
A. Casimiro Herruzo ()*

*Una aproximación a algunos aspectos
fundamentales de la economía de la
investigación agraria*

1. INTRODUCCION

Por cambio técnico se entiende todo avance en el conocimiento que permite generar una mayor o mejor cantidad de bienes y servicios con un volumen dado de factores productivos, mediante un aumento en la calidad de dichos factores o descubrimiento de otros nuevos. En la agricultura, el cambio técnico se manifiesta de distintas formas, con diferentes efectos sobre los sistemas agrarios: puede materializarse en avances de naturaleza biológica y química (semillas mejoradas, nuevas razas, fertilizantes y herbicidas más efectivos); en nuevas prácticas agronómicas, como el no laboreo y la lucha integrada contra plagas; en innovaciones de tipo mecánico y, finalmente, en mejoras en los procedimientos de gestión y organización de los procesos productivos. Ahora bien, el cambio técnico no se produce por azar, sino como resultado final de un conjunto de actividades que, mediante el empleo de recursos escasos (científicos, laboratorios, campos de experimentación, etc.), producen nuevos conocimientos científicos y técnicos que permiten descubrir nuevos factores productivos y mejorar la calidad de los factores ya existentes. El conjunto de todas estas actividades generadoras de nuevos conocimientos útiles aplicables

(*) Departamento de Economía Agraria, Administración de Empresas y Estadística. Universidad de Córdoba.

— Agricultura y Sociedad n.º 53 (Octubre-Diciembre 1989)

a la agricultura constituye lo que conocemos por investigación agraria.

En general, el estudio de la investigación agraria y la valoración de las consecuencias de los procesos de cambio técnico que ésta genera puede abordarse desde una doble vertiente: técnica y económica. El presente trabajo se centra en esta segunda y tiene como objetivo principal servir de introducción al análisis de algunos aspectos económicos relevantes de la investigación en el sector agrario. La economía de la investigación como actividad científica tiene un origen relativamente reciente; no obstante, existe ya una abundante y diversa literatura en este campo que abarca un elevado número de temas (1). Esta literatura suele adolecer, sin embargo, de un elevado grado de tecnicismo y resulta, en muchos casos, obscura y relativamente inaccesible a profesionales de otros campos de especialización. En las páginas que siguen se tratarán de clarificar algunos aspectos fundamentales de la economía de la investigación agraria considerados de especial relevancia dentro del contexto temático general de la presente publicación.

Dentro de este carácter, obligadamente selectivo, se ofrecerán, en primer lugar, algunas ideas sobre la lógica de la intervención pública en las actividades de investigación agraria. A continuación, se realizará una breve caracterización de los procesos mediante los que son generadas las innovaciones tecnológicas en la agricultura. Por último, se hará una reflexión sobre la rentabilidad de las inversiones en investigación agraria y las consecuencias del cambio técnico en la agricultura.

2. LA INVESTIGACION Y EL SECTOR PUBLICO

Por regla general, la mayor parte de las actividades de investigación agraria realizadas hoy en día en los países de economía de mercado son financiadas o tienen lugar en instituciones públicas. Existen una serie de razones fundamentales que

(1) Entre las obras pioneras destacan los trabajos de Shultz (Shultz, 1953), Griliches (Griliches, 1958) y Nelson (Nelson, 1959).

justifican el empleo de fondos públicos en actividades dirigidas a impulsar el cambio técnico en la agricultura. La primera de ellas está relacionada con la propia estructura productiva del sector agrario. En este sentido, cabe señalar que las explotaciones agrarias son demasiado pequeñas y carecen de los recursos y de la capacidad suficientes para soportar el nivel de inversión y riesgo asociados con la realización de la mayoría de las investigaciones.

La segunda de las causas antes mencionadas tiene que ver con la propia naturaleza del producto o resultado de la investigación, es decir, los conocimientos científicos y técnicos. Gran parte de estos conocimientos pueden ser considerados como bienes públicos en el sentido empleado por Musgrave (Musgrave, 1959) puesto que, al no poder ser incorporados con facilidad a un producto físico, una vez generados se encuentran a la libre disposición de cualquiera. Esta es la razón de que no existan mercados ni se establezcan precios para estos conocimientos dado que su coste de transmisión es prácticamente nulo y su utilización por un agente no excluye de su utilización a otros agentes potenciales. Asimismo, muchos descubrimientos científicos tienen una difícil apropiación por parte de las empresas que los generan, al ser fácilmente reproducibles (Arrow, 1962). Así, pues, cuando la tasa social de retorno de la investigación supera a la tasa de retorno privado, como consecuencia de que los beneficios generados por la investigación son percibidos, en su mayor parte, por los consumidores y/o por los agricultores en lugar de por las empresas de I+D, no puede esperarse un nivel de inversión privado en investigación socialmente óptimo, lo que justifica la intervención del Sector Público.

Por lo general, los rendimientos de las inversiones realizadas en la generación de tecnologías mecánicas y químicas pueden ser recuperados con relativa facilidad por las empresas innovadoras, puesto que este tipo de conocimientos pueden ser fácilmente incorporados en inputs físicos para los que, además, existe una legislación que permite una protección más o menos efectiva de los derechos de invención. En estos casos, existen mercados bien definidos y éstos se ocupan primordialmente de la asignación de recursos a estas actividades y de la distribución de los beneficios

que las mismas generan. Sin embargo, esto es ya más difícil con muchas de las innovaciones de tipo biológico, agronómico y organizativo y, sobre todo, con la investigación básica. En estos otros casos, el carácter indivisible de los conocimientos científicos, junto con la insuficiencia de los mecanismos legales para salvaguardar los derechos de patente, propiedad intelectual, etc., conducen a una insuficiente inversión privada en muchos campos pertenecientes a ciencias básicas y experimentales con especial repercusión sobre la agricultura. Hasta los años setenta, no eran muchas las empresas privadas dedicadas al desarrollo de tecnologías de carácter biológico. Por el contrario, los esfuerzos del sector privado en materia de investigación agraria se centraban, fundamentalmente, en tecnología de origen químico y mecánico (herbicidas, pesticidas, maquinaria, etc.) (Ruttan, 1983).

En contraste con la situación anterior, y aunque existen diferencias entre países, es interesante señalar que los sistemas públicos de investigación no están constituyendo en la actualidad el núcleo básico de expansión de los avances en biotecnología sino que, por el contrario, son los sistemas privados (multinacionales, empresas de nueva creación, etc.) los que han tomado la iniciativa y el liderazgo en el desarrollo y difusión de las innovaciones biotecnológicas. El enorme interés que la investigación en biotecnología ha despertado en el sector privado obedece, por un lado, a cambios técnicos, como la consecución de la inestabilidad en la reproducción a través de la hibridación, e institucionales, como la posibilidad de extender los derechos de propiedad a los microorganismos (Buttel, 1985). Ambas circunstancias han contribuido a eliminar en muchos casos el carácter de bien público que hasta ahora presentaban la mayoría de las innovaciones agrarias de naturaleza biológica. De otra parte, las previsiones de avances científicos excepcionales en la ingeniería genética, con prometedoras ganancias económicas, han constituido también una importante fuente de atracción de capitales privados al desarrollo de innovaciones biotecnológicas.

Algunos autores han llamado la atención sobre los peligros que encierra este nuevo proceso de reasignación de las tareas de investigación a favor del sector privado y, en particular, sobre las

consecuencias que podrían derivarse de una progresiva obstrucción de los canales a través de los que la información de carácter científico y tecnológico ha venido discurriendo libremente hasta ahora (Fishel y Kenney 1986; Sundquist 1987). Hay que tener en cuenta también que los esfuerzos de investigación de la actividad privada en biotecnología vendrán determinados, por la propia lógica del sector, en función de los beneficios potenciales que puedan extraerse de la aplicación de las innovaciones biotecnológicas a las diferentes áreas de la producción vegetal y animal, áreas que podrían no coincidir en todo momento con aquellas que ofrecen un mayor interés para un país concreto. Ello justifica una importante presencia y una activa participación del Sector Público en este campo de investigación de enorme interés para la agricultura.

Un último argumento a favor del respaldo público a la investigación agraria se encuentra íntimamente ligado a la desigualdad de los efectos del cambio técnico sobre el bienestar de los distintos grupos sociales implicados de algún modo en el sector agrario y, más particularmente, a los importantes problemas de carácter redistributivos a que esta situación conduce. Este aspecto será abordado con mayor detalle más adelante.

3. LA GENERACION DE LAS INNOVACIONES TECNOLOGICAS

Puesto de manifiesto el papel impulsor que el Sector Público debe representar en la génesis del cambio técnico en la agricultura, el paso siguiente consistirá en analizar las características que configuran los procesos a través de los que se generan y desarrollan las innovaciones en las que dicho cambio tecnológico se materializa. Para ello será necesario identificar aquellos factores que determinan la orientación y los contenidos de las investigaciones realizadas directamente, o indirectamente, por el Sector Público.

Podemos dividir dichos factores en dos grandes grupos según que afecten a la oferta o a la demanda de investigación. Por regla

general, puede afirmarse que, en cada país, la oferta de investigación en un área o campo científico determinado, como es el caso de la agricultura, vendrá condicionada por los siguientes factores: el nivel de conocimientos científicos y técnicos existentes; el potencial de investigación disponible; es decir, los recursos financieros, físicos y humanos que proporcionarán el marco dentro del cual la investigación podrá ser realizada, y el acceso a los resultados de las investigaciones realizadas en el exterior. Por su parte, la demanda de investigación agraria vendrá ligada a la necesidad de impulsar el cambio técnico en la agricultura en respuesta a las exigencias de una creciente demanda de productos agrarios en condiciones cada vez más favorables. La interacción de estos factores de oferta y de demanda con las estructuras de decisión político-administrativas existentes en cada país llevará, en última instancia, al establecimiento de las diferentes estrategias nacionales de investigación y, en consecuencia, a la configuración de la vía de cambio técnico adoptada.

En mi opinión, el intento más importante de explicación de los procesos de generación de innovaciones tecnológicas en la agricultura está representado por la obra de Hayami y Ruttan (Hayami y Ruttan, 1985). Hasta épocas relativamente recientes el cambio técnico era considerado, con carácter casi general, como un fenómeno esencialmente autónomo respecto a las fuerzas sociales y económicas. (Harrod 1948, Domar 1957). En este sentido, el desarrollo y aplicación al sector agrario por Hayami y Ruttan de la hipótesis de la «innovación inducida» (Hicks 1937) supuso un importante avance en relación a los esfuerzos realizados hasta entonces para explicar el cambio técnico como endógeno al sistema económico (Schmookler, 1966). Según la hipótesis de la «innovación inducida», la orientación óptima del cambio técnico en la agricultura es aquella que supone una respuesta dinámica a los cambios en las dotaciones relativas de recursos productivos y a las variaciones en la composición de la demanda final. Así, en palabra de estos autores, la consecución de rápidos avances en la productividad del sector agrario depende de la capacidad de cada país para «generar una tecnología agraria ecológicamente adaptada y económicamente viable».

Estudios empíricos realizados con posterioridad al trabajo inicial de Hayami y Ruttan (Binswanger et. al., 1978) han reforzado la hipótesis de la «innovación inducida», pero también han llamado la atención sobre cómo la efectividad del proceso a través del cual se genera el cambio técnico, siguiendo la dirección inducida por la escasez relativa de recursos y por la composición de la demanda final, aparece, en muchos casos, condicionada por circunstancias ajenas a los factores de oferta citados anteriormente. Dentro de estos condicionantes destaca, fundamentalmente, la distorsión de los mercados mediante la fijación de precios institucionales, la manipulación de los tipos de cambio, etc., que impiden que los precios reflejen correctamente los coeficientes de escasez de la economía y ello obstaculiza el funcionamiento del sistema de precios como mecanismo de asignación de recursos. Asimismo, hay que considerar también en este sentido a las transferencias de tecnologías procedentes de países con diferentes dotaciones relativas de factores productivos y, finalmente, a los condicionantes de naturaleza sociopolítica.

Centrándonos en este último aspecto no es difícil imaginar situaciones en las que decisiones públicas, con especial incidencia sobre la asignación de recursos a la investigación, han sido tomadas en base a criterios y motivaciones ajenos al campo de la racionalidad económica. Asimismo, parece también difícil de refutar el hecho de que mientras la adopción de determinadas tecnologías produzca efectos diferenciados entre distintos grupos sociales, sus componentes tratarán de ejercer presiones sobre los centros de decisión político-administrativos a favor de aquellas áreas de investigación que generen un cambio técnico más acorde con sus intereses de grupo. Estas presiones podrán incidir sobre la orientación de la investigación agraria bien directamente, influenciando la propia política científica, o indirectamente a través de actuaciones diversas de política económica general y agrarias. De Janvry (de Janvry, 1977) en un interesante trabajo ha mostrado cómo en Argentina imperfecciones de tipo estructural en la organización político-económica del país imposibilitaron la translación de una demanda potencial de tecnología biológica y química en una demanda efectiva. El papel dominante en el sector

agrario de los grandes agricultores evitó que la dotación de factores productivos que caracterizaba al pequeño agricultor se convirtiese en una fuente efectiva de tecnología biológica y química, que habría resultado en un aumento en la producción agraria del país y en una elevación en el grado de bienestar de un sector importante de su agricultura. El ejemplo anterior muestra cómo el cambio técnico en la agricultura puede verse condicionado por circunstancias de tipo sociopolítico que emanan de los posibles conflictos de intereses entre distintos grupos sociales.

Con esta breve exposición, se ha pretendido mostrar la gran complejidad de los sistemas de generación de innovaciones tecnológicas, por lo que hace al número de elementos y a la cantidad y calidad de las interrelaciones que los componen. Es cierto que se ha avanzado un camino considerable en la comprensión de los factores que influyen la generación de tecnologías pero, aún así, nos encontramos todavía lejos de poder desarrollar una teoría específica de la demanda de innovaciones técnicas en la agricultura. De otra parte, como acertadamente ha señalado Rosenberg, las fuerzas y motivos económicos que impulsan el cambio tecnológico «no actúan dentro del vacío, sino dentro de los cambiantes límites y restricciones de un cuerpo de conocimientos científicos que crecen a ritmos desiguales entre las subdisciplinas que lo componen» (Rosenberg, 1976). Ello nos devuelve ineludiblemente a los factores que afectan a la oferta de innovaciones tecnológicas, y en concreto, a los determinantes tecnológicos de las innovaciones, campo éste sobre el que se requiere aún una gran cantidad de información.

4. CONSECUENCIAS DEL CAMBIO TECNICO

Al emprender el estudio de las consecuencias del cambio técnico en la agricultura, resulta obligado comenzar por el examen de dos aspectos fundamentales de las inversiones en actividades de investigación agraria: su eficiencia y su equidad. La eficiencia de las inversiones en investigación vendrá dada por su tasa social de retorno. Para analizar su equidad, será necesario examinar qué

grupos sociales perciben los beneficios, o en su caso, soportan las pérdidas derivadas de la investigación. Asimismo, es cada vez más importante prestar mayor atención a los aspectos medioambientales del cambio técnico y valorar los posibles impactos de la adopción de las nuevas prácticas y técnicas agrícolas sobre la salud pública, la utilización de los recursos escasos y la preservación del medio natural.

4.1. Eficiencia económica

El Cuadro 1 recoge los resultados de un conjunto bastante representativo de trabajos, referidos a un amplio número de países, en los que se han realizado evaluaciones económicas de programas nacionales de investigación orientados a la mejora de los rendimientos agrarios. Sorprende observar las elevadas tasas de retorno de las inversiones en este tipo de investigaciones, ya que es difícil de imaginar muchas actividades públicas con una rentabilidad tan alta en los períodos analizados.

Es obvio que no todos los programas de investigación agraria presentan una rentabilidad tan elevada. La propia naturaleza de la investigación, con el consiguiente riesgo que comporta, hace imposible asegurar incluso rendimientos positivos para todas y cada una de las actividades de investigación. También es cierto que los trabajos sobre evaluación de la investigación agraria no han estado exentos de limitaciones empíricas y metodológicas, aunque éstas se han venido subsanando con el tiempo. De otra parte, se ha argumentado que las evaluaciones económicas de la investigación han mostrado un sesgo significativo hacia la selección de programas que han sido coronados por el éxito y que este hecho explica las altas tasas de retorno obtenidas (Wise 1975). Sin entrar aquí a analizar la veracidad de esta última argumentación, sí conviene señalar que los resultados de las evaluaciones globales de sistemas nacionales de investigación recogidos en el Cuadro 1 (Japón, India, EE.UU. y el Reino Unido) muestran una rentabilidad más o menos similar a la obtenida en la evaluación de programas específicos. Ello implica que si, en ciertos casos, puede haber existido un sesgo en la elección de los programas a evaluar,

CUADRO 1
Estimaciones de la rentabilidad de las inversiones en programa
de investigación agraria

Producto	País	Período	Tasa de retorno anual	Fuente
Maíz	EE.UU.	1940-1955	35-40	Griliches (1958)
Agregado	Japón	1880-1938	35	Tang (1963)
Aves de corral	EE.UU.	1915-1960	21	Peterson (1967)
Caña de azúcar	Sur Africa	1945-1962	40	Evenson (1969)
Maíz y Sorgo	Méjico	1943-1964	26-59	Barletta (1970)
Cosechadora de tomates	EE.UU.	1958-1969	37-46	Schmitz y Seckler (1970)
Algodón	Brasil	1924-1967	77	Ayer y Schuh (1972)
Agregado	India	1953-1971	40	Evenson y Jha (1973)
Arroz	Japón	1915-1950	25-27	Akino y Hayami (1977)
Trigo	Colombia	1953-1973	11-12	Hertford et. al. (1977)
Caucho	Malasia	1932-1973	24	Pee (1977)
Colza	Canadá	1964-1975	95-105	Nagy y Furtan (1978)
Trigo y Arroz	Bangladesh	1961-1977	30-35	Pray (1980)
Agregado	EE.UU.	1949-1972	48	White y Havlicek (1980)
Trigo	Canadá	1946-1979	32	Zentner y Peterson (1984)
Agregado	R. Unido	1966-1970	20-30	Doyle y Ridaut (1985)
Arroz	España	1913-1980	18	Herruzo (1985)
Arroz	Perú	1981-1986	17-37	Norton et. al. (1987)

Fuente: Adaptado de Ruttan (1983).

éste no ha debido ser demasiado importante y, por tanto, que las tasas de retorno recogidas en el Cuadro 1 deben constituir un indicador aproximado válido de la eficiencia global de la investigación en la mejora de los rendimientos agrarios.

Otro de los objetivos prioritarios de la investigación agraria consiste en la mejora de la calidad de las producciones. Sin embargo, los programas de investigación orientados a este fin han sido mucho menos estudiados que aquellos dirigidos al aumento de los rendimientos agrarios. Así pues, no se ha contado hasta ahora con una abundante evidencia empírica en la que apoyarse a la hora de pronunciarse sobre la rentabilidad de este tipo de programas de investigación. Tiene por ello importancia mencionar aquí el reciente trabajo de Unnevehr (Unnevehr, 1986) sobre la evaluación de la investigación en la mejora de la calidad del arroz en el Sudeste Asiático. Los resultados de este trabajo muestran unas tasas de retorno similares y, en algunos casos, superiores a las derivadas de las investigaciones en la mejora de los rendimientos agronómicos de este cultivo. Y, en este sentido, vienen a reforzar las conclusiones que se deducen del Cuadro I sobre la eficiencia de las inversiones en programas de investigación agraria, en este caso en lo que respecta a la mejora de la calidad de las producciones.

Puede concluirse esta rápida incursión en el campo de la evaluación económica de la investigación agraria con la convicción de que, a pesar de las posibles limitaciones que acompañan a los trabajos de evaluación realizados hasta la fecha, la consistencia de los resultados que en ellos se obtienen permite afirmar que las inversiones en investigación agraria salen bastante bien paradas al ser comparadas con otras inversiones públicas. Para Ruttan (Ruttan, 1983) existen al menos dos razones que explican este fenómeno. La primera de ellas radica en que la investigación agraria se ha concentrado tradicionalmente en problemas que revestían una gran prioridad, de modo que los resultados logrados se han difundido entre un gran número de agricultores y ello ha determinado las elevadas tasas de rentabilidad observadas. Estas tasas, continúa este autor, se derivan también del bajo coste social que implica, en muchos casos, la generación de nuevos conocimientos, como consecuencia, a su vez, de la elevada productividad media de la comunidad científica que hace posible el avance en las ciencias agrarias, con un número reducido de investigadores y científicos.

4.2. Equidad

La generación de innovaciones tecnológicas produce una serie de efectos redistributivos en la sociedad difíciles de determinar con exactitud, pero sobre los que sí se pueden hacer algunas consideraciones de carácter general (2). Dichos efectos dependerán del impacto final que las innovaciones tecnológicas ejercerán sobre los precios de los distintos productos agrarios y sobre la demanda de los diferentes factores de producción, y vendrán determinados por las características particulares de los mercados de los productos y factores donde sean adoptadas las innovaciones.

La adopción de nuevas tecnologías más productivas produce desplazamientos hacia la derecha de la oferta agraria y, consecuentemente, presiones a la baja en los precios. En la medida en que estas presiones se materializan, son los consumidores quienes, a largo plazo, tenderán a percibir las mayores ganancias de la investigación, vía precios más bajos en los productos que habitualmente consumen (Cochrane, 1957). La magnitud de estas ganancias será proporcional al descenso de los precios y su distribución dependerá del volumen de los gastos que cada consumidor realice en los productos afectados.

Pero, aun cuando las ganancias derivadas de la investigación sean percibidas en última instancia por los consumidores, la adopción de innovaciones tecnológicas producirá además otra serie de efectos redistributivos, esta vez dentro del propio sector agrario, que dependerán fundamentalmente del momento en que sean adoptadas las innovaciones por los agricultores. De este modo, aquellos agricultores que se anticipen al resto en la adopción de las tecnologías podrán obtener lo que en la literatura económica se denomina «renta de los innovadores». Y, posiblemente, será ésta la única ganancia lograda a corto plazo por el sector productor en aquellas situaciones caracterizadas por unos mercados con demandas estancadas e inelásticas, donde la adopción generalizada de innovaciones ejercerá fuertes presiones a

(2) Algunos de los temas tratados en este y en el siguiente apartado han sido abordados previamente en un número anterior de esta revista (Herruzo, 1988).

la baja en los precios de los productos, reduciendo la renta agregada neta de los agricultores.

Las posibilidades con que cuentan los agricultores para realizar una adopción temprana de las tecnologías dependen, en primer lugar, del sesgo de las innovaciones hacia los diferentes sistemas de producción. Así, por ejemplo, el desarrollo de una nueva variedad de maíz más resistente a la sequía será de escasa utilidad para los cultivadores de las zonas húmedas y, además, reducirá su competitividad respecto a los agricultores de regiones con bajos niveles de pluviosidad. En segundo lugar, una adopción temprana requiere que los agricultores se encuentren en posición de acceder con rapidez a las innovaciones tecnológicas, una vez que éstas han sido generadas, lo cual exige, a su vez, que el agricultor conozca la existencia de la tecnología, posea los medios para adquirirla y sea capaz de utilizarla con efectividad.

La experiencia histórica ha demostrado que han sido las explotaciones de mayor tamaño las que han resultado más beneficiadas del intenso proceso de cambio técnico experimentado en las agriculturas más desarrolladas en el pasado. Así, innovaciones tecnológicas no neutrales al tamaño de la explotación como los tractores de gran dimensión, las cosechadoras y los herbicidas han contribuido a fortalecer a las grandes explotaciones agrícolas en detrimento de las pequeñas y medianas explotaciones que se ha visto obligada, en muchos casos, a desaparecer. Los dos ejemplos de tecnologías mecánicas antes citados han permitido, por un lado, reducir de forma considerable las necesidades de mano de obra en las tareas agrícolas y, por otro, han facilitado la consecución de costes medios de producción más bajos, al poder distribuirse el valor de las inversiones sobre un mayor número de unidades de producto. Ambas circunstancias han redundado en beneficio de la gran explotación.

Veamos a continuación como se presenta esta situación en el futuro, en particular en lo que concierne a las nuevas tecnologías derivadas de los avances en la biotecnología y en las tecnologías de la información.

Podría pensarse, en un principio, que las prioridades en

investigación agraria en la actualidad no son altas en cuanto al desarrollo de tecnologías aplicables de forma prioritaria a las grandes explotaciones, puesto que la mayoría de las innovaciones de carácter biotecnológico que se avecinan no parecen, a primera vista, estar sesgados a favor de la gran explotación. Por ejemplo, las semillas mejoradas, las hormonas de crecimiento animal y las vacunas obtenidas mediante ingeniería genética supondrán reducciones en los costes de producción a corto plazo de similar magnitud, cualesquiera que sea el tamaño de las explotaciones donde se empleen y, por lo tanto, no producirán por sí mismas economías de escala técnicas. Sin embargo, esta primera impresión debería ser matizada pues, en ciertos casos, las economías de escala van a venir generadas por las tecnologías de apoyo a estas innovaciones biotecnológicas. En este sentido, Kalter y Milligan (Kalter y Milligan, 1987) han señalado que el logro de elevados niveles de productividad asociados a una correcta administración de la Somatotropina Bovina (B.S.T.), hormona del crecimiento obtenida mediante ingeniería genética, exigirá inversiones en las explotaciones ganaderas que no siempre serán neutrales a la dimensión de las mismas.

Por otra parte, hay que considerar también que, en aquellas actividades agrarias caracterizadas por costes decrecientes a largo plazo, la adopción de tecnologías, en principio neutrales a la dimensión, permitirá a los agricultores innovadores realizar un desplazamiento hacia abajo a lo largo de sus curvas de costes medios a largo plazo y situarse en una posición ventajosa respecto al resto de los agricultores más rezagados, desapareciendo así la neutralidad inicial de las innovaciones (Phillips, 1985). Piénsese, por ejemplo, en el eventual desarrollo de vacunas más efectivas que permitieran erradicar ciertas enfermedades infecciosas del ganado como, por ejemplo, la peste porcina africana en España. La disponibilidad de las mismas reduciría drásticamente los riesgos asociados a la concentración de gran número de animales en un sólo lugar. Ello podría incentivar el aumento del tamaño de las explotaciones y, en definitiva, favorecería la tendencia a la concentración de recursos en las actividades ganaderas.

La posibilidad de acceso de los agricultores a los mercados de

factores constituye también una variable clave en la determinación de los impactos redistributivos del cambio técnico. Centrándonos de nuevo en la biotecnología, podemos observar como muchas de sus aplicaciones potenciales a la agricultura podrían contribuir en el futuro a reducir la intensidad del factor capital en los procesos de producción agrarios. Quizás, los ejemplos más significativos a este respecto sean la mejora de los procesos de fijación de nitrógeno en las plantas y el desarrollo de pesticidas biológicos. De otra parte, muchas innovaciones biotecnológicas vendrán incorporadas en nuevas semillas, fertilizantes, vacunas y otros medios de producción que, habitualmente, son adquiridos por los agricultores a través de canales de comercialización bien establecidos. Por tanto, la posición relativa del pequeño y mediano agricultor ante el acceso a los medios de producción no debería verse deteriorada por la difusión de estas tecnologías avanzadas en el sector agrario.

En cualquier caso, y sobre este punto existe un acuerdo unánime entre los autores que hasta el momento se han aproximado al tema (Buttel 1985, Sundquist 1985) el obstáculo fundamental para la adopción de muchas de las nuevas biotecnologías no va a residir tanto en su sesgo dimensional o en lo elevado de su coste material, como en las posibilidades de acceso a la información y a la capacidad técnica necesarias para poder utilizarlas con efectividad. Y, en esto, la pequeña y mediana explotación sí se encuentran en una posición de clara desventaja. Si volvemos, de nuevo, a los estudios sobre la BST, donde se han realizado hasta ahora las evaluaciones más precisas, encontramos una coincidencia general a la hora de resaltar el papel crítico que representa el nivel de capacitación empresarial y la calidad de su gestión técnica en el nivel de respuesta de los animales a la administración de esta hormona (Bauman, 1987). Esta situación se acentúa aún más en las tecnologías de la información cuyo manejo efectivo, de gran complejidad, exigirá del agricultor una elevada capacitación técnica (Putler y Zilberman).

El reconocimiento de que la adopción de diferentes tecnologías agrarias supone el empleo de combinaciones diferentes de factores en los procesos productivos implica que las consecuencias del

cambio técnico, y en particular sus impactos redistributivos, se ejercerán además de sobre los consumidores y los agricultores, sobre los oferentes de factores de producción con usos agrarios. La repercusión del cambio técnico sobre estos agentes económicos dependerá, independientemente de cualquier otra consideración, del sesgo de las innovaciones hacia los distintos factores (es decir, de si son empleadoras o ahorradoras de los mismos). Así, por ejemplo, la adopción de innovaciones intensivas en el factor capital (ahorradoras de trabajo) supondrá, por un lado, una reducción de las necesidades de mano de obra, con un impacto negativo sobre la demanda de trabajadores agrícolas y, por otro, un impulso a la demanda de capital físico (de las innovaciones en cuestión) y de capital financiero, para la financiación de su adquisición.

La elasticidad de la demanda del producto en cuyo proceso productivo se incorporan las innovaciones y la elasticidad de la oferta de los propios factores de producción son otros de los aspectos a considerar a la hora de valorar las repercusiones del cambio técnico sobre los oferentes de factores productivos. Haciendo ahora abstracción del grado de neutralidad de las innovaciones, puede esperarse que mientras mayor sea la elasticidad precio de la demanda del producto afectado por las nuevas tecnologías mayor será la demanda de factores de producción una vez generadas las innovaciones. La ganancia obtenida por cada factor dependerá de la elasticidad precio de su oferta, siendo los factores de producción más inelásticos aquellos que resultaran más beneficiados, al experimentar mayores subidas de precios al aumentar su demanda. Cabe esperar que estos factores serán la tierra, al ser su oferta limitada, y el capital, en la medida en que se acentúe el proceso de concentración en curso de la industria suministradora de medios de producción, a lo que parece va a contribuir el futuro el desarrollo de las nuevas tecnologías agrarias (Buttel, Kenney y Kloppenburg, 1985; Sharp, 1986).

4.3. Impacto medioambiental

Las tecnologías agrícolas desarrolladas a lo largo del presente

siglo han sido, por lo general, intensivas en el empleo de recursos no renovables. Los avances en la mecanización han incrementado de manera importante la demanda de energía en el sector agrario. Por otra parte, la mejora varietal ha conducido al empleo masivo de fertilizantes nitrogenados que, asimismo, llevan incorporados recursos no renovables. Existe, también, una creciente y generalizada preocupación sobre el efecto de las prácticas agrícolas sobre la contaminación y el deterioro ambiental. En efecto, la contaminación de las aguas por pesticidas y fertilizantes constituyen un grave problema en muchas áreas, como lo es también, en muchas otras, la erosión del suelo como consecuencia de roturaciones excesivas (Batie, 1985).

No obstante, la investigación agraria está contribuyendo también a evitar el deterioro del medio natural. Los sistemas de cultivo en régimen de no laboreo no sólo contribuyen a conservar energía, sino que reducen también la erosión. Por su parte, los sistemas de lucha y control integrado de plagas están permitiendo la realización de actuaciones más puntuales, con una consiguiente reducción de las necesidades de pesticidas en la lucha contra los parásitos vegetales y unos menores costes de aplicación.

De cara al futuro, es previsible esperar que el desarrollo de los productos biotecnológicos y su posterior difusión contribuirán también a disminuir algunas de las presiones que, actualmente, vienen ejerciendo las actividades agrarias sobre los recursos no renovables y sobre el medio natural. En este sentido, puede esperarse que el impacto de la biotecnología en el sector agrario no se ejercerá, predominantemente, a través del desarrollo de plantas excepcionalmente productivas en respuesta a dosis crecientes de fertilizantes, sino mediante la amortización de algunos de los «stress» y pérdidas patológicas que éstas experimentan, y que vienen asociados a enfermedades y plagas, y a factores climáticos y medioambientales (Sundquist, 1985). Asimismo, el logro mediante ingeniería genética de plantas más resistentes a la sequía y mejor adaptadas a terrenos marginales podrá contribuir en reducir las crecientes necesidades de tierra y agua en la agricultura, deteniendo la erosión del suelo e impidiendo el aumento de la

salinidad y toxicidad mineral en tierras intensamente regadas (Barton y Brill, 1983).

Pero, obviamente, no todas las biotecnologías incidirán en una mejora del medio ambiente. En la actualidad una de las líneas prioritarias en la investigación biotecnológica del sector privado consiste en el desarrollo de plantas más resistentes a los herbicidas lo que, sin duda, contribuirá a un mayor uso de los mismos. Otro aspecto quizás más preocupante, cuyos efectos son aún imposible de estimar, lo constituye la generación deliberada de microorganismos alterados genéticamente, cuya difusión podría ocasionar daños irreversibles o de muy difícil eliminación (Doyle, 1986; Lu, 1985). Asimismo, el desarrollo comercial de las biotecnologías podría resultar en una disminución de la diversidad genética y, por tanto, en un peligro potencial para la agricultura, puesto que la eventual dependencia de un escaso número de variedades obtenidas mediante ingeniería genética aumentará el grado de vulnerabilidad de la agricultura, al elevar el riesgo de fallo generalizado en las cosechas ante la súbita aparición de una nueva plaga o enfermedad (Plucknett y otros, 1987).

En definitiva, la experiencia acumulada con las tecnologías agrarias tradicionales y la perspectiva futura que hasta el momento ofrecen las nuevas biotecnologías muestran claramente la existencia de importantes externalidades medioambientales, de ambos signos en los procesos de cambio tecnológico en la agricultura. Por desgracia, la balanza se ha venido inclinando repetidamente hacia el lado que ocupan las externalidades negativas y la gravedad de los peligros que se desprenden de esta situación, al menos a corto y medio plazo, parece cada vez más evidente.

5. CONCLUSIONES

A modo de conclusión se destacan a continuación una serie de aspectos relativos a los contenidos expuestos en el trabajo:

1. A pesar del creciente aumento de la inversión privada en
-

el campo de la investigación agraria, el Sector Público deberá continuar desempeñando en el futuro un amplio y destacado papel en el fomento y desarrollo de la investigación. En especial, en aquellas áreas científicas y técnicas, tanto básicas como aplicadas, de gran importancia para los agricultores, los consumidores y la sociedad en general, que no resultan atractivas, por el momento, a la iniciativa privada o que, por su carácter estratégico, exigen una presencia pública.

2. Los importantes logros alcanzados en materia de productividad y desarrollo agrario por aquellos países que, históricamente, han orientado sus procesos de cambio técnico de acuerdo con las señales emitidas por los mercados de productos y factores, muestra la importancia que reviste el mantenimiento de los procesos de cambio técnico a lo largo de la senda dictada por las dotaciones relativas de factores y por la composición de las demandas finales de cada país.

3. Las elevadas tasas de retorno generadas en las inversiones en programas de investigación agraria, superiores a las de muchas otras inversiones públicas, sugieren un continuado apoyo de los estados a la investigación agraria.

4. La estructura productiva del sector agrario, caracterizada por la coexistencia de grandes y pequeñas explotaciones, requiere que tanto unas como otras explotaciones disfruten de un acceso similar a las tecnologías generadas por los sistemas de investigación pública y privada. Para ello es importante prestar una especial atención al desarrollo de sistemas efectivos de transferencias de tecnología dentro de cada país, así como a crear las condiciones necesarias para que el mayor número de explotaciones puedan hacer un uso efectivo de las mismas.

5. Los efectos redistributivos y los impactos medioambientales del cambio técnico deberán gozar en el futuro de una atención creciente por parte de los investigadores y de los responsables de la administración de la investigación. No obstante, el incremento de la productividad de los recursos agrarios deberá mantener un carácter prioritario en unas sociedades, como las actuales, en las que algunos de sus recursos (por ejemplo, el agua) están siendo

completamente utilizados y entre las que existe un elevado grado de competencia comercial.

Bibliografía

- ARROW, K. (1962): «Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention», en National Bureau of Economic Research. *The Rate and Direction of Inventive Activity*. Princeton, Princeton University Press.
- AKINO, M. y HAYAMI, Y. (1975): «Efficiency and Equity in Public Research: Rice Breeding in Japan's Economic Development», *American Journal of Agricultural Economics*, 57 (1): 1-10.
- AYER, H. W. y SCHUH, G. E. (1972): «Social Rates of Return and Other Aspects of Agricultural Research: The Case of Cotton Research in Sao Paulo, Brazil», *American Journal of Agricultural Economics*, 54 (4): 557-69.
- BARLETTA, N. A. (1970): *Costs and Social Benefits of Agricultural Research in Mexico*. Ph.D. dissertation, University of Chicago.
- BARTON, K. S. y BRILL, W. J. (1983): «Prospects in Plant Genetic Engineering», *Science* vol. 219: 671-675.
- BATIE, S. S. (1985): «Environmental Limits: The New Constraints», *Issues in Science and Technology* (otoño): 134-143.
- BAUMAN, D. E. (1987): «Bovine Somatotropine: The Cornell Experience», en *National Invitational Workshop on Bovine Somatotropine*. St. Louis, Missouri.
- BINSWANGER, H. P. (1980): «Income Distribution Effects of Technical Change: Some Analytical Issues», en A. A. Araji, ed. *Research and Productivity in Agriculture*. University of Idaho.
- BUTTEL, F. H. (1985): «Biotechnology and Genetic Information: Implications for Rural People and the Institutions that Serve Them», *The Rural Sociologist* 5 (2): 68-88.
- BUTTEL, F. H., KENNEY, M. y KLOPPENBURG, J. (1985): «From Green Revolution to Biorevolution: Some observations of the Changing
-

- Technological Bases of Economic Transformation in the Third World», *Economic Development and Cultural Change* 34 (1): 31-55.
- COCHRANE, W. W. (1957): *Farm Prices, Myth and Reality*. Minneapolis. University of Minnesota Press.
- DE JANVRY, A. (1977): «Inducement of Technological and Institutional Innovations: An Interpretative Framework», en T. M. Arndt ed. *Resource Allocation and Productivity*. Minneapolis, University of Minnesota Press.
- DOMAR, E. D. (1957): *Essays in Theory of Economic Growth*. New York, Oxford Economic Press.
- DOYLE, J. (1986): *Altered Harvest: Agriculture, Genetics, and the Fate of the World's Food Supply*. New York. Penguin Books.
- DOYLE, C. J. y RIDOUT, M. S. (1985): «The Impact of Scientific Research on U.K. Agricultural Productivity», *Research Policy* 14: 109-116.
- EVENSON, R. (1969): *International Transmission of Technology in Sugarcane Production*. New Haven, Conn. Yale University, mecanografiado.
- EVENSON, R. y JHA, D. (1973): «The Contribution of Agricultural Research Systems to Agricultural Production in India», *Indian Journal of Agricultural Economics* 28: 212-30.
- GRILICHES, Z. (1958): «Research Costs and Social Returns: Hybrid Corn and Related Innovations», *Journal of Political Economy* 66 (5): 419-431.
- HARROD, R. F. (1957): *Toward a Dynamic Economic*. London, MacMillan.
- HAYAMI, Y. y RUTTAN, V. W. (1985): *Agricultural Development*. Baltimore, Johns Hopkins University Press.
- HERTFORD, R. et al. (1977): «Productivity of Agricultural Research in Colombia», en T. M. Arndt ed. *Resource Allocation and Productivity*. Minneapolis, University of Minnesota Press.
- HERRUZO, A. C. (1985): «Returns to Research: The Case of Rice Breeding», *European Review of Agricultural Economics* 12 (3): 265-280.
- HERRUZO, A. C. (1988): «Biotecnología en la Agricultura: Efectos Económicos e Implicaciones para las Políticas de Investigación y Agrarias», *Agricultura y Sociedad*: 48 (julio-septiembre): 81-109.
- KALTER, R. J. y MILLIGAN, R. A. (1987): «Factors Affecting Dairy Farm
-

-
- Management and Profitability», en *National Invitational Workshop on Bovine Somatotropine*. St. Louis, Missouri.
- LU, Y. (1985): «Impacts of Technology and Structural Change on Agricultural Economy, Rural Communities and the Environment», *American Journal of Agricultural Economics* 67 (5): 1158-1163.
- MUSGRAVE, R. A. (1959): *The Theory of Public Finances*. New York, MacGraw Hill.
- NAGY, J. G. y FURTAN, W. H. (1978): «Economics Costs and Returns from Crop Development Research: The Case of Rapeseed Breeding in Canada», *Canadian Journal of Agricultural Economics* 26 (1): 1-14.
- NELSON, R. (1959): «The Simple Economics of Basic Scientific Research», *Journal Political Economy* 32 (2): 297-306.
- NORTON, N. W., GAMOZA, V. G. y POMAREDA, C. (1987): «Potential Benefits of Agricultural Research and Extension in Peru», *American Journal of Agricultural Economics* 69 (2): 247-257.
- PEE, T. Y. (1977): *Social Returns from Rubber Research on Peninsular Malasya*. Ph.D. dissertation. Michigan State University.
- PHILLIPS, M. J. (1985): «Microeconomic Impacts of Emerging Technologies», *American Journal of Agricultural Economics* 69 (2): 448-453.
- PLUCKNETT, D. L. y otros (1987): *Gene Banks and the World's Food*. Princeton, New Jersey. Princeton University Press.
- PRAY, C. E. (1979): «The Economics of Agricultural Research in Bangladesh», *Bangladesh Journal of Agricultural Economics* 2 (diciembre): 1-36.
- PUTTER, D. S. y ZILBERMAN, D. (1988): «Computer Use in Agriculture: Evidence from Tulare County, California», *American Journal of Agricultural Economics* 70 (4): 790-802.
- ROSENBERG, N. (1976): *Perspectives on Technology*. Cambridge, Cambridge University Press.
- RUTTAN, R. W. (1983): *Agricultural Research Policy*. Minneapolis University of Minnesota Press.
- SCHMITZ, A. y SECKLER, D. (1970): «Merchanized Agriculture and Social
-

- Welfare: The Case of The Tomato Harvester», *American Journal of Agricultural Economics* 52: 569-77.
- SHARP, M. (1986): «Biotechnology: Watching and Wating», en M. Sharp ed. *Europe and the New Technologies: Six Cases in Innovation and Adjustment*. Ithaca, N. Y. Cornell University Press.
- SCHMOOKLER, J. (1966): *Invention and Economic Growth*. Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- SHULTZ, T. W. (1953): *The Economic Organization of Agriculture*. New York, McGraw Hill.
- SUNDQUIST, W. B. (1985): «Impacts of Emerging Technologies on U.S. and Third World Agriculture: Discussion», *American Journal of Agricultural Economics* 67 (5): 1176-1177.
- SUNDQUIST, W. B. (1987): «Policy Implications of Agricultural Biotechnology», Staff Paper 87-7. Department of Agricultural and Applied Economics. University of Minnesota.
- TANG, A. (1963): «Research and Education in Japanese Agricultural Development», *Economic Studies Quarterly* 13 (Febrero-Mayo): 27-41.
- UNNEVEHR, L. S. (1986): «Consumer Demand for Rice Grain Quality and Returns to Research for Quality Improvement in Southeast Asia», *American Journal of Agricultural Economics* 68 (3): 634-641.
- WHITE, F. C. y HAVLICEK, J. (1980): «Interregional Spillover of Agricultural Research Results and Intergovernmental Finance: Some Preliminary Results», en *Evaluation of Agricultural Research*. Minneapolis, Minn.: 71-82.
- WISE, W. S. (1975): «The Role of Cost Benefit Analysis in Planning Agricultural R & D Programmes», *Research Policy* 4 (julio): 246-261.
- ZENTNER, R. P. y PETERSON, W. L. (1984): «An Economic Evaluation of Public Wheat Research and Extension Expenditure in Canada», *Canadian Journal of Agricultural Economics* 32 (2): 327-353.

RESUMEN

El presente artículo constituye una introducción al análisis de algunos aspectos económicos relevantes de la investigación en el sector agrario. En él se examinan ciertos temas fundamentales

de la economía de la investigación agraria considerados de especial relevancia dentro del contexto temático general de la presente publicación. Dentro de este carácter obligadamente selectivo, se ofrecen, en primer lugar, algunas ideas sobre la lógica de la intervención pública en las actividades de investigación agraria. A continuación, se realiza una breve caracterización de los procesos mediante los que son generadas las innovaciones tecnológicas con aplicación en la agricultura. Por último, se hace una reflexión sobre la rentabilidad de las inversiones en investigación agraria y las consecuencias del cambio técnico en el sector agrario.

RÉSUMÉ

Le présent article constitue une introduction à l'analyse de certains aspects économiques fondamentaux de la recherche dans le secteur agricole. Il y est examiné quelques sujets essentiels de l'économie de la recherche agricole, considérés de plus haut intérêt dans le contexte général des questions traitées dans la présente publication. Pour des raisons évidentes de sélection, il y est offert, en premier lieu, quelques idées sur la logique de l'intervention publique dans les activités de recherche agricole. Il y est ensuite brièvement caractérisé les processus aboutissant aux innovations technologiques qui peuvent s'appliquer dans l'agriculture. En dernier lieu, il y est exposé une réflexion quant à la rentabilité des investissements dans le domaine de la recherche agricole, et quant aux conséquences des transformations techniques dans le secteur agricole.

SUMMARY

This article is an introduction to an analysis of some of the relevant aspects of the economics of research in the agricultural sector. The paper examines a number of fundamental topics in this field and which are considered to be of particular relevance in the general context of this publication. Within this necessarily selective nature, the article offers firstly some ideas on the logic of public intervention in agricultural research. This is followed by a brief explanation of the processes by which technological innovations with application in agriculture come about. Finally, return on investment in agricultural sector are considered.

