

UN RETO PARA EL ESTUDIO DE LOS EFECTOS DE LA BIOTECNOLOGIA EN LAS CIENCIAS SOCIALES (*)

Por
WALTER L. FISHEL y MARTIN KENNEY (**)

MUCHO se ha escrito en los últimos meses acerca de la inminente revolución tecnológica en la agricultura que resultará de las innovaciones biotecnológicas (N.R.C., 1982; N.A.S., 1984). Incluso los más moderados entre estos autores prevén cambios en la agricultura, y en las instituciones económicas y sociales conexas, que eclipsarán incluso los de la tan repetidamente discutida Revolución Verde de los países en vías de desarrollo. A diferencia de la Revolución Verde, esta serie de cambios tecnológicos tendrá efectos aún mayores, cuando no diferentes, sobre las estructuras económicas y sociales de los países desarrollados (Kenney, en curso de publicación). Además, serán pocos los componentes económicos y sociales de la agricultura y de las instituciones e infraestructuras relacionadas con ella que permanezcan inalterados, al menos en cierto grado, a causa del origen, naturaleza y ritmo de cambio en las implantaciones biotecnológicas (Kenney, 1984).

En este trabajo afirmamos que los científicos sociales interesados en las consecuencias de los cambios tecnológicos en la agricultura y en las infraestructuras económicas y sociales relaciona-

(*) Ponencia invitada en el XIX Congreso Internacional de Economistas Agrarios (1985).

(**) Columbus, Ohio (USA).

— Revista de Estudios Agro-Sociales. Núm. 137 - Extra (septiembre 1986).

das con la misma, ya sea en los países desarrollados o en los que están en vías de desarrollo, deben empezar ahora a analizar las consecuencias de las introducciones de nuevos productos y procesos resultantes de la biotecnología. Esto incluye las biotecnologías ya en curso y, por lo menos, las que pueden preverse fácilmente de la investigación que está ahora en marcha en las ciencias biológicas. Existen varios factores que difieren de las circunstancias que han intervenido en los estudios pasados sobre el cambio tecnológico, que sugieren que esta tarea es bastante urgente. Además, en este trabajo indicaremos una serie de características de la biotecnología que han tenido consecuencias importantes para el estudio de los efectos sobre las ciencias y sociales y, asimismo, sugeriremos la necesidad de una mayor atención a la perspectiva y metodología de los estudios.

I. AMBIENTE DE CAMBIO PARA LA EVALUACION DE LA TECNOLOGIA EN LA AGRICULTURA

Los economistas y los sociólogos tienen un rico historial en el estudio del cambio tecnológico y su efecto sobre la agricultura e instituciones y estructuras relacionadas con ella (Hayami y Ruttan, 1971). Por consiguiente, existe ya una base sólida de estudios y metodologías aplicables a la mayoría de las situaciones de cambio tecnológico con que nos podamos encontrar. Sin embargo, al revisar la literatura técnica, relativamente escasa, relacionada con la biotecnología aplicable a la agricultura, surge cierta preocupación por la idoneidad de dicha base. Hay una serie de características y factores asociados con el advenimiento de la biotecnología y su adopción que sugieren vivamente la necesidad de una cuidadosa y nueva apreciación, tanto de nuestra perspectiva como de nuestra metodología empleadas para evaluar los efectos de la biotecnología en la agricultura (1). En el estudio que sigue, es importante advertir que, en su mayor parte, estas características y factores no son conjeturables, como tampoco lo es la dirección de los efectos. La extensión y el ritmo de cambio necesariamente deben ser conjeturables y basados en la limitada cantidad de estudios realizados hasta la fecha.

(1) Aquí solamente se indican los factores principales. Un estudio más completo de estos factores puede verse en Kenney (1984), Swaminathan (1982), Kenney y Buttel (1985) y Buttel y otros (en curso de publicación).

La fuente principal de cambio en el ambiente que rodea a la investigación se origina como consecuencia del hecho de que las biotecnologías están siendo desarrolladas y difundidas fuera de las fuentes tradicionales de las tecnologías agrícolas. Aunque muchas tecnologías han procedido de instituciones de investigación distintas de las del sector público, especialmente en los últimos años, nada que se asemeje a tal corriente de tecnologías del sector privado se había producido nunca antes en la agricultura. Sin duda, tal cambio sobrepasa con mucho lo experimentado en la Revolución Verde. El efecto significativo de esto se reflejará en un cambio radical en la fuente y control de información relacionada con la tecnología, en su relativa dependencia de la fuente de información y, por consiguiente, en su objetividad relativa, así como en su precio y disponibilidad relativa. Tanto los países desarrollados como los que se hallan en vías de desarrollo se enfrentan con muchos dilemas generados por este cambio en la transmisión de nuevos conocimientos (Kenney, 1984).

Además, la naturaleza de los cambios tecnológicos será muy diferente de la mayoría de los pasados cambios tecnológicos que se han estudiado. Las innovaciones e implantaciones de la biotecnología están siendo impulsadas por grandes aportaciones de capital desde fuera de las fuentes tradicionales de las nuevas tecnologías, a saber, desde el sector privado. Estos esfuerzos se aplican solamente a las áreas de alta tecnología en las que el alto riesgo del desarrollo va acompañado de grandes expectativas de beneficios y todo lo que ello conlleva. Las tecnologías que han de desarrollarse se seleccionan sobre esta base. Las biotecnologías resultantes tendrán efectos progresivos y desarticulados sobre la productividad agrícola. Solamente la hibridación del maíz y la posible adopción actual de sistemas de control por ordenador y microprocesador puede esperarse que tengan unas consecuencias comparables a lo que puede llegar a ser lugar común para muchas biotecnologías.

Casi todos los cambios técnicos en la agricultura que se produjeron en el pasado han sido lo suficientemente graduales para que los ajustes fueran parcialmente regidos por tasas tolerables de consumo de capital. La reducción de operaciones marginales se ha producido a un ritmo que ha permitido realizar ajustes aceptables, ya que no preferibles, dejando de lado el desastre inminente. La naturaleza de los sistemas basados en la biotecnología, que hace uso intensivo de la alta tecnología, del capital y de los

conocimientos, agravará considerablemente los problemas de ajuste al acentuar las diferencias de los niveles de productividad entre los sistemas que hacen uso intensivo del capital y del conocimiento frente a los sistemas y unidades en los que se hace un uso más intensivo de la mano de obra. Las tasas de consumo de capital serán menos importantes como factor de decisión para la adopción y, por consiguiente, las tasas de adopción serán mayores, hasta un grado todavía desconocido, que para la mayoría de las nuevas tecnologías. La consecuencia importante de ello es que las cuestiones relacionadas tanto con las decisiones de la dirección como con los programas de ajuste estatal tendrán que prever en lugar de reaccionar.

Debido a que todavía relativamente pocas biotecnologías se han puesto en marcha, posiblemente la causa más decepcionante y menos reconocida de la preocupación en este ambiente de cambio tecnológico es la simple magnitud del número de nuevas biotecnologías que se desarrollan o se desarrollarán. Los cambios procederán de muchas direcciones simultáneamente. Tal como se indica en una sección posterior de este trabajo, prácticamente todos los aspectos biológicos de la agricultura están sometidos a innovaciones biotecnológicas, y éstas se producen al mismo tiempo. En ningún momento de la historia de la agricultura se ha introducido tal proliferación de nuevas tecnologías en tan corto espacio de tiempo, todas ellas con posibilidades de ejercer un efecto substancial sobre la productividad. Tal acontecimiento ofrece pocas posibilidades para segmentar las áreas relativamente estrechas de la tecnología agrícola para un estudio individual.

II. FUENTES DE CAMBIOS EN LAS BIOCIENCIAS

Todos los cambios empiezan con relaciones técnicas alteradas en la agricultura y en las industrias conexas, ya se trate de cambios en la productividad o de mercancías o productos sustitutos. Las fuentes de cambio de las biotecnologías pueden agruparse en cuatro categorías principales: 1) manipulación y mejora genética de las plantas, 2) progresos en la cría de animales, 3) cultivos industriales de tejidos, y 4) microorganismos genéticamente dirigidos. Cada categoría comprende una serie de técnicas heterogéneas y cada una ejercerá efectos particulares basados en el componente del sistema de explotación al que vaya a afectar. Al-

gunas de estas técnicas serán económicas y socialmente más importantes que otras, unas a corto plazo, otras a largo plazo. La perspectiva general que sigue sólo proporciona un breve resumen del poder que la biotecnología tiene para transformar tanto la producción como la distribución de los productos agrícolas.

La mejora fitotécnica fue la clave de la Revolución Verde y todavía sigue siendo la disciplina más importante de la investigación agrícola. Sin embargo, en los últimos 10 años, las mayores posibilidades de los biólogos moleculares y celulares han proporcionado nuevas técnicas para manipular el material genético de las plantas. En potencia, la más impresionante de estas técnicas es aquella con aptitud para trasladar genes seleccionados de una especie a otra. Los investigadores intentan trasladar el complejo genético para la fijación de nitrógeno desde las leguminosas a los cereales. Sin embargo, esta investigación puede inicialmente tener mucho éxito al trasladar los rasgos característicos de los genes de una especie a otra. Estas técnicas de ingeniería genética están todavía en la fase de investigación y los productos útiles probablemente no estarán disponibles antes de 1990.

Otras técnicas menos complicadas para la mejora de las plantas, mediante la utilización del cultivo de tejidos, ya se están empleando tanto en los países desarrollados como en los que se hallan en vías de desarrollo (Sondahle, 1984). Las técnicas en las que se emplea el cultivo de tejidos van desde el cultivo de microcortes de patatas en un medio líquido hasta la fusión de protoplastos que implica la unión de dos células para conseguir una mezcla genética más completa que la que se obtiene por los medios sexuales tradicionales. Utilizando la fusión de protoplastos se ha cultivado un «pomate» que tiene las raíces de la planta del tomate y el tallo y las hojas de una planta de patata. Las patatas, las yucas, las orquídeas y otras plantas diversas se han cultivado comercialmente utilizando cultivo de tejidos. En Corea, el Instituto Internacional del Arroz está actualmente probando en el campo una variedad de arroz de gran rendimiento, resistente al frío, que fue desarrollada utilizando otro cultivo. No cabe ninguna duda de que el cultivo de tejidos acelerará la difusión de las variedades de alto rendimiento en áreas que antes estaban fuera de su gama de cultivos debido a limitaciones del medio ambiente. Estas nuevas técnicas de propagación de las plantas, como las que apuntalaron la Revolución Verde, proporcionan el estímulo para nuevas medidas y planes sociales, políticos y económicos.

La aplicación de la biotecnología a la cría de animales está ya contribuyendo de un modo importante al aumento de la productividad del ganado. La ingeniería genética ha proporcionado a los investigadores nuevas herramientas para desarrollar vacunas contra las enfermedades de los animales, muchas de las cuales eran endémicas en los países en vías de desarrollo. Los investigadores de dos compañías de los Estados Unidos están a punto de producir una vacuna, microbianamente producida, para combatir la fiebre aftosa. Otros investigadores han desarrollado hormonas para el crecimiento animal, microbianamente producidas, e interferón bovino con la esperanza de que aumente la eficacia de la producción animal. Los agricultores pueden ahora producir hormonalmente vacas de élite para que superovulen y una vez extraídos manualmente estos embriones, transferirlos a las madres subrogadas. Mediante operaciones comerciales puede determinarse el sexo y congelar los embriones extraídos, transferirlos a cualquier lugar del mundo, descongelarlos e implantarlos en las madres subrogadas. Las posibilidades de mejorar espectacularmente la calidad del ganado vacuno en los países en vías de desarrollo son considerables.

El cultivo industrial de tejidos, manteniendo células vegetales o animales vivas en un medio con elementos nutritivos, hace posible que los científicos seleccionen una célula vegetal que genere un producto químico deseable, cultiven la célula *in vitro* y cosechen células. Se trata de un proceso caro, pero cualquier producto químico para las plantas que cueste más de 600 dólares por kilogramo corre el riesgo de ser desplazado por el cultivo industrial de tejidos. El primer producto químico vegetal procedente de cultivo de tejidos fue el shikonin, una hierba medicinal asiática desarrollada por una empresa japonesa, y que otra empresa diferente ya lo está utilizando como agente colorante en cosmética. La berberine (2), producida por cultivos de tejidos, se introducirá en breve en el mercado de Alemania. El desplazamiento de los productos químicos vegetales producidos agrícolamente por sustitutos idénticos producidos mediante biotecnología industrial puede tener unas consecuencias substanciales sobre las economías regionales (Kenney, en curso de publicación).

La última área en la que la biotecnología influirá en la agricultura es la relativa al uso de microorganismos para desarrollar

(2) «Berberine», nombre que aparece en el original inglés y que no aparece en ninguno de los diccionarios (generales y técnicos, inglés-español, inglés-inglés) consultados. (N. del R.)

productos que desplazarán bienes agrícolas. El éxito de comercialización de la fructosa como edulcorante para sustituir el azúcar, obtenida mediante el uso de enzimas inmovilizados, es en muchos aspectos el ejemplo primordial del potencial existente para que se produzca un efecto significativo sobre los actuales sistemas de producción agrícola partiendo de la biotecnología industrial. La U.R.S.S. está intentando, con microorganismos genéticamente producidos, convertir con más eficacia el metanol en proteínas unicelulares. Si la investigación tiene éxito, la U.R.S.S. será autosuficiente en proteínas para alimentación del ganado (O.T.A., 1981). Esto tendría graves consecuencias para los exportadores de proteínas vegetales tales como Senegal, Brasil, Argentina y los Estados Unidos. Al mismo tiempo, si se consiguieran microorganismos productores de etanol más eficaces, los países en vías de desarrollo estarían también capacitados para «cultivar sus propios "piensos"».

La complejidad de la investigación y desarrollo biocientíficos crea muchas dificultades a los científicos sociales que intentan prever el futuro de la biotecnología. Muchos de los principales esfuerzos realizados en biotecnología siguen en la fase de investigación básica. Una parte cada vez mayor de los nuevos progresos se hallan en los laboratorios industriales ocultos bajo el pretexto de la información patentada (Kenney, en curso de publicación). La variada naturaleza de las biotecnologías hace inevitable que muchas de estas tecnologías compitan entre sí. Aunque una serie de empresas está preparándose para producir microbianamente hormonas del crecimiento del vacuno para el ganado lechero, otros científicos intentan preparar genéticamente ganado vacuno que produzca internamente más hormonas de crecimiento. Tal carencia de estabilidad en el estado actual de la tecnología de las biotecnologías previstas proporciona innumerables obstáculos para los estudios de evaluación realista de la tecnología.

III. RETOS AL ESTUDIO SOBRE LOS EFECTOS DE LA BIOTECNOLOGIA

En las líneas siguientes se supone que las evaluaciones tecnológicas de los efectos de la biotecnología se realizan para proporcionar, a las personas que adoptan decisiones y deciden la política, información beneficiosa para sus respectivas actividades. Esta

suposición específica que la información requerida, y no las construcciones teóricas de la economía y la sociología, es la fuerza impulsora determinante del propósito y realización de los estudios sobre los efectos de la biotecnología. Como tales, los parámetros de la información requerida han de especificarse primero, y solamente entonces determinarse las dimensiones del modelo de estudio, la adquisición de datos y las metodologías analíticas. Lo segundo será variado tanto en el proyecto como en el grado de precisión de la medición, según sea necesario para proporcionar la información requerida. Esto es contrario al enfoque usual de los estudios de economía agrícola y sociología rural. Normalmente, la información que ha de resultar de un estudio raramente se determina con algún grado de finalidad hasta después de haberse establecido la disponibilidad de los datos y haberse satisfecho las necesidades de precisión analítica. Invertir rigurosamente estos papeles puede ser el más difícil de los retos, especialmente para los investigadores académicos. Sin embargo, la respuesta adecuada y rápida a los efectos previstos de las implantaciones de la biotecnología serán demasiado importantes para no proporcionar la mejor información posible, claramente orientada a las necesidades de los que adoptan las decisiones y determinan las políticas.

Existen tres factores tradicionales, relacionados con las perspectivas acerca de los estudios de evaluación de las tecnologías, que precisan ser cuidadosamente considerados. Los tres ejercen un efecto importante sobre el modo de abordar el desarrollo de modelos, la adquisición de datos y la selección de métodos analíticos. El primero de ellos es la necesidad de orientar la propia perspectiva hacia el hecho de que tanto los que adoptan las decisiones como los que determinan la política, tendrán que anticiparse en lugar de reaccionar o responder a los efectos previstos de la biotecnología. Tanto la velocidad como el grado de penetración con que se producen los efectos, así como la escala de los mismos, no permitirá esperar a que se produzcan los efectos antes de que se realicen los estudios y se adopten las medidas necesarias. Nuestros estudios habrán de caracterizarse por un mayor hincapié en la previsión (¡no en la proyección!), en lugar de la medición.

Un segundo reto a las perspectivas acerca de los estudios sobre los efectos de la biotecnología serán las actitudes acerca del cambio en sí. Los efectos previstos que surjan de la introducción de nuevas biotecnologías no deberán considerarse positivos ni negativos. Lo que deberá ser objeto de preocupación es cómo cam-

biarán los sistemas económicos y sociales como consecuencia de la adopción de una biotecnología determinada. Luego, cómo las unidades y componentes de dicho sistema cambian o se adaptan a los cambios del sistema. Será indispensable mantener una sincera neutralidad respecto a la perspectiva para preservar la objetividad del estudio al hacer frente a la complejidad de los temas y los resultados que se presentan en los estudios de los efectos de la biotecnología. Los cambios resultantes de la biotecnología serán tan penetrantes que el *statu quo* no puede considerarse como una base pertinente para la comparación.

El tercer factor relacionado con la perspectiva es la necesidad de darse cuenta de que el tema que se estudia es inherentemente multidisciplinario. Por consiguiente, los estudios de los efectos de la biotecnología deben reflejar esta característica en su propósito y en su realización. La implicación multidisciplinaria debe empezar con la conceptualización del problema, reflejarse en el diseño del modelo de estudio y estar presente en los procedimientos de adquisición de datos así como en el análisis. Habrá pocas biotecnologías que permitan un enfoque de disciplina única para las evaluaciones con algún grado de utilidad en la información elaborada.

Con lo que antecede, no pretendemos sugerir que deben abandonarse los existentes métodos de evaluación de las tecnologías. Los métodos existentes seguirán siendo todavía útiles y necesarios para los estudios futuros como lo fueron en el pasado. El punto de vista, en este caso, es el de que debe haber algunas ampliaciones analíticas a estas metodologías con el fin de generar la clase de información que van a necesitar los que adoptan las decisiones y determinan las políticas.

Para la mayoría de los estudios sobre los efectos de la biotecnología, el diseño del modelo necesitará convertirse en una actividad más explícita del estudio total. Es común en economía y sociología aceptar una única clase de teoría económica o sociológica como un concepto operativo lógico dado y luego construir los datos y métodos de análisis basados en estas suposiciones. Incluso para los estudios sobre las biotecnologías que tienen una aplicación relativamente específica, el modelo necesitará ser más explícito, de mayor dimensión y más complicado. El diseño del modelo habrá de reflejar los insumos disciplinarios de los biocientíficos, teóricos institucionales u organizacionales y quizá el componente comercial, así como el de los economistas y sociólogos. Esto sugiere más bien un enfoque de sistemas libres de disciplinas o de

análisis de sistemas para el diseño de la estructura global del modelo como puente para la participación multidisciplinaria. Aunque los estudios correctamente proyectados permitirán todavía el análisis de los problemas individuales dentro de una única disciplina, el elemento esencial del análisis es una notable reducción del número de condiciones supuestas por la estructura global del estudio. Esta última cuestión es un error esencial que ha de evitarse al estudiar los efectos de la biotecnología.

Aceptando el objetivo anticipado en los estudios sobre el efecto de la biotecnología y la preeminencia de las necesidades de información, un problema importante que surge es el de que se carece totalmente de bases de datos o, en el mejor de los casos, son insuficientes. Básicamente nos enfrentamos con una situación en la que no solamente los efectos existen en el futuro sino que también ocurre lo mismo con los datos necesarios para determinar los efectos probables. Además, al efectuarse una buena parte de la investigación biotecnológica ocultando parte de la información a causa de las patentes, datos que efectivamente existen no podrán estar disponibles para otros investigadores. Ambas situaciones exigen, especialmente de los científicos sociales, cierta reconsideración significativa acerca de sus técnicas de adquisición de datos. No es posible tener absoluta confianza en los datos secundarios. Incluso las técnicas presupuestarias están limitadas en su aplicación. También debe ser reconsiderado el concepto de precisión en la medición de los datos, así como su papel actualmente preeminente en el diseño de los estudios. Se sugiere que quizá sea necesario tener una mayor confianza en las fuentes subjetivas de datos.

En conclusión, afirmamos que los retos que se ofrecen a los científicos sociales que intervienen en los estudios de valuación de los efectos de la biotecnología son substanciales. La naturaleza del ambiente dentro del cual se desarrollan las biotecnologías es distinta de la que comúnmente se entiende y, desde luego, diferente de la de las tecnologías agrícolas experimentadas en el pasado. La naturaleza de los efectos resultantes será más penetrante, más compleja y se producirá a un ritmo más rápido que lo previamente experimentado. La costumbre de realizar ajustes de administración y de políticas *después* de haberse producido el efecto y de que sus consecuencias resulten claramente visibles en el mercado, o para el público en general, dará por resultado unas pérdidas económicas y sociales muy grandes. El papel de los científicos sociales y el reto al que se enfrentan, lo mismo que ha ocurrido en el

pasado, consiste en proporcionar la información que ayude a prever estos cambios y efectos y sus costos económicos y sociales. Actualmente, la circunstancia diferenciadora es que la tarea de proporcionar información verdaderamente útil exigirá una reconsideración importante por parte de los científicos sociales de cómo emprender la realización de sus estudios.

Es indudable que el mayor reto estará en la modificación del modo en que conceptualizamos el problema global y formulamos nuestras estructuras analíticas. La información requerida por los que adoptan decisiones y determinan la política debe convertirse en la fuerza principal del diseño de los estudios. La esperada desarticulación de los efectos indica la necesidad de volver a examinar las técnicas tradicionales de adquisición de datos y de análisis de los mismos. Más que nunca necesitaremos considerar la inclusión de las metodologías utilizadas en otras disciplinas. Al mismo tiempo, debemos desarrollar teorías que prevean mejor las trayectorias generales del cambio tecnológico, económico y social que general las circunstancias peculiares creadas por las biotecnologías. Finalmente, es muy urgente que los científicos sociales empiecen a examinar estas cuestiones. Hay una serie de problemas, metodológicos en particular, que han de resolverse antes de que los científicos sociales puedan esperar proporcionar un foco constante de información útil a los que gestionan y determinan las políticas.

BIBLIOGRAFIA

- BUTTEL, FREDERICK; KENNEY, MARTIN y KLOPPENBURG, JACK (Jr.): «From Green Revolution to Biorevolution: Some Observations on the Changing Technological Bases of Economic Transformation in the Third World». *Economic Development and Cultural Change*, (forthcoming).
- HAYAMI, YUJIRO y RUTTAN, VERNON W.: *Agricultural Development: An International Perspective*. The John Hopkins Press. Baltimore, 1971.
- KENNEY, MARTIN: «Biotechnology and Third World Farming Systems». Symposium on Science and Technology as Factors of Change. Unesco. Paris, 1984.
- KENNEY, MARTIN y BUTTEL, FREDERICK H.: «Biotechnology: Prospects and Dilemmas for Third World Development». *Development and Change*. Janvier 1985.
- KENNEY, MARTIN: *High Tech Biology: Corporate Influence on American Universities*. Yale University Press. New Haven, (forthcoming).
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL: *Priorities in Biotechnology Research for International Development*. National Academy Press. Washington, 1982.
-

- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES: *Genetic Engineering of Plants*. National Academy Press. Washington, D. C., 1984.
- OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT: *Impacts of Applied Genetics*. U. S. Congress. U. S. Government Printing Office. Washington, 1981.
- SONDAHL, MARO R.; SHARP, M. R. y EVANS, DAVID: «Biotechnology for Agriculture of Third World Countries». *Atlas Bulletin*, 1984.
- SWAMINATHAN, M. S.: «Biotechnology Research and Third World Agriculture». *Science*, Vol. 218, 3 dec. 1982.