

**EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA**  
**SECRETARIA DE PLANEJAMENTO - SEP**  
**COORDENADORIA DE ESTUDOS E PLANEJAMENTO - CPL**

**BENEFICIOS SOCIALES Y ECONOMICOS DE LA INVESTIGACION**  
**DE EMBRAPA : UNA REEVALUACION**

**Mariza M.T. Luz Barbosa**  
**Elmar Rodrigues da Cruz**  
**Antonio Flavio Dias Avila**

**Brasilia, Agosto de 1988**

*EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA  
SECRETARIA DE PLANEJAMENTO - SEP  
COORDENADORIA DE ESTUDOS E PLANEJAMENTO - CPL*

*BENEFICIOS SOCIALES Y ECONOMICOS DE LA INVESTIGACION  
DE EMBRAPA: UNA REEVALUACION*

*Mariza M.T. Luz Barbosa  
Elmar Rodrigues da Cruz  
Antonio Flavio Dias Avila*

*Versión en español del trabajo "Benefícios sociais e economicos da pesquisa da EMBRAPA: uma reavaliacao" (Brasilia, EMBRAPA-DEP, Abril, 1988), distribuido en el Seminario Latinoamericano sobre Mecanismos de Evaluación de Instituciones de Investigación Agraria, realizado en Paipa, Colombia, del 28 de agosto al 2 de septiembre de 1988.*

## CONTENIDO

	<i>Página</i>
<i>RESUMEN</i>	1
1. <i>INTRODUCCION</i>	3
2. <i>LA INVESTIGACION EN LAS REGIONES Y LAS PRINCIPALES TECNOLOGIAS GENERADAS</i>	5
2.1. <i>REGION SUR</i>	5
2.2. <i>REGION SUDESTE</i>	9
2.3. <i>REGION CENTRO-OESTE</i>	14
2.4. <i>REGION NORDESTE</i>	17
2.5. <i>REGION NORTE</i>	19
3. <i>RETORNO SOCIAL DE LAS INVERSIONES REALIZADAS</i>	21
3.1. <i>COSTOS</i>	21
3.2. <i>BENEFICIOS GENERADOS</i>	22
3.3. <i>TASA INTERNA DE RETORNO DE LAS INVERSIONES</i>	24
4. <i>SINTESIS Y CONCLUSIONES</i>	29
<i>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</i>	32

**BENEFICIOS SOCIALES Y ECONOMICOS DE LA INVESTIGACION  
DE EMBRAPA: UNA REEVALUACION 1**

Mariza M.T.L. Barbosa     2/  
Elmar Rodriguez da Cruz   2/  
Antonio Flavio Dias Avila  3/

**RESUMEN**

La mayor parte de los "productos" de las actividades de investigación agropecuaria tiene el carácter de bien público y de libre acceso, es decir, benefician a la sociedad pero no dan lugar a ningún retorno financiero para la organización que ha creado la tecnología. Este retorno, sin embargo, puede ser estimado alternativamente en términos de aumentos de producción y de renta líquida de los productores, aumento en la recaudación de impuestos, aumentos en el valor de las exportaciones y/o reducción de las importaciones etc. En el caso de EMBRAPA, existe un conjunto de tecnologías desarrolladas en los últimos años por sus investigadores, y la cuantificación de lo que representan estos resultados en términos de beneficios sociales y económicos, a pesar de que no sea una tarea simple, ha sido periódicamente emprendida como una manera de rendir cuentas a la sociedad que ha destinado tantos recursos para la investigación agropecuaria desarrollada y coordinada por esta institución.

1/ Síntesis de la reevaluación de los impactos sociales y económicos de la investigación de EMBRAPA, realizada bajo la coordinación del Departamento de Estudios e Investigaciones, por solicitud de la Presidencia de EMBRAPA. Los autores agradecen el apoyo recibido de todos los centros y estaciones experimentales, especialmente de los coordinadores de las evaluaciones regionales -Edgar Lanzer, Luiz Irias, Sonia M.Teixeria, Roberio F. Santos y Paulo Kitamura. Los autores también reconocen y agradecen los comentarios hechos por Elisio Contini y Tulio Barbosa.

2/ Investigadores de EMBRAPA, respectivamente Doctora en Economía Rural y Ph.D. en Economía Agrícola.

3/ Jefe del Departamento de Estudios e Investigaciones de EMBRAPA, Doctor en Economía Rural.

El volumen de recursos aplicados en EMBRAPA ha evolucionado desde US \$ 23.5 millones en 1974, marco inicial de implantación efectiva de la empresa, para US \$ 190.7 millones en 1987.

En la primera parte, este trabajo presenta una síntesis de las principales tecnologías creadas por las unidades de investigación de EMBRAPA a nivel de cada una de las cinco grandes regiones fisiográficas brasileñas.

Considerando apenas aquellas tecnologías ya adoptadas y contabilizando apenas la participación porcentual de EMBRAPA en la generación y difusión de tales tecnologías, se estimó una tasa interna de retorno de los recursos aplicados en esta institución del orden del 40.5%, lo que es bastante superior a aquellas exigidas en proyectos de investigación por bancos de desarrollo económico como el BID y el Banco Mundial. Este valor es comparable y hasta superior a otras estimativas de retorno de la investigación agropecuaria realizadas tanto en el Brasil como en el exterior, incluso por la propia EMBRAPA (28.9% en 1982).

Por otro lado, vale resaltar que la investigación agropecuaria presenta otra serie de beneficios no mensurables económicamente, tales como aquellos sobre el medio ambiente y la salud humana, los cuales aumentan el acervo de conocimientos básicos necesarios para realimentar a la propia investigación. En el caso de EMBRAPA la formación de un equipo técnico altamente especializado también se constituye en un beneficio para toda la sociedad brasileña.

## 1. INTRODUCCION

En la actividad de investigación agropecuaria, la mayor parte de los "productos" o "tecnologías" tiene el carácter de bien público y de libre acceso, es decir, benefician a la sociedad pero no traen retorno financiero directo para la organización que ha creado la tecnología. Además de esto, el conocimiento científico fluye entre las distintas organizaciones, como universidades, institutos y/o empresas estatales y centros nacionales e internacionales de investigación. La fluidez del conocimiento y una cierta multiplicidad organizacional en el proceso de investigación son reconocidas como benéficas para la acumulación de conocimientos científicos en la búsqueda de solución a los problemas del sector agrícola.

Varios de esos "productos" o tecnologías representan la posibilidad de disminución de costos medios de producción y/o de aumentos significativos en la oferta y en los rendimientos de los cultivos agrícolas. Además de la dimensión económica, estos productos, se destacan por su impacto sobre la mejora de calidad del medio ambiente y de la propia salud humana (tanto de los productores como de los consumidores). Merece aún destacar aquí el esfuerzo emprendido en la creación de diversas tecnologías para productos típicos de los agricultores pequeños y medianos. El desarrollo de nuevos cultivos, más productivos y resistentes a las plagas, enfermedades y efectos climáticos, es un trabajo continuo frente al surgimiento de nuevas razas de agresores a las plantas cultivadas, nuevas demandas de los consumidores y de la industria y de la expansión de los cultivos en áreas con condiciones ecológicas diferenciadas.

Cuantificar lo que representan estos resultados en términos de beneficios económicos no es una tarea simple, pero debe ser emprendida como una manera de rendir cuentas a la sociedad que destinó recursos para la investigación agropecuaria. En el caso brasileño, el gobierno ha invertido considerablemente en investigación agropecuaria en los últimos quince años. El volumen de recursos aplicados en EMBRAPA ha evolucionado desde US \$ 23.5 millones en 1974, época de implantación de la Empresa, hasta US \$ 190.7 millones en 1987.

El presente estudio se incluye en el programa de evaluación socioeconómica de la investigación agropecuaria desarrollada por EMBRAPA, bajo el liderazgo del DEP, a partir de la evaluación de los retornos de la EMBRAPA realizada por Cruz et. al. (1982). Este programa contempla una serie de actividades sea de ejecución propia, sea de actuación conjunta con centros de investigación de EMBRAPA, empresas estatales, universidades y otras instituciones de pesquisa del SCPA; tales actividades incluyen estudios de naturaleza metodológica y también aplicaciones empíricas 4/.

El objetivo de este programa es suministrar al Sistema Cooperativo de Pesquisa Agropecuaria (SCPA) y en especial a EMBRAPA, elementos que subsidien el proceso de distribución de los recursos al interior de la institución. Para esto son necesarios estudios "ex-post" como también "ex-ante" donde los beneficios y costos sociales son considerados al lado de los costos y beneficios económicos. Los costos y beneficios sociales no aparecen en la contabilidad tradicional, pero son importantes porque dicen al respecto, entre otros, a los impactos de las decisiones tecnológicas sobre el medio ambiente y sobre la salud (Contador 1981 y Buarque, 1984). Dentro de las actividades de evaluación en EMBRAPA se pueden destacar los estudios orientados hacia la evaluación de los Proyectos BIRD II (EMBRAPA, 1982) y PROCENSUL II (EMBRAPA, 1987), junto con los estudios de Avila y Ayres, 1985; Avila et. al., 1986; Avila et. al., 1983; Ayres, 1985. Hacen también parte de este esfuerzo los estudios realizados directamente por técnicos de centros de investigación de EMBRAPA (Ambrosi y Cruz, 1984 y Dossa et. al., 1987).

---

4/ Parte de estas actividades es direccionada hacia el perfeccionamiento metodológico del proceso de evaluación y es hecha a través de seminarios y simposios con amplia participación de los investigadores en socioeconomía de las unidades e instituciones del SCPA. Tal perfeccionamiento también es buscado vía trabajos conjuntos que cuentan con apoyo metodológico de instituciones de renombre internacional como la Universidad de Yale y el International Food Policy Research Institute IFPRI.

## 2. LA INVESTIGACION EN LAS REGIONES Y LAS PRINCIPALES TECNOLOGIAS GENERADAS.

EMBRAPA además de coordinar el Sistema Cooperativo de Investigación Agropecuaria -SCPA- que involucra empresas e institutos estatales de investigación, universidades, iniciativa privada, etc., desarrolla también investigación a través de sus propios centros distribuidos en todo el territorio nacional. Una síntesis de esta red de centros de investigación de la Empresa, a nivel de cada una de las cinco grandes regiones brasileñas, es presentada a continuación, con la preocupación de no mostrar solamente sus principales resultados, sino también sus orígenes.

### 2.1. REGION SUR

La Región Sur del Brasil presenta características agropecuarias diversificadas y modernas, es gran productora de granos y de animales y sus derivados. De importancia regional significativa, tanto por la dimensión económica como social, también se destacan las producciones de algunos frutales de clima templado, los hortigranjeros y la silvicultura. Se estima que más de la mitad del valor de la producción industrial de la región proviene de la transformación de productos agropecuarios.

Si por un lado las condiciones de suelo y clima de la Región Sur no son desfavorables para la producción agropecuaria, por otro lado, ellas no son tan favorables que permitan alcanzar altos índices de productividad física bajo condiciones limitadas de conocimientos científicos y de capital. En este contexto las actividades de investigación agropecuaria realizadas en la región tienen un papel cada vez más crítico en su desarrollo socioeconómico.

Después de dos décadas de modernización, a veces un tanto desordenada, la naturaleza de los problemas técnicos enfrentados en las actividades de producción agropecuaria de la Región Sur se vienen alterando, determinando nuevas exigencias al sistema de investigación. La expansión de la soya y del trigo ha generalizado el uso de máquinas, abonos, semillas mejoradas e insumos químicos. El apoyo del crédito abundante y subsidiado ha permitido esta expansión más allá de lo que sería un límite de eficiencia técnica dada la insuficiencia de los servicios de extensión y

y fiscalización, además de la limitación de conocimientos sobre las nuevas técnicas de parte de los agricultores en las décadas de 60 y 70. En consecuencia, han aumentado de modo muy significativo los problemas de erosión de los suelos y de personas afectadas por los agrotóxicos.

El desarrollo de medios económicos y eficientes de resolver estos problemas tiene alta prioridad en la investigación de la Región Sur. Además de eso, la masificación de la producción ha favorecido la diseminación de enfermedades y plagas, haciendo que la vida útil de los nuevos cultivares sea más limitada, por lo que hay una constante necesidad de reposición. Por otro lado, el crecimiento de la renta y de la urbanización ha acentuado la búsqueda de productos agropecuarios más elaborados y nutritivos, lo que determina una demanda del sector agroindustrial sobre la investigación en el sentido de obtener ciertas características en la materia prima que favorezcan el proceso industrial. También hay que considerar la competencia interregional e internacional, fuerzas económicas poderosas que presionan en el sentido de reducir los costos medios de producción como requisito de la garantía de mercado. En este contexto, la búsqueda por la economía en el uso de los recursos productivos, incluso energéticos, tiene un papel destacado.

La actividad de investigación agrícola más antigua en el Sur del Brasil está asociada al Instituto Rio Grandense del Arroz (IRGA). Esta organización, responsable por actividades de extensión, investigación y respaldo a la comercialización del arroz irrigado en el Rio Grande del Sur, tuvo su inicio en el comienzo del siglo.

La formación más sólida de recursos humanos para la investigación agropecuaria tuvo inicio hacia el año de 1960, con la instalación de Curso de Post-grado en Agronomía en la Universidad Federal del Rio Grande del Sur. Un resultado de la investigación y que ha tenido gran impacto, desarrollado a través de aquél Curso de Post-grado, fue la modificación radical de las tablas de recomendaciones de fertilizantes y correctivos del suelo vigentes en la región. La solidificación de este inicio fue dada por la creación de EMBRAPA, a través de la ampliación del volumen de recursos humanos calificados afuera del ámbito de la Universidad y por la adopción del modelo concentrado y sistémico de investigación.

Con la creación de EMBRAPA, varias estaciones del Departamento Nacional de Pesquisa y Experimentación Agropecuaria (DNPEA) del Ministerio de Agricultura fueron transformadas en Centros Nacionales de Investigación y/o Unidades de Ejecución de Investigación de Ambito Estatal, y se ha invertido pesadamente en instalaciones físicas (incluyendo equipos científicos y bibliotecas) y en la contratación de recursos humanos calificados. Se ha invertido también en la capacitación de personal a través de cursos de post-grado en el país y en el exterior. Simultáneamente fue dado apoyo a los sistemas estatales de la región (Secretaría de Agricultura del Rio Grande del Sur, Empresa Catarinense de Investigación Agropecuaria -EMPASC e Instituto Agronómico del Paraná - IAPAR) para el mejoramiento de sus bases físicas y para la capacitación de recursos humanos.

Hoy, en la Región Sur del Brasil, EMBRAPA se hace presente a través de siete centros de investigación por producto: Centro Nacional de Pesquisa de Soya (CNPSO), Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (CNPT), Centro Nacional de Pesquisa de Porcinos y Aves (CNPSA), Centro Nacional de Pesquisa de Uva y Vino (CNPUV), Centro Nacional de Pesquisa de Fruteras de Clima Templado (CNPFT), Centro de Pesquisa de Floresta (CNPFF), y Centro Nacional de Pesquisa de Ovinos (CNPO); y un centro de investigación de recursos, el Centro de Pesquisa Agropecuaria de Tierras Bajas de Clima Templado (CPATB).

Varias instituciones ejercen las actividades de investigación agropecuaria en la región sur, además de EMBRAPA. El cultivo del arroz irrigado, por ejemplo, también es estudiado por el IRGA, por la EMPASC y por Universidades. Por otro lado, el cultivo de la soya ha sido objeto de atención del Instituto de Pesquisas Agronómicas (IPAGRO), vinculado a la Secretaría de Agricultura del Rio Grande del Sur y también de las Universidades. La situación no es diferente en la mayoría de los otros productos. En consecuencia, muchas tecnologías llevadas a los productores son producto del esfuerzo interinstitucional, tornando problemática la definición de la contribución de cada organización en el producto final.

La creación de variedades de soya adaptados a las condiciones del "cerrado"(\*) y de bajas latitudes,

(\*) Cerrado es un tipo de ecosistema existente en el Grande Planalto Central Brasileño, caracterizado por vegetación baja, terrenos de suelos sedimentares de origen laterítico, muy pobres en humus y de baja humedad.

viabilizando económicamente el cultivo de aquella leguminosa en extensas regiones del país hasta entonces virtualmente desocupadas, es un diciente ejemplo del impacto económico que la investigación agropecuaria puede alcanzar. Los cultivos de arroz irrigado BR/IRGA 409 y 410 de creciente adopción en el sur del país, demuestran, por su propio nombre de código, los beneficios de la investigación interinstitucional del IRGA y de EMBRAPA altamente integrada. Nuevas variedades de trigo desarrollados por EMBRAPA tuvieron gran contribución en el récord de rendimiento físico alcanzado en el sur del país en la cosecha de 1987.

La reducción de costos medios de producción, beneficiando simultáneamente a productores y a consumidores, puede ser encontrada en varias tecnologías desarrolladas por EMBRAPA. El descubrimiento de que la cantidad de agua de irrigación tradicionalmente adoptada por los productores podría ser reducida en cerca de 25% proporciona significativa economía de energía (eléctrica y/o diesel) y reducción del costo de producción del arroz de riego. Un refinamiento de los métodos de laboratorio y resultados acumulados de experimentación de varios años han permitido una economía de hasta 20% en las recomendaciones de fertilizantes, uno de los componentes de mayor participación en el costo de producción de granos en el sur del país. El control biológico del pulgon del trigo, de la oruga y del chinche de la soya, prácticamente evita el uso de insecticidas químicos en grandes áreas del sur del país y tiene consecuencias obvias sobre el mejoramiento de la calidad del medio ambiente y sobre la reducción de los costos de producción. La adecuación de tablas de nutrición y necesidades nutritivas para las condiciones brasileras y la evaluación de alimentos alternativos, han permitido reducciones de 10 a 20% en el costo de la alimentación de porcinos, explotación principal de un gran número de pequeñas propiedades distribuidas en todo el sur del país.

El combate a la erosión ha sido investigado a través de la rotación de cultivos, plantio directo y abono verde, con reducción de las pérdidas de suelos de hasta 50 t/ha/año para 2-3 t/ha/año. Las consecuencias de estas técnicas van mucho más allá del beneficio directo a los productores por la mayor economía de fertilizantes y recuperación de la productividad de suelos ya prácticamente abandonados. El control de la erosión ayuda a reducir el éxodo rural, aumenta la vida útil de represas por la disminución de su obstrucción por lodos, aumenta la cantidad de peces en los ríos y reduce los costos de obtención de agua limpia para fines de consumo humano y uso industrial.

Descubrimientos importantes en el desarrollo de métodos económicos de control de la erosión han sido realizadas en términos de regeneración de florestas degradadas a través de ciertas técnicas de plantio del pino de Paraná en tierras de baja fertilidad.

La investigación en el manejo florestal de la *bracatinga*, materia prima para leña muy común en las pequeñas y medianas propiedades del sur del país, ha permitido aumentos de 20 a 30% en la producción de material energético por hectárea. La limpieza clonal de la semilla de papa, insumo en el cual el país es en gran parte dependiente del exterior, permite la obtención de material sano y de alta productividad. De modo similar, la obtención y multiplicación de material de propagación de vides libres de virus permite aumentos de rendimientos de hasta 60% y mejoramiento en la calidad de la uva para vinificación; facilitando las condiciones de supervivencia de un gran número de pequeños productores en el Sur del Brasil en relación a la estimulación de la competencia internacional que se está esbozando a partir de acuerdos bilaterales de comercio con otros países del cono sur.

Otro ejemplo que ilustra bien la fase de modernización desordenada que el sur del país ha atravesado se refiere al descubrimiento de que un gran número de productores incurrieron en pérdidas de hasta 25% en la cosecha de soya por deficiente calibración y operación de las máquinas. En este caso, técnicos de EMBRAPA desarrollaron una tecnología simple para el control de pérdidas, la cual permitió un significativo aumento en las cantidades cosechadas de aquella leguminosa.

## 2.2. REGION SUDESTE

En la Región Sudeste se concentran los grandes centros consumidores y los polos de industrialización. Esta región, ya en la fase anterior a la creación de EMBRAPA, se destacaba en el proceso de generación de tecnología agropecuaria a través de las instituciones estatales de investigación, con especial énfasis para el Instituto Agronómico de Campinas (IAC); a través de las Escuelas de Agronomía y Veterinaria, donde la creación de los cursos de Post-grado y convenio con universidades extranjeras dieron un fuerte impulso a la investigación; y a través de empresas privadas particulares.

EMBRAPA, a partir principalmente del aprovechamiento de las antiguas sedes de los Institutos Regionales del Centro Oeste (IPEACO) y del Centro Sur (IPEACS) del DNPEA de estaciones experimentales a ellos vinculadas y de sedes de institutos, centros de servicios de investigación ligados a las áreas de tecnología agrícola, alimenticias y de levantamiento de suelos, montó una completa red de investigaciones en la región Sudeste. Además de esto todavía transfirió a los sistemas estatales de investigación del Rio de Janeiro y Espírito Santo, estaciones experimentales importantes, como las de Campos y de Linhares, antes vinculadas al DNPEA.

Actualmente EMBRAPA cuenta en esta región con el Centro Nacional de Pesquisa del Maíz y Sorgo (CNPMS), el Centro Nacional de Pesquisa de Ganado Lechero (CNPGL), el Centro Nacional de Pesquisa de Defensa de la Agricultura (CNPDA), el Centro Nacional de Pesquisa de Tecnología Agroindustrial y de Alimentos (CTAA), Unidad de Apoyo al Programa Nacional de Pesquisa de Biología del Suelo (UAPNPBS), Unidad de Apoyo al Programa Nacional de Pesquisa de Salud Animal (UAPNPSA), Unidad de Apoyo a la Pesquisa y al Desarrollo de Instrumentación Agropecuaria (UAPDIA), Unidad de Ejecución de Pesquisa de Ambito Estatal de Sao Carlos (UEPAE Sao Carlos), Servicio Nacional de Levantamiento y Conservación de Suelos (SNLCS) y Núcleo Tecnológico para Informática Agropecuaria (NTIA).

El maíz es cultivado en todo el territorio nacional, tanto por pequeños como por medianos y grandes productores, lo que implica que los desafíos para la investigación son muchos y diversos. Hoy ya se dispone de conocimientos suficientes que permitieron, entre otros, el lanzamiento de variedades resistentes a las principales enfermedades y/o más productivas que las locales, híbridos intervarietales e híbrido para el "cerrado", el establecimiento de sistemas de producción principalmente para pequeños y medianos productores, recomendaciones de cuanto y cuando irrigar el cultivo del maíz. Como el almacenaje frecuentemente es hecho en la propiedad, el conjunto de prácticas de manejo de plagas en almacén y la técnica de almacenamiento hermético de granos, han disminuido sustancialmente las pérdidas incurridas por los productores de maíz. La posibilidad del uso de biofertilizantes en sustitución total o parcial al abono químico y calaje y la utilización de vinaza "in natura", han contribuido mucho para disminuir los costos de producción. El desarrollo de un cultivo simultáneo de maíz y frijol ha sido de gran utilidad para los productores que usan el sistema de consorcio, así como las recomendaciones para el uso de herbicidas han sido tanto para los productores que usan el sistema de consorcio maíz-frijol, como para

los productores comerciales de maíz. Las técnicas desarrolladas por la biotecnología fueron fundamentales como apoyo, entre otras, al mejoramiento del maíz blanco para la producción de harina que puede ser utilizada con ventajas en la panificación. También de gran significación fue el lanzamiento de híbridos comerciales del sorgo.

Los datos suministrados por los Censos de 1970 y 1980 muestran que la participación del ganado con la finalidad exclusivamente lechera es pequeña en el total de cabezas del rebaño nacional y que hubo una reducción en la participación relativa del rebaño con tal finalidad. La consecuencia evidente de esa evolución es la creciente participación de los bovinos de carne en la producción nacional de leche. Sin embargo, es bueno resaltar que el ganado de doble finalidad predominante en la producción nacional de leche, no presenta un proceso riguroso de selección, resultando en animales con bajo potencial lechero. Existe fuerte asociación entre finalidad del rebaño y productividad lechera la cual sugiere que significativas ganancias de productividad podrán ser obtenidas con trabajos de mejoramiento genético del rebaño, complementados con perfeccionamiento en los aspectos de manejo, alimentación y sanidad animal. El Programa Nacional de Pesquisa de Ganado Lechero, que es coordinado por el CNPGL, ha desarrollado estudios y conseguido reales avances en mejora genética, reproducción y nutrición.

El sistema de alimentación que usa la caña de azúcar suplementada con urea y sulfato de amoníaco es un modo simple y barato de resolver las deficiencias de incremento de peso de hembras en crecimiento y de la productividad de leche de vacas en lactación en el período de seca. Otra alternativa de incrementar la producción para vacas en lactación es la utilización de pasto elefante tanto en la época de lluvias como en la de sequía. El prolongado intervalo entre partos, en la ganadería lechera usualmente de 20 meses, puede ser reducido a 13 meses, a través de un sistema más adecuado de alimentación pre y post parto lo que aumenta considerablemente la renta anual neta proveniente de cada vaca. Simplificación de la transferencia de embriones, aceleramiento de la técnica de partición de embriones y exámenes de productos nacionales para preservación de embriones, son avances de gran significado en la investigación de la ganadería lechera.

El desarrollo por parte del NTIA de un software científico denominado SOC, es una contribución importante

para reducir la dependencia externa en software en micro-computadoras. El SOC es destinado al uso de la investigación agropecuaria, incluye módulos de análisis multivariado, banco de datos, análisis de varianza entre otros y será efectivamente difundido entre las unidades e instituciones del SCPA durante 1988.

EMBRAPA, a través de la UEPAE de Sao Carlos, ha desarrollado estudios buscando aumentar la eficiencia de producción de los equinos, mejorando los índices zootécnicos y reduciendo sus costos de producción. También a través de esta unidad la raza Canchin, de gran importancia en la ganadería de la región ha sido objeto de especial interés, una vez que concentró esfuerzos en la caracterización zootécnica de la raza, tanto en sus aspectos genéticos, nutritivos, reproductivos y sanitarios, cuanto en las características de desarrollo, habilidad materna y eficiencia reproductiva de machos y hembras.

La población, principalmente urbana, ha aumentado el consumo de alimentos procesados que llevan en su composición aditivos artificiales, principalmente colorantes sintéticos que son perjudiciales a la salud humana. En países desarrollados, instituciones como universidades, organizaciones científicas gubernamentales e independientes, han alertado a la población y presionado al gobierno en el sentido de restringir el uso de aditivos artificiales en los alimentos. El CTAA está desarrollando un prometedor programa en aditivos naturales, principalmente colorantes, mediante el cual fue posible la obtención de colorantes a partir de los subproductos de la industrialización de la uva, de la raíz de la cúrcuma o azafrán, del urucum, de la batata dulce morada y de la beterraba, entre otras fuentes potenciales. Como en el segmento del sector industrial de alimentos compuesto de micro, pequeñas y medianas empresas, existe una falta casi generalizada de informaciones tecnológicas creadas por las instituciones de investigación, el CTAA está desarrollando desde octubre de 1985 un mecanismo de asistencia tecnológica buscando la interacción Industria-Institución de Investigación.

Conocimientos de suelo son fundamentales para la agricultura y también para otras actividades. El SNLCS desarrolla actividades relativas al procesamiento analítico de perfiles de suelo, de generación y perfeccionamiento de metodologías e investigaciones específicas, actuando como un soporte continuo al estudio del recurso natural suelo. Los estudios hechos han sido adoptados para una gran variedad de aplicaciones prácticas que incluyen la

evaluación del potencial agrícola de los suelos, la selección de áreas para proyectos de colonización y desarrollo de comunidades rurales pioneras, la selección de áreas para implantación de proyectos de irrigación y drenaje, posibilidades de mecanización agrícola, selección de técnicas de control de la degradación de los suelos, niveles de exigencias para prácticas conservacionistas y selección de áreas para reforestación.

La UAPNBS ha desarrollado un trabajo intensivo en colaboración con el Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico -CNPq, Universidades y otras instituciones de investigación, principalmente en el área de fijación biológica del nitrógeno. De este trabajo hace parte, también la capacitación de estudiantes a nivel de graduación y de postgrado. Como resultado de este esfuerzo, en el período de 1975/87 fueron publicados varios trabajos técnicos, incluso tesis de maestría y doctorado, que han mostrado el potencial de fijación biológica de nitrógeno en leguminosas de granos, forrajeras y arbóreas y en cereales y caña de azúcar. De fundamental importancia fueron los estudios sobre la identificación del *Rhizobium* y del *Azospirillum*, las características del hospedero y de la simbiosis, la influencia del medio y los mecanismos bioquímicos y fisiológicos involucrados. Esto hizo posible, entre otras, la producción de soya sin la utilización de abono nitrogenado y la sustitución parcial o total del abono nitrogenado en la producción del frijol. También hizo posible la producción de inoculantes específicos para leguminosas de granos, forrajeras, arbóreas forestales y para leguminosas utilizadas en el abono verde.

Diferentes sectores de la investigación han tenido menos problemas a nivel de la instrumentación agropecuaria. En parte, para solucionar tales problemas, fue creada en diciembre de 1984, la UAPDIA, que se ha dedicado, con estrecha colaboración de Universidades e Instituciones Privadas y Públicas a desarrollar tecnología nacional en el área de instrumentación para el sector agropecuario, donde se ha buscado la introducción de técnicas de frontera en aspectos físicos, físico-químicos y de la instrumentación electrónica en los sectores de investigación del SCPA.

La degradación del medio ambiente ha sido una alerta constante de la clase científica en general. La promoción y la defensa de los ecosistemas y agroecosistemas, a través del saneamiento agroecológico, la caracterización y monitoría de tales sistemas, el conocimiento de su funcionamiento típico y los problemas en el mismo han sido el objetivo del CNPDA.

### 2.3. REGION CENTRO OESTE

Antes de la creación de EMBRAPA, la investigación agropecuaria en la Región Centro-Oeste estuvo a cargo del IPEACO (Instituto de Pesquisa Agropecuaria del Centro Oeste) localizado en Sete Lagoas - MG, originalmente Instituto Agronómico del Oeste (IAO).

Debido a la gran extensión territorial del área bajo su jurisdicción, el IPEACO no llegó a desarrollar programas de investigación para toda la región, principalmente en los estados de Mato Grosso y Goias. En Goias, a partir de la creación de la Escuela de Agronomía, se instaló en los años 50 la Estación Experimental de Anápolis, con campos de trigo y promoción de reuniones anuales de investigación. En esa misma estación se iniciaron los trabajos sobre investigación integrada, dando inicio a los ensayos de red. En ese período, con la institución del plan integrado del estado de Goias se reforzó el esquema de investigación y extensión con miras a acelerar la modernización del sector agrícola estatal.

En 1968, con la creación del Instituto de Pesquisa Agropecuaria del Oeste - IPEAO, con sede en Campo Grande - MS, la Región Centro Oeste pasó a la jurisdicción de ese instituto. Mientras se estructuraba, el IPEAO desarrolló algunos trabajos aislados de investigación, pero paso a formar parte de EMBRAPA antes de completar su organización.

El Centro Oeste representó, hasta los años 50, un área de reserva para eventual expansión cuando las áreas del litoral ya estuvieran ocupadas. Recientemente esta región se ha caracterizado como gran productora de granos, a través de las inversiones que viabilizaron el aprovechamiento de los "cerrados" para el uso agrícola, permitiendo la expansión de las áreas en extensos cultivos de granos, especialmente la soya.

Para viabilizar el aprovechamiento racional de los recursos naturales y permitir la ocupación de esa frontera agrícola, EMBRAPA instituyó el Centro de Pesquisa Agropecuaria de los Cerrados (CPAC) y el Centro de Pesquisa Agropecuaria del Pantanal (CPAP) al mismo tiempo que enfatizaba la importancia de la agricultura de granos y de la ganadería regional, por la implantación del Centro Nacional de Pesquisa de Arroz y Frijol (CNPAF) y del Centro Nacional de Pesquisa de Ganado de Carne (CNPGC).

*EMBRAPA* también cuenta en la Región Centro Oeste con el Centro Nacional de Pesquisa de Hortalizas (CNPB), la Unidad de Ejecución de Pesquisa de Ambito Estadual de Dourados (UEPAE de Dourados), el Centro Nacional de Recursos Genéticos y Biotecnología (CENARGEN), el Servicio de Producción de Semillas Básicas (SPSB) y la Unidad de Apoyo al Sistema Intensivo de Producción de Leche (UASIPL).

Como resultado del esfuerzo de la investigación de *EMBRAPA* en la región se cita la creación de variedades mejoradas para la producción de granos: arroz secano, arroz de riego y frijol. La introducción de la arveja en el cerrado, el establecimiento del sistema de producción de maíz dulce y la creación del cultivo de zanahoria "Brasilia" también son resultados de las contribuciones de la investigación de *EMBRAPA*. También fue posible establecer y perfeccionar sistemas de producción para soya, maíz y trigo usados de los cerrados brasileños. El control del bruzone y la técnica de arado y fertilización profundas son tecnologías generadas por *EMBRAPA* con una gran importancia para los agricultores regionales. En el área de bovinos, la introducción del pasto "marandú" y el "andropogón", y el uso de cultivos de pastos tanto en la recría de novillas como para reducir el intervalo entre partos, son también contribuciones de *EMBRAPA*. Además de eso se destaca el trabajo de evaluación de reproductores y la creación de una fórmula para el tratamiento de la "cara inchada", enfermedad que ataca a los bovinos de la región.

La transformación de la semilla genética en semilla básica, para que los nuevos cultivos lleguen a las firmas productoras de semillas y de estas a los productores, es hecha bajo la supervisión del SPSB.

Dado el interés creciente, tanto nacional como internacional, por mayor variabilidad en cada especie y por la mejor comprensión de la taxonomía y variación entre grupos de especies parentales, el CENARGEN desarrolla un intenso programa de colección de germoplasma en el Brasil. Además de recoger, introducir y conservar germoplasma vegetal en ámbito nacional, el CENARGEN desarrolla investigaciones orientadas a inspeccionar y limpiar el germoplasma colectado en el país o recibido del exterior. Esto ha facilitado la introducción de innumerables especies, su inspección, cuarentena y posteriormente distribución libre de enfermedades.

En el área de conservación de recursos genéticos se ha trabajado con el germoplasma en forma de semilla y la conservación de cultivos "in vitro". En esta última se ha dado prioridad a cultivos que se propagan vegetativamente. La técnica de conservación en forma de semilla es la búsqueda de solución para el problema de la conservación de las colecciones de especies de frutales que normalmente es hecha en el campo, lo que representa elevado consumo de recursos, además de correr riesgos de pérdidas por variaciones en el clima.

También es de gran importancia el trabajo de identificación de grupos genéticos constituídos por animales de razas naturales como por ejemplo: los bovinos criollo lageano, curraleiro, pantaneiro e mocho nacional; el caballo salvaje de Roraima; el jumento nordestino; los caprinos canindé, marota, repartida y moxotó; los porcinos mouro, piau, caruncho; y los ovinos criollo lanado, Santa Inés, morada nova, rabo largo y somalis. Además se han implantado núcleos de conservación y evaluación de las poblaciones y establecido Bancos de Semen y de Embriones con la finalidad de preservar material genético de estas razas.

La identificación y el aislamiento de regiones promotoras de genes que controlan la expansión de proteínas en raíces y tubérculos de origen tropical, para aumentar la expresión de estas en la fase final del ciclo de raíces como la mandioca, largamente utilizada en la alimentación de poblaciones carentes, es una de las investigaciones en el programa de trabajo del CENARGEN. De la misma forma el cultivo de células y tejidos vegetales está siendo desarrollado para multiplicación vegetativa de plantas libres de enfermedades y para investigación en el área de ingeniería genética. También se utiliza para buscar características de resistencia a enfermedades y a condiciones de "stress" ambiental en el germoplasma disponible. El centro ya consiguió la regeneración del dende, de la zanahoria y de la banana.

Se destaca todavía a nivel del CENARGEN la obtención a través de la micromanipulación de embriones del primer par de gemelos bovinos idénticos a partir de embrión biseccionado y la existente preñez confirmada de yeguas que recibieron hemiembriones. Esto muestra el gran avance de EMBRAPA en esta área de investigación todavía realmente reciente en el mundo científico.

Los resultados de investigación relativos al CENARGEN, como muchos otros desarrollados en varios centros de EMBRAPA, no son fácilmente mensurables cuantitativamente

y no lo fueron en este trabajo, aunque es fácilmente reconocible la importancia de los mismos para las inversiones futuras. La continuidad de todos los eslabones de la cadena de investigación es fundamental para la calidad de sus resultados finales que, en el caso de EMBRAPA, es la solución de problemas específicos del sector agropecuario brasileiro.

#### 2.4. REGION NORDESTE

En el período 1859-61 fueron dadas las condiciones legales para el funcionamiento de institutos de agricultura en las provincias de Bahía, Pernambuco y Sergipe. De estos, solamente el Instituto Bahiano de Agricultura, por tener recursos asegurados a través del impuesto creado sobre el azúcar y otros géneros, logro continuidad y por su iniciativa se creó la Imperial Escuela Agrícola de la Bahía, en 1875. En 1961 fue creado el Instituto Agronómico del Nordeste (IANE), subordinado al Servicio Nacional de Pesquisas Agronómicas, con sede en Recife, más tarde transformado en IPEANE. La creación del IPEAL con sede en Cruz das Almas en la Bahía fue otro marco importante en la investigación agropecuaria regional.

Actualmente la investigación agropecuaria en la región es desarrollada en estrecha colaboración por las escuelas de agronomía, por las empresas estatales de investigación, por la Comisión Ejecutiva del Plan de Recuperación del Cacao (CEPLAC) y por los centros y estaciones de investigación de EMBRAPA.

La presencia de EMBRAPA se hace a través del Centro Nacional de Pesquisa de Yuca y Frutales (CNPMPF), Centro de Pesquisa Agropecuaria del Trópico Semi-Arido (CPATSA), Centro Nacional de Pesquisa del Algodón (CNPA), Centro Nacional de Pesquisa del Coco (CNPCo), Centro Nacional de Pesquisa de Caprinos (CNPC), de la Unidad de Ejecución de Pesquisa de Ambito Estadual de Teresina (UEPAE de Teresina) y también, más recientemente, a través del Centro Nacional de Pesquisa de Agricultura de Riego (CNPAI) y del Centro Nacional de Pesquisa del Caju (CNPCa).

Las contribuciones de EMBRAPA al sector agrícola de la región incluyen el manejo de plagas, control de enfermedades, definición de sistemas de producción e introducción de variedades mejoradas. A pesar de que los problemas enfrentados por el sector agrícola nordestino son muchos y complejos, estas contribuciones han tenido un impacto positivo.

La reducción de la incidencia de la fusariosis en función del desplazamiento de la inducción floral/cosecha y a través de la recomendación de cultivares resistentes, así como la racionalización de los niveles de fertilización, fueron resultados importantes para los productores de ananás (piña). El dominio de los microinjertos para la limpieza de clones permitió la introducción de clones saludables de gran importancia para la citricultura. El lanzamiento de nuevas variedades mejoradas de yuca y de banano, arroz de riego y de secano, de maíz y frijol, busca aumentar la producción de alimentos en la región. Las nuevas variedades de algodón que son más precoces y productivas también son un modo de controlar la plaga del picudo, que viene atacando con gravedad este cultivo.

Para un mejor aprovechamiento de los recursos consumidos en la irrigación hay necesidad que se conozca suficientemente la agricultura irrigada. En este contexto, el lanzamiento, por ejemplo, de una variedad de algodón herbáceo de fibra larga se ha revestido de gran importancia. Del mismo modo lo han sido las nuevas variedades de arroz de riego, propias para el Estado de Piauí.

El lanzamiento de variedades de soja y de sistemas de producción de espárragos, de melón, de sandía, de tomate industrial y de vides, contribuyen para la apertura de posibilidades para la agricultura regional.

Tecnologías creadas o introducidas por las unidades de EMBRAPA como el pasto andropogon, y las brachiarias húmedicola y decumbens, bancos de proteína de leucema para novillos de carne y para vacas lecheras, y el control sanitario y sistemas de producción mejorados para caprinos, buscan elevar la rentabilidad de la ganadería y caprinocultura nordestinas.

El sistema de riego a través de tinajas conectadas por tubos a la altura de sus bocas, es una de las contribuciones de la investigación para la región semi-árida del Nordeste, donde en los pequeños productores existe una grande oferta de mano de obra familiar. El sistema de barrero para "irrigación de salvamento" permite la captación almacenaje y distribución del agua de lluvia. En este sistema, el agua proveniente del escurrimiento superficial, es distribuido de forma complementaria en el área de cultivo, para asegurar la cosecha de cultivos alimenticios en pequeñas áreas.

A nivel del desarrollo de maquinaria agrícola se destacan: el "policultor" que es un portador de implementos de tracción animal y permite atender desde 5 hasta 15 hectáreas y ha sido de gran ayuda para los pequeños productores; y la sembradora manual de semillas de pasto búfel (adaptación de la sembradora "tico-tico" para siembra de semillas de algodón herbáceo) y la cosechadora manual de pasto búfel.

Dado a que la caprino-ovinocultura desempeña un papel de relieve en el aspecto social del medio rural de la región Nordeste, se han creado tecnologías que pueden ser utilizadas por los productores de caprinos y ovinos deslanados de modo que se les permita una explotación más comercial y lucrativa.

## 2.5. REGION NORTE

La investigación agropecuaria en la Región Norte se ha iniciado con la creación del Instituto Agronómico del Norte (IAN) en el 1939, con sede en Belém. Este instituto actuó prácticamente de forma aislada hasta el inicio de los años 60, cuando fue transformado en Instituto de Pesquisa y Experimentación Agropecuaria del Norte (IPEAN), con atribuciones más amplias. Posteriormente fue creado en 1968, con sede en Manaus, el Instituto de Pesquisa y Experimentación Agropecuaria de la Amazonia Occidental (IPEAAOc), con atribuciones semejantes a las del IPEAN, pasando a dividir las responsabilidades de las investigaciones agropecuarias sobre la región.

Sin embargo, el gran avance de la estructura de una red de investigación agropecuaria en la región solamente ocurrió a partir de mediados de la década del 70 con la creación de EMBRAPA y de sus unidades descentralizadas. Así, en los años 1975/76, el IPEAN fue transformado en Centro de Pesquisa Agronómica del Trópico Húmedo (CPATU) con la responsabilidad de desempeñar el papel de centro de recursos, con alcance regional, y el IPEAAOc se transformó en Unidad de Ejecución de Pesquisa de Ambito Estadual de Manaus (UEPAE de Manaus). También fueron creados el Centro Nacional de Pesquisa de Caucho y Palma Africana (CNPDS), de la Unidad de Ejecución de Pesquisa de Ambito Estadual de Porto Velho (UEPAE de Porto Velho), la Unidad de Ejecución de Pesquisa de Ambito Estadual de Rio Branco (UEPAE de Rio Branco), la Unidad de Ejecución de Pesquisa de Ambito Estadual de Altamira (UEPAE de Altamira), la

Unidad de Ejecución de Pesquisa de Ambito Territorial de Boa Vista (UEPAT de Boa Vista) y la Unidad de Ejecución de Pesquisa de Ambito Territorial de Macapá (UEPAT de Macapá), con responsabilidad de crear y adaptar tecnologías para las condiciones locales. Más recientemente fue creada la Unidad de Ejecución de Pesquisa de Ambito Estadual de Belém (UEPAE de Belém), junto al CPATU, y extinguida la UEPAE de Altamira.

Siguiendo la principal orientación de la Empresa, todas las unidades descentralizadas de EMBRAPA en la región, pasaron -o están pasando- por una primera fase, donde se enfatizó en el montaje de una infraestructura adecuada en términos de campos experimentales y de laboratorios para soportar los programas de investigación y de equipos de recursos humanos a la altura de sus reales necesidades, teniendo este como base para su formación, programas agresivos de capacitación, principalmente a nivel de investigadores. En ese contexto, vale recordar que algunas unidades de investigación de la región, por su propia edad, tales como las UEPATs de Macapá y Boa Vista, creadas en 1982, todavía se encuentran en fase de montaje de infraestructura básica para la investigación y de formación del equipo de recursos humanos.

Los datos preliminares relativos a los beneficios creados por el sistema de investigación agropecuaria de la región amazónica evidencian que, a pesar de que la mayor parte de las tecnologías creadas son para labores temporales, sus beneficios son casi inversamente proporcionales, teniendo en cuenta su baja tasa de adopción, en contraste por ejemplo, con la rápida adopción de las tecnologías para la ganadería, principalmente bovina y bubalina.

El mejoramiento y la recuperación de los pastos de la región amazónica se ha beneficiado de varias investigaciones que incluyen la introducción de nuevas variedades de gramíneas y leguminosas, técnicas de manejo y recomendaciones de niveles de fertilización. De las tecnologías creadas y ya adoptadas, la introducción del pasto cucuio de la amazonia se destaca por el alcance del nivel de adopción. Por otro lado, la ganadería, en especial la bubalina, se ha beneficiado mucho del sistema de manejo preconizado por la investigación.

La producción de granos ha sido contemplada con recomendaciones de cultivares adaptados de maíz, arroz, caupi, fríjol y soya. El establecimiento de sistemas de

producción para estos cultivos también ha recibido esfuerzos considerables.

La introducción de insectos polinizadores oriundos de Africa y la definición de niveles, fuentes y épocas de aplicaciones de fertilizantes, han sido fundamentales para el cultivo de palma africana. Se resalta también que la introducción de nuevos cultivares de pimienta del reino y el control de la fusariosis en este cultivo tuvo gran impacto en la economía regional.

La introducción de variedades adaptadas de zanahoria, tomate, beterraba, lechuga, pimentón y cebolla fue fundamental para la producción de hortalizas en la región. De la misma forma que cultivos como el guaraná, la malva, yuca, castaña del Brasil, ya disponen de recomendaciones de tecnologías, gracias a los trabajos de investigación desarrollados en la región.

### 3. RETORNO SOCIAL DE LAS INVERSIONES REALIZADAS

#### 3.1. COSTOS

Los recursos destinados a EMBRAPA crecieron sustancialmente en el período 1974-87. En 1974 el presupuesto de esta institución fue de cerca de US \$ 23,5 millones, en cuanto que en 1987 este presupuesto alcanzó US \$ 190.7 millones, es decir creció cerca de 9 veces equivalente al 16.5% anual.

En los diez primeros años de dicho período fueron instalados la mayor parte de los centros y estaciones experimentales, así como se invirtió en el montaje de la infraestructura y en la capacitación de personal. Al respecto de la calificación de los recursos humanos cabe resaltar que el perfil del cuadro de personal técnico que era de apenas 15% de postgraduados en 1974, pasó a cerca de 85 de investigadores con maestría y/o doctorado en 1987. Del 15% restantes, muchos ya se encuentran haciendo cursos de postgrado en el Brasil y en el exterior, lo que permite prever todavía un desarrollo de ese perfil técnico a mediano plazo.

### 3.2. BENEFICIOS GENERADOS

Para evaluar los beneficios económicos de la investigación generada por EMBRAPA hasta el presente, fueron adoptados los siguientes procedimientos: En primer lugar los beneficios fueron contabilizados apenas a partir de 1978, por ser reconocida la existencia de un desfase mínimo de cuatro años entre el inicio de las investigaciones y la divulgación de los resultados (Cruz et. al., 1982). En segundo lugar fue hecho un inventario de las principales tecnologías generadas en cada unidad en el período analizado. Fueron consideradas como tecnologías creadas aquellas comprobadamente innovadoras; científicamente confirmadas; experimentadas y validadas en las condiciones del usuario; y descritas de forma organizada, a través del manual de uso, que debe incluir la descripción técnica o proceso y para quien se aplica geográficamente.

De las tecnologías generadas, fueron entonces seleccionadas aquellas ya adoptadas por los agricultores. Enseguida fue estimada, junto a los equipos de investigación, que participación podría ser atribuida, en términos aproximados a los técnicos de EMBRAPA en cada una de ellas. Solamente entonces se estimó el ingreso financiero neto, por unidad de producto, que la adopción de cada tecnología representa, para el usuario que hubiese procesado la sustitución del modo convencional de producción por la nueva opción creada y recomendada por la investigación. Posteriormente, fueron hechas estimaciones al respecto de la difusión de cada tecnología en términos de su adopción año a año, se calcularon los beneficios totales líquidos. Y por último, se adoptaron como indicadores de los beneficios generados por EMBRAPA aquellos totales deducidos por los coeficientes de participación porcentual de EMBRAPA. El flujo anual de beneficios es mostrado en la Tabla 1 usando la clasificación de grandes agregados económicos utilizados por el IBGE en los Censos Agropecuarios.

Este método utilizado para cuantificar los beneficios netos generados hizo que muchas tecnologías creadas o trabajos realizados por los equipos multidisciplinarios de las diversas unidades de investigación de EMBRAPA, no formen parte de este flujo de beneficios. Entre estas están aquellas consideradas insumo de la propia investigación, aquellas cuyos resultados son orientados hacia la mejor calidad de los productos, del medio ambiente y de la salud humana, así como aquellas otras que todavía están en la fase inicial de difusión, y por lo tanto no se tiene todavía una estimación precisa de la tasa de adopción.

**TABLA 2.** Beneficios económicos netos de los recursos aplicados en EMBRAPA, período 1974-90.

En US\$ mil

Año	Beneficios	Costos*	Beneficios Netos
1974	-	22.414	-22.414
1975	-	44.468	-44.468
1976	-	66.179	-66.179
1977	-	75.040	-75.040
1978	7.831	87.698	-79.867
1979	48.999	126.366	-77.367
1980	96.477	131.061	-34.584
1981	268.760	157.490	111.270
1982	338.152	209.937	128.215
1983	425.556	118.309	307.247
1984	621.828	108.268	513.560
1985	887.430	117.614	769.816
1986	1183.097	127.485	1055.612
1987	1587.753	179.868	1407.885
1988	1847.321	179.868	1667.453
1989	2109.703	179.868	1929.835
1990	2162.578	179.868	1982.710

\* De los costos totales fueron deducidas las transferencias hechas por EMBRAPA a otras instituciones de investigación.

### 3.3. TASA INTERNA DE RETORNO DE LAS INVERSIONES

Del conjunto de tecnologías generadas apenas una parcela es adoptada por los productores, pues hay varios factores que condicionan el proceso de adopción (precios desfavorables, condiciones socioeconómicas de los productores, política económica en general, etc.). Mientras tanto lo que se espera de una institución de investigación es que los beneficios de este número de tecnologías adoptadas superen el costo de la generación de conocimientos de la institución como un todo.

La metodología consiste en agregar los beneficios económicos de cada tecnología individualmente y montar un flujo de beneficios generados desde el inicio de la adopción hasta un período razonable en que estas tecnologías sigan siendo adoptadas. En este estudio se estimaron los beneficios generados hasta el año 1987 y cuando fue posible hacer la previsión basada en la tasa de adopción, esta estimación se proyectó hasta el año 1990. La estimación de los beneficios para cada tecnología obedeció al sistema descrito anteriormente (item 3.2). Estos beneficios fueron mantenidos constantes hasta el año de 1997, lo que significa que se supone que no habrán incrementos de beneficios hasta el año de 1997, o sea, la tasa de adopción es la misma en este período, incluso para aquellas tecnologías cuya tasa de adopción todavía es muy pequeña. El período de diez años (hasta 1997) considerado aquí para proyectar el flujo de beneficios es conservador, pues, por ejemplo, aún hoy se utilizan variedades de arroz y maíz generadas por el Instituto Agronómico de Campinas en la década de 1930.

En este trabajo, para obtener el flujo de beneficios líquidos, se han sacado de este flujo de beneficios los costos de generación (presupuesto total de EMBRAPA) incluyendo otros costos e inversiones para el mismo período de análisis (hasta 1997). Se ha supuesto que el presupuesto de EMBRAPA en los próximos años hasta 1997 será igual al de 1987, (US \$ 190.8 millones). Este fue un supuesto bastante optimista ya que apenas en el año de 1982 el presupuesto de EMBRAPA alcanzó un valor más alto. Del lado de los beneficios se consideró que los beneficios estimados para el 1990 (US\$2.162,6 mil) se mantendrían en este nivel hasta 1997. A partir del flujo de beneficios netos resultante (Tabla 2), el cual fue negativo en los primeros años de generación de conocimientos, se calculó la tasa interna de retorno de las inversiones de EMBRAPA como un todo.

TABLA 1. Beneficios económicos generados por centros y estaciones experimentales de EMBRAPA por agregados económicos, período 1978-90.

Agregados Económicos	En Cr \$ millones												
	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
<b>Labores Temporales</b>	185,64	1599,97	2739,44	8980,88	10993,37	13501,65	20099,45	28160,56	37165,65	49485,96	57263,29	66094,42	67778,21
<b>Labores Permanentes</b>	104,13	132,23	545,05	642,42	869,14	1019,30	1128,07	1505,23	1852,86	2342,62	2829,62	3257,62	3292,62
<b>Pastos</b>	-	-	-	57,12	148,59	367,01	619,40	872,68	1130,63	1246,64	1246,64	1246,64	1246,64
<b>Animales de Gran Porte</b>	11,20	179,46	414,94	694,74	1001,74	1374,61	1848,70	2907,04	3857,75	3951,52	3955,59	4029,83	4032,61
<b>Animales de Mediano Porte</b>	-	-	-	0,03	0,04	0,08	0,15	0,32	1,40	175,79	188,79	205,79	228,79
<b>Hortalizas</b>	6,00	9,00	82,28	159,67	252,00	418,32	678,64	1271,65	2288,76	4952,22	5722,36	6171,36	6316,86
<b>Silvicultura y Extrat. Vegetal</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1117,0	1518,0	1773,0
<b>Agroindustria</b>	-	-	-	-	-	-	-	68,00	78,00	82,00	88,00	94,00	100,00
<b>TOTAL</b>	<b>306,98</b>	<b>1920,66</b>	<b>3781,72</b>	<b>10534,86</b>	<b>13254,88</b>	<b>16680,96</b>	<b>24374,41</b>	<b>34785,48</b>	<b>46375,05</b>	<b>62236,75</b>	<b>72411,30</b>	<b>82617,73</b>	<b>84768,74</b>

\* A precios de junio de 1987 (corregidos por el IGP col.2, FGV).

Obs: Detalles al respecto de cada tecnología utilizada en los cálculos de los beneficios se pueden encontrar en las cinco evaluaciones que hacen parte de esta evaluación y serán publicados por EMBRAPA durante el segundo semestre del presente año.

La tasa interna de retorno (TIR) es obtenida a través de aproximaciones sucesivas, hasta el punto en que el flujo de beneficios netos se acerque a cero, conforme se indica en la expresión siguiente:

$$TIR = \sum_{t=j}^n \frac{BL_t}{(1+r)^t} = 0$$

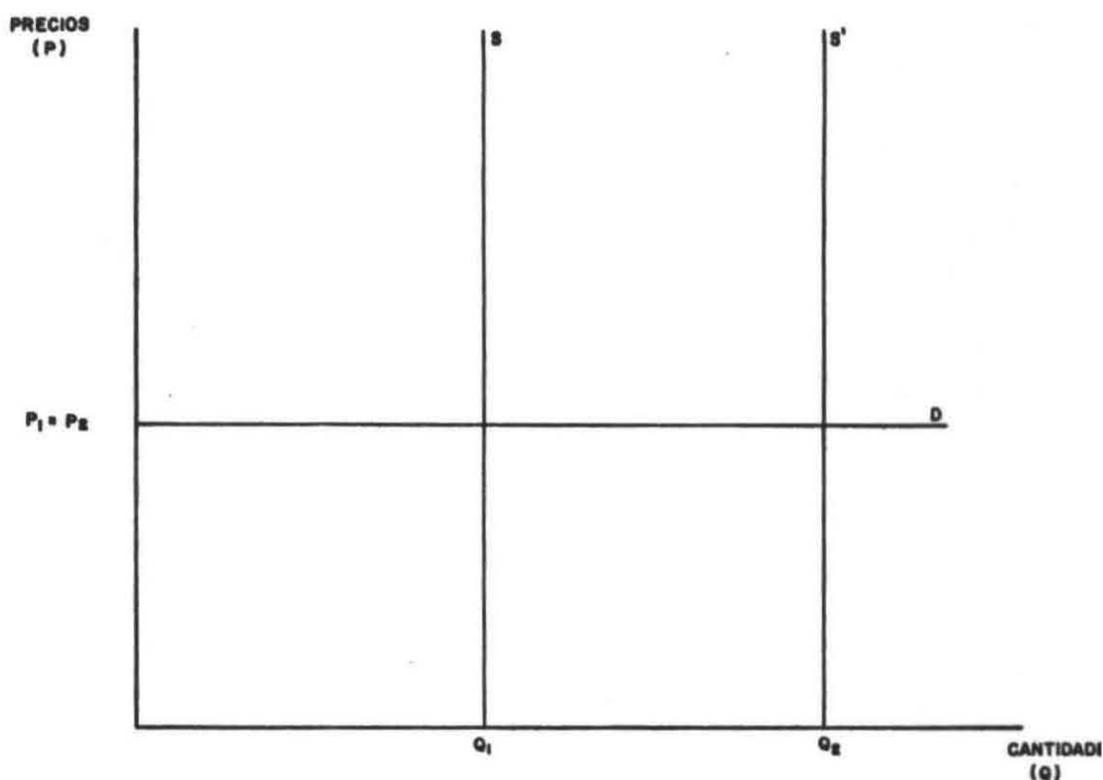
donde:

- $BL_t$  = Beneficio económico neto generado por la investigación (Beneficios menos costos);
- $t$  = Número de años;
- $j$  = Año de inicio del flujo de beneficios;
- $n$  = Año final del flujo; y
- $r$  = Tasa interna de retorno.

En dicho método de cálculo de beneficios se ha considerado la existencia de una curva de demanda agregada de la producción agrícola  $D$  perfectamente elástica y una curva de oferta agregada  $S$  vertical. De esta forma el desplazamiento de la curva de oferta para la derecha, resultante de la adopción de resultados de investigación para  $S'$  no afecta el índice agregado de precios agrícolas ( $P_1=P_2$ ). En esta hipótesis, en la ausencia de disminución de precios resultante de progreso tecnológico, los beneficios de la investigación quedan en las manos de los productores. Los consumidores se benefician de la mayor disponibilidad de productos, pero no se apropian de beneficios económicos directamente. (Figura 1).

Este procedimiento es utilizado en el caso cuando no se dispone de elasticidad de oferta y demanda del producto bajo estudio (en este caso el producto agregado). Tal abordaje fue utilizado por TOSTERUD et. al. (1973) para analizar los beneficios de la investigación del trigo canadiense y por Kislev y Hoffman (1978) para evaluar la investigación de trigo en Israel.

La tasa interna de retorno de las inversiones estimada fue del 40.5%, la cual representa un avance positivo



**FIGURA 1.** Efecto de las innovaciones tecnológicas sobre la oferta y demanda agregadas (hipótesis adoptada).

al compararla con aquella calculada por EMBRAPA en 1981, por Cruz et. al. que fue de 28.9% con relación a los beneficios realizados y proyectados para un período de diez años. La tasa de 40.5% se reviste de real importancia dado el rigor en el procedimiento usado en el cálculo de los beneficios el cual hizo que muchas tecnologías se quedaran afuera de este cálculo. Este comportamiento adoptado se ha basado en el argumento ya presentado antes (item 3.3), según el cual se espera de una institución de investigación que los beneficios de las tecnologías adoptadas compensen el costo de la generación de conocimientos de la institución como un todo.

Dadas las dificultades de cuantificación tanto de beneficios como de costos (costos indirectos en especial) en una institución de investigación del tipo de EMBRAPA, y la posibilidad de producir sobreestimación o subestimación de los beneficios netos, se hizo un análisis de sensibilidad de la tasa interna de retorno. Por el análisis de sensibilidad mostrado en la Tabla 3, se adoptó la hipótesis más pesimista del 25% de crecimiento en los costos y 25% de disminución en los beneficios, la tasa interna de retorno sería del 29,3%. Mientras tanto, invirtiendo estos factores, o sea, por la hipótesis más optimista, la tasa interna de retorno sería del 51.5%. En esta hipótesis más optimista, los beneficios serían 25% mayores que los calculados y los costos 25% menores.

TABLA 3. Análisis de Sensibilidad de la Tasa Interna de Retorno (TIR).

Límites de Variación (%)	Beneficios (B) TIR (%)	Costos (B) TIR (%)	Sensibilidad Cruzada		TIR (%)
			Variación Beneficios	Costos	
+25	45,3	35,9	-25% ;	+25%	29,3
+20	44,4	36,7	-20% ;	+20%	31,5
+15%	43,5	37,6	-15% ;	+15%	33,6
+10	42,5	38,5	-10% ;	+10%	35,7
+5	41,5	39,5	- 5% ;	+5%	37,8
0	40,5	40,5	- 0% ;	+ 0%	40,5
-5	39,4	41,6	+ 5% ;	- 5%	42,2
-10%	38,3	42,7	+10% ;	-10%	44,4
-15%	37,1	44,0	+15% ;	-15%	46,7
-20%	35,9	45,3	+20% ;	-20%	49,0
-25	34,6	46,7	+25% ;	-25%	51,5

Dado el procedimiento adoptado, por el cual muchas tecnologías no formarían parte del flujo de beneficios, existen indicios de subestimación de los beneficios y consecuentemente de la tasa interna de retorno. Mientras tanto, aceptando la hipótesis más pesimista, la tasa interna de retorno del 29,3% es aún elevada y superior a aquellas exigidas por bancos de

desarrollo como el Banco Nacional de Desarrollo Económico y Social (BNDES) y el Banco Mundial (12% y 10% respectivamente).

PINAZZA et. al. (1984) al evaluar la investigación en caña de azúcar, teniendo como referencia la introducción de la variedad NA 56-79, en el Estado de Sao Paulo, se encontró una tasa de retorno del 35,1%. Se debe resaltar que esta variedad en 1981 ocupó el 39,5% del total del área cultivada con la caña de azúcar en dicho Estado. Se puede también citar a Monteiro (1975), Fonseca (1976) y Moricochi (1980), que evaluaron los retornos de las inversiones en cacao, café y cítricos y encontraron tasas del 19%, 24% y 25% respectivamente.

Tratándose de una evaluación agregada de la investigación, como se ha hecho en este trabajo, es bueno citar algunos resultados internacionales como aquellos obtenidos por Evenson y Jha. (1973) que estimaron una tasa de retorno de 40% para India, un país en desarrollo. Evenson (1975) encontró una tasa de 23,5% para los Estados Unidos. Esto muestra que EMBRAPA puede ser considerada una institución de investigación rentable, también para los patrones internacionales.

#### 4. SINTESIS Y CONCLUSIONES

La evaluación del impacto socioeconómico de los beneficios generados por un sistema de investigación agropecuaria no es una tarea fácil. Sin embargo, se debe disponer esfuerzos en este sentido, una vez que la sociedad invierte parte de sus recursos en el desarrollo de esa actividad.

Aplicar recursos en investigación ya es reconocido como una alternativa rentable de inversión en la economía. Pero, la evaluación de los retornos económicos y sociales de los recursos aplicados en una institución de investigación, es la forma de saber la eficiencia de las inversiones realizadas, como la distribución de estos recursos, al interior de la institución, cuestionar esta distribución y consecuentemente los rumbos a las directrices de la investigación. En consecuencia una evaluación de esta naturaleza debe tener un doble propósito, el de rendir cuentas a la sociedad en general por los recursos invertidos en la institución, y el de retroalimentar a la propia institución.

En un país de dimensiones continentales como el Brasil, con ecosistemas tan diversos y con grandes diferencias económicas y sociales en sus diferentes regiones, la evaluación periódica de los retornos de las inversiones en investigación agropecuaria es una tarea muy importante.

Dada la característica de la actividad de investigación, para que los retornos sociales sean elevados, todos los eslabones de la investigación deben ser contemplados y perfectamente coordinados entre sí. En EMBRAPA se ha buscado generar conocimientos y tecnologías para problemas más generales y/o básicos, así como para problemas más específicos y/o de carácter regional. En esta institución, la organización de la investigación en Programas Nacionales, coordinados por un centro nacional de investigación y ejecutados por los demás centros, estaciones experimentales, institutos estatales, universidades, etc., busca atender este objetivo.

EMBRAPA ha aplicado esfuerzos con miras a evaluar los impactos sociales y económicos de sus inversiones, tanto a nivel nacional como por centro de investigación y regiones. En este sentido, esta evaluación fue realizada tomando como generadoras de beneficios apenas aquellas tecnologías ya adoptadas hasta 1987, y se encontró una tasa interna de retorno para los recursos aplicados en EMBRAPA desde el año de 1974 del 40.5%, lo que evidencia la importancia de invertir en investigación agropecuaria, especialmente en un país como el Brasil. Esta tasa fue superior a aquella encontrada en la primera evaluación de EMBRAPA realizada en 1981, la cual fue del 28,9%.

No se calculó, en este trabajo, la tasa interna de retorno del SCPA como un todo, pero si se reconoce la gran importancia que todas las otras instituciones del SCPA tienen en el proceso de generación de conocimientos y tecnologías agropecuarias. Tampoco fueron contabilizados los beneficios de muchas de las tecnologías generadas, algunas porque sus resultados son orientados hacia la propia ciencia, tratándose de soluciones para problemas básicos que permitieron o permitirán la solución de problemas específicos y sus resultados ya aparecieron y/o aparecerán indirectamente. Otras porque todavía están en fase inicial del proceso de difusión y no se conoce con seguridad la tasa de adopción. Y aún otros, porque su beneficio es sobre la calidad de los productos, el medio ambiente o para la salud humana, haciendo prácticamente imposible cualquier cuantificación.

*Dado los resultados obtenidos en esta reevaluación de los beneficios sociales y económicos de EMBRAPA, ha quedado evidente que esta institución sigue siendo una alternativa de inversión altamente rentable en la economía brasileña, y que por lo tanto merece continuar recibiendo este enorme apoyo financiero que el gobierno federal, y la sociedad como un todo, le han dado desde su creación, hace quince años.*

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- . AMBROSI, I. ; CRUZ, E. R. **Taxas de retorno dos recursos aplicados em pesquisa no Centro Nacional de Pesquisa de Trigo.** Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 1984, 27p.
- . AVILA A.F.D.; BORGES-ANDRADE, J.E.; IRIAS, L.J.M.; QUIRINO, T.R. **Formacao do capital humano e retorno dos investimentos em treinamento na EMBRAPA.** Brasilia, EMBRAPA-DID, 1983. 70p. (EMBRAPA-DDM, Documentos, 4).
- . AVILA, A.F.D.; AYRES, C.H.S. **Experiencia brasileira em avaliacao sócio-econômica ex-post da pesquisa agropecuária.** Brasilia, EMBRAPA-DEP, 1985, 56p. (EMBRAPA-DEP. Documentos, 24).
- . AVILA, A.F.D.; OLIVEIRA, A.J.; CONTINI, E. **Pesquisa agropecuária e pequeno produtor - A experiência da EMBRAPA.** Brasilia, EMBRAPA-DDT, 1986, 39p. (EMBRAPA-DEP. Documentos, 25).
- . AYRES, C.H.S. **The contribution of agricultural research to soybean productivity in Brazil.** St. Paul, Minnesota Univ., 1984. Tese Doutorado.
- . BUARQUE, C. **Avaliacao econômica de projetos.** Rio de Janeiro. Campus, 1984.
- . CONTADOR, C.T. **Avaliação social de projetos.** São Paulo, Atlas, 1981.
- . CRUZ, E.R. da; PALMA, V.; AVILA, A.F.D. **Taxas de retorno dos investimentos da EMBRAPA: investimentos totais e capital físico.** Brasilia, EMBRAPA-DID, 1982. 47p. (EMBRAPA-DDM. Documentos, 1).
- . DOSSA, D.; AVILA, A.F.D.; CONTINI, E. **Alocação de recursos e rentabilidades das pesquisas originadas no Centro de Pesquisa de Soja.** Londrina, EMBRAPA, 1987. 35p. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 26).
- . EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. **Departamento de Diretrizes e Métodos de Planejamento,**

TOSTERUD, R.J.; GILSON, J.C.; HANNAN, A.E.;  
STEFANSSON, B.R. **Benefit-cost evaluation of  
research relating to the development of selkirk  
wheat and target rapeseed.** In: SYMPOSIUM  
ON AGRICULTURA RESEARCH, Proceedings 1. s.l.,  
University of Manitoba, 1973. v.1, p. 149-99.  
(Occas, Serv. 4).