de cuestionarios en entrevistas individuales con los adoptantes seleccionados y de la inserción de los datos sobre los indicadores de impacto en planillas electrónicas componentes del sistema (plataforma MS-Excel).

La tercera etapa es de análisis e interpretación de esos índices e indicación de alternativas de manejo y de tecnologías que permitan minimizar los impactos negativos y potencializar los impactos positivos, contribuyendo para el desarrollo local sostenible.

Los indicadores son considerados en su conjunto, para composición del índice de impacto social de la innovación tecnológica agropecuaria. Con ese conjunto de factores de ponderación, la escala estandarizada en el sistema Ambitec-Social varía entre -15 y +15, normalizada para todos los indicadores individualmente y para el índice general de impacto social de la tecnología.

El cálculo del coeficiente de impacto para cada indicador es obtenido por la expresión

$$Cia_i = \sum_{j=1}^m A_{ji} * E_{ji} * P_{ji} \quad (10)$$

en que Cia_i = coeficiente de impacto del indicador i ; A_{ji} = coeficiente de alteración del componente j del indicado i ; E_{ji} = factor de ponderación para escala de ocurrencia espacial del componente j del indicador i ; P_{ji} = factor de ponderación para importancia del componente j en la composición del indicador i ; m = número de componentes del indicador i .

El índice de impacto de la innovación tecnológica agropecuaria es obtenido por la expresión en la que Cia_i = coeficiente de impacto del indicador i ; P_i = factor de ponderación para importancia del indicador i para composición del índice de impacto de la tecnología t y m = número de indicadores.

Los resultados finales de la evaluación de impacto son expresos gráficamente en la planilla Evaluación de Impactos Sociales de la Tecnología, después de ponderación automática – por los factores de ponderación dados – de los coeficientes de alteración suministrados por el adoptante/responsable. Más detalles sobre el desarrollo metodológico y consideraciones conceptuales sobre el sistema Ambitec-Agro y sus módulos pueden ser obtenidos en Rodrigues et al. (2002, 2003a, b), Rodrigues (2008) e Irías et al. (2004a, b).

4.2. Generación de empleos

Según Yeganiantz y Macedo (2002), el área más compleja y también más completa para fines de evaluación de impactos de pesquisa es la social. En ese sentido, el dominio del impacto de la pesquisa agropecuaria se expande además de la propia agricultura y puede aproximarse de los aspectos de la renta nacional y del PIB (Tabor, 1998).

A pesar del debate sobre el tema y del registro en la literatura de un volumen significativo de estudios sobre los efectos de la tecnología en la forma y en el nivel de empleo, o incluso sobre las consecuencias excluyentes del proceso de modernización en poblaciones menos favorecidas, los estudios específicamente vueltos para el análisis de impactos sociales resultantes de pesquisa tecnológica no son muy frecuentes. Los estudios que buscan cuantificar y calificar los impactos sociales de la pesquisa ocurren en más pequeño número cuando comparados a otras dimensiones, como la económica y la ambiental (Furtado et al., 2003).

Desde que se inició en Embrapa el uso de una metodología de evaluación multidimensional de los impactos, y se decidió por la inclusión de la dimensión de impacto social, quedó claro debería ser incluida una estimativa cuantitativa de los empleos generados en el transcurso de la adopción de las tecnologías evaluadas.

La tarea de cuantificar empleos generados por un centro público de investigación es bastante compleja porque, en ciertos casos, la generación de nuevos empleos no depende solo de la adopción de innovaciones. Así que hacer una estimativa envolvió la construcción de una metodología específica para mensurar el número adicional de empleos, dada la adopción de una innovación tecnológica.

Básicamente, lo que se ha buscado medir fue el número de empleos adicionales resultantes de la adopción de una dada tecnología, comparativamente a la situación de los empleos (en el ámbito del productor o de la agroindustria) usando la tecnología anterior, sustituida por la tecnología en evaluación.

En el caso del productor, se consideran las situaciones anterior y posterior a la adopción de la tecnología. Para fines de comparación es realizado un levantamiento de campo con los productores que no adoptaron la tecnología con aquellos productores que utilizan la tecnología en evaluación.

En la parte de procesamiento, distribución y consumo, se utiliza la misma metodología de levantamiento, buscando identificar los impactos sobre cada uno de los segmentos. Para evitar sobre-estimación, los datos estimados son comparados con datos sobre empleo de fuentes secundarias.

Se resalta que son considerados solo los empleos adicionales, o sea, empleos que no habrían sido creados si los productores estuvieran adoptando alternativas tecnológicas (o testigos) que no aquella que se está evaluando.

Este análisis, más amplio, posibilita verificar, bajo el punto de vista del número de empleos, en cuáles eslabones de la cadena productiva están ocurriendo impactos. Hay casos, por ejemplo, en que los empleos eliminados en un determinado eslabón de la cadena productiva son compensados con un número mayor de empleos generados en otros segmentos de la cadena.

5. Conclusión

Todavía no se sabe, al menos que haya sido descrito en la literatura, de experiencia semejante como la de Embrapa en lo que se refiere a la evaluación de impactos de

innovaciones de impactos. El hecho que de 37 centros de investigaciones evalúen, de forma sistémica y anualmente, una muestra de sus tecnologías sigue siendo algo sin muchos paralelos. Lo que hace de este trabajo algo original tiene también un aspecto negativo y es que resulta complicado comparar experiencias, y sin parámetros de comparación no hay como evaluar o concluir algo más concretamente.

De todas maneras, es importante resaltar que el proceso de evaluación de impactos en Embrapa es dinámico y que las metodologías son perfeccionadas prácticamente cada año lo que hace con que el proceso de evaluación de impactos en la institución sea muy exitoso.

En pocas palabras, se concluye que la evaluación de impactos representa, para los centros públicos de investigación, una medida valiosa para justificar inversiones en investigación y desarrollo (I+D).

Referencias bibliográficas

Ardila, J. (1999) El excedente económico y los beneficiarios del cambio técnico: una perspectiva para la evaluación de proyectos. UNICAMP, DPCT, Campinas, Brasil (Working Paper)

Avila, A. F. D. (2008). Avaliação dos impactos econômicos de tecnologias agropecuárias. En: Avila. A. F.D., Rodrigues, G. R., Vedovoto, G. L., (eds) *Avaliação dos Impactos de tecnologias geradas pela Embrapa.: Metodologia de referência*. Brasília, DF: Embrapa. Informação Tecnológica. p.19-42. Disponível em: <http://bs.sede.embrapa.br/2009/metodologiareferenciaaavalimpactoembrapa.pdf>

Avila. A. F. D. (2001), Avaliação dos Impactos Econômicos, Sociais e Ambientais da Pesquisa da Embrapa.: Metodologia de Referência. Brasília, DF: Embrapa-Secretaria de Administração Estratégica, 132 p.

Brown, C., Rushing, F.W. (1990).Intellectual Property Rights in 1990. Problems and Solutions in C. Brown and F.W. Rushing eds. Intellectual Property Rights in Science, Technology And Economic Performance, Westview Press, Boulder & London.

Furtado, A. T., Salles-Filho, S. L. M. (2003). *Políticas Públicas para a Inovação Tecnológica na Agricultura do Estado de São Paulo*. Campinas. Unicamp, DPCT: Métodos para Avaliação de Impactos de Pesquisa. 41 p.

Furtado, A. T., Salles-Filho, S. L. M. (2003), Políticas Públicas para a Inovação Tecnológica na Agricultura do Estado de São Paulo: Métodos para Avaliação de Impactos de Pesquisa - Relatório Final, Campinas: DPCT, Unicamp.

Georghiou, L.; Roessner, D. (2000).Evaluating technology programs: tools and methods.*Research Policy*, Amsterdam, 29: 657-78.

Irias, L. J. M.; Gebler, L.; Palhares, J. C. P.; Rosa, M. F. de; Rodrigues, G. S. (2004b). Avaliação de impacto ambiental de inovação tecnológica agropecuária: aplicação do Sistema Ambitec. *Agricultura em São Paulo*, 51(1) 23-40.

Irias, L. J. M.; Rodrigues, G. S.; Campanhola, C.; Kitamura, P. C.; Rodrigues, I. A. (2004 a). Sistema de avaliação de impacto ambiental de inovações tecnológicas nos segmentos agropecuário, produção animal e agroindústria (Sistema Ambitec). Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 8 p. (Circular Técnica, 5).

Kline, S.; Rosenberg, N. (1987).An overview of innovation. In: LANDAU, R.; Rosenberg, N. En: *The positive sum strategy*. Washington, DC: National Academy of Press, 275-06.

Korn, E., Korn, R. (2013). Modelo para el precio de las acciones. Universidad técnica de Kaiserslautern, Facultad de matemáticas. Disponible en: http://optimierung.mathematik.uni-kl.de/mamaesch/veroeffentlichungen/ver_texte/bm_aktienkurse_s.pdf

Magalhães, M. C.; Vedovoto, G. L.; Irias, L. J. M.; Vieira, R. C. M. T.; Avila, A. F. D. (2006). Avaliação de Impactos da Embrapa: uma amostra de 12 tecnologias. Brasília, DF: Embrapa-SGE, (Embrapa-SGE, Documentos, 13).

MAPA (2010), Agronegócio Brasileiro: Uma Oportunidade de Investimentos. Disponible en: <http://www.agricultura.gov.br/>

Norton, G.W. Davis, J.S. (1981). Evaluating returns to agricultural research: A review. *American Journal of Agricultural Economics* 63(4), 685–99.

OCDE (1996). *Organisation for Economic Co-operation and Development. The knowledgebased economy*. Paris: OECD-GD, 46 p.

OCDE (2002), *Frascati Manual, Proposed Standard Practice for Surveys for Research and Experimental Development*. OECD, Paris.

OCDE (2005) *Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation*, 3rd Edition. OECD, Paris.

Paulino, S. R.; Rodrigues, G. S.; Salles-Filho, S. L. M.; Bin, A. (2003). Impactos ambientais na agricultura: um método de avaliação de programas tecnológicos. In: seminário latino-iberoamericano de gestão tecnológica altec, 10, Cidade do México: Altec. 1-16.

Pereira, L. V. (1993). Sistema de propriedade industrial no contexto internacional. En: S. Schwartzman (coord), *Ciência e Tecnologia no Brasil: Política Industrial, Mercado de Trabalho e Instituições de Apoio*. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, p 82-113.

Rodrigues, G. S. (1998). Avaliação de impactos ambientais em projetos de pesquisas: fundamentos, princípios e introdução à metodologia. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 66 p. (Documentos, 14).

Rodrigues, G. S., (2008). Avaliação de impacto ambiental de inovações tecnológicas agropecuárias. In: Avila. A. F.D., Rodrigues, G. R., Vedovoto, G. L., (2008) Avaliação dos Impactos de tecnologias geradas pela Embrapa.: Metodologia de referência. Brasília, DF: Embrapa. Informação Tecnológica. p.85-101. Disponible en: <http://bs.sede.embrapa.br/2009/metodologiareferenciaavalimpactoembrapa.pdf>

Rodrigues, G. S., (2008). Avaliação de impacto ambiental de inovações tecnológicas agropecuárias. In: Avila. A. F.D.; Rodrigues, G. R.; Vedovoto, G. L. (eds) *Avaliação dos Impactos de tecnologias geradas pela Embrapa.: Metodologia de referência*. Brasília, DF: Embrapa. Informação Tecnológica. p.85-101. Disponible en: <http://bs.sede.embrapa.br/2009/metodologiareferenciaavalimpactoembrapa.pdf>

Rodrigues, G. S., Campanhola, C., Kitamura, P. C. (2002). Avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária: um sistema de avaliação para o contexto institucional de P&D. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, 19(3) 349-75.

Rodrigues, G. S., Campanhola, C., Kitamura, P. C. (2003). An Environmental impact assessment system for agricultural R&D. *Environmental Impact Assessment Review*, 23: 219-44.

- Rodrigues, G. S., Campanhola, C., Kitamura, P. C., Irias, L. J. M.; Rodrigues, I. (2005). Sistema de avaliação de impacto social da inovação tecnológica agropecuária (Ambitec-Social). Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 31 p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 35).
- Rodrigues, G. S.; Buschinelli, C. C. de A.; Irias, L. J. M.; Ligo, M. A. V. (2002). Avaliação de impactos ambientais em Projetos de Pesquisa II: avaliação da formulação de projetos: versão I: Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, (Boletim de Pesquisa, 10).
- Rodrigues, G.,S., Campanhola, C., Kitamura, P. C. (2003). Avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária: Ambitec-Agro. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente,93 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 34).
- Schumpeter, Joseph A. (1934). *The Theory of Economic Development*.Cambride: Harvard University Press. (New York: Oxford University Press, 1961.)
- Tabor, S. R. (1998).Towards an appropriate level of agriculutral research finance. In: Tabor, S. R.; Jannesen, W.; Bruneau, H. (Ed.). Financing agricultural research: a sourcebook. The Hague: International Service for National Agricultural Research, p 3-27.
- Yeganiantz, L.; Macêdo, M. M. C. (2002). Avaliação de impacto social de pesquisa agropecuária: a busca de uma metodologia baseada em indicadores. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 59 p. (Texto para Discussão, 13)
- Zackiewicz, M.(2003). Coordenação e organização da inovação: perspectivas do estudo do futuro e da avaliação em ciência e tecnologia. Parcerias Estratégicas, Brasília, DF, 17: 193-214.