
*Lawrence Busch, Alessandro Bonanno
y William B. Lacy (*)*

Ciencia, tecnología y reestructuración de la agricultura

I. INTRODUCCION

El carácter del cambio técnico ha sido objeto de estudio tanto en la literatura clásica como en la moderna. Una posición dominante ha sido la que apoya la neutralidad de la investigación tecnológica y sus resultados. Esta postura ha sido predominante en las sociedades occidentales, y constituye la suposición fundamental en que se ha basado el desarrollo de las instituciones científicas. Teorías recientes han puesto en duda esta interpretación para revelar la naturaleza negociada y política de la empresa científica. El cambio técnico en la agricultura también ha experimentado esa reconceptualización. Este proceso se ha producido en un período en el que se ha desarrollado una vía nueva y potencialmente revolucionaria de investigación. La biotecnología ha abierto caminos para cambios técnicos que eran utópicos hasta hace unas décadas. Aunque a muchos de los objetivos de las investigaciones biotecnológicas les quedan años para la aplicación comercial, ya puede identificarse parte de su impacto potencial. En las páginas que siguen se comenta un intento de enmarcar el carácter del cambio técnico agrícola en un contexto socio-histórico. El objetivo final de este artículo es señalar posibles alternativas para el

(*) Universidad de Kentucky, Universidad de Missouri-Columbia y Universidad de Kentucky, respectivamente.

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

establecimiento de un proceso emancipador en la creación y aplicación de innovaciones técnicas.

Este informe se divide en cuatro secciones. En la primera se pasa revista al debate sobre el cambio técnico. En las secciones segunda y tercera se presentan casos de cambio técnico en la agricultura y ganadería. El primero de ellos está relacionado con las innovaciones introducidas en la industria del transporte de vacuno al final del siglo pasado en Estados Unidos. Este caso indica el carácter social del cambio técnico, es decir, su dependencia de los acuerdos sociales dominantes. Tal postura no debe interpretarse como respaldo de un determinismo tecnológico, antes al contrario: son el conflicto entre los grupos y las interacciones entre los agentes los responsables del resultado del proceso de creación y de la introducción de nueva tecnología. El otro caso implica la discusión del desarrollo y la situación actual de la investigación biotecnológica en agricultura. Se estudian su carácter, sus límites y, sobre todo, sus consecuencias potenciales. La pertinencia de este caso estriba en la ilustración de los diferentes resultados que el cambio tecnológico puede tener para distintos segmentos de la sociedad, tanto desde el punto de vista nacional como internacional. El capítulo final estudia alternativas para la democratización del desarrollo y la introducción de nuevas tecnologías. Se afirma que para lograr tal objetivo son necesarios tres elementos: a) el examen de la dirección de la investigación científica; b) la participación popular; y c) un cambio del papel desempeñado por la comunidad científica.

II. TEORIAS SOBRE EL CAMBIO TECNICO

Las economías clásica y neoclásica han prestado poca atención al problema de la innovación técnica. Para la mayoría de los economistas clásicos y neoclásicos, el cambio técnico se produce fundamentalmente en respuesta a la demanda del consumidor. Dicho de otro modo, los productores reciben de los consumidores señales que indican su deseo de mejores productos. Estas señales pueden adoptar la forma de reducción de la demanda de una

mercancía (una señal de mercado) o de interacción directa con el productor en la que el consumidor le informa de la mejora que desearía (una señal no de mercado). Esta perspectiva supone que la mayor parte del valor añadido procede de los tres factores de producción —tierra, trabajo y capital—, y que el cambio técnico no es una fuente apreciable de crecimiento económico general o de aumento de los beneficios. De hecho, hasta tal punto es así que en los estudios iniciales de la contribución de la investigación y desarrollo (I+D) al aumento de la productividad se suponía que la I+D era la parte residual que quedaba después de tener en cuenta los efectos de la tierra, el trabajo y el capital (p. ej., Solow, 1957). Los estudios de Karl Marx ofrecieron una alternativa al enfoque clásico de los economistas. Marx sostenía que el cambio técnico se convirtió en un rasgo fundamental de la sociedad por la misma época en que el mercado (muy competitivo, de estilo capitalista) se convirtió en el rasgo fundamental de la actividad económica, es decir, en torno al siglo XVII. Una vez que el mercado fue institucionalizado, los productores se encontraron en una posición de constante e implacable competencia. Según Marx, la competencia tenía por efecto una reducción constante de los precios, de forma que, finalmente, un productor dado ya no podía ganarse la vida. En este punto, el productor tenía que hacer una elección: o retirarse totalmente del mercado, o idear medidas para reducir costes de producción. Los que se retiraban los primeros podían emplear su capital en otra parte; los que esperaban demasiado se verían abocados a la quiebra. Quienes deseaban mantener la actividad tenían que cambiar el modo de producción de forma que, para la misma cantidad de capital, pudieran producir más. El camino preferido para este último objetivo, sin duda el más deseable, era buscar nueva tecnología que redujese los costes de producción. Marx daba un ejemplo sencillo de un fabricante de lencería que había empleado tecnología para reducir el tiempo de trabajo a la mitad: «Podía seguir vendiendo media yarda de lienzo al precio antiguo de mercado; sin embargo, de este modo no conseguía desplazar a sus oponentes del campo ni aumentar sus propias ventas. Pero en la misma medida en que su producción se ha ampliado, también ha aumentado su necesidad de vender. Los medios más potentes y costosos de producción que

ha creado le permiten, de hecho, vender sus artículos a menor precio, pero se ve obligado al mismo tiempo a vender más artículos, a conquistar un mercado mucho mayor para sus productos; por tanto, nuestro capitalista venderá su media yarda de lienzo más barata que sus competidores. Sin embargo, el capitalista no venderá una yarda completa tan barata como sus competidores venden media yarda, aunque su producción no le cueste más de lo que la media yarda les cuesta a los otros; así, no obtendría una ganancia extra, solamente recuperaría el coste de producción por el intercambio... Además, alcanza el objetivo que desea alcanzar si pone el precio de su mercancía sólo un pequeño porcentaje por debajo del de sus competidores. Los desplaza del campo, les arrebató al menos parte de sus ventas al vender a un precio más bajo que ellos (1977: 263-64)». En pocas palabras, al adoptar la nueva tecnología, no sólo se podían aumentar los beneficios propios, sino también aumentar el tamaño de la cuota de mercado a expensas de los competidores. Economistas clásicos como Adam Smith y Ricardo, han descrito interpretaciones similares del efecto de la competencia. Sin embargo, aunque están de acuerdo con Marx en la interpretación del funcionamiento de un mercado competitivo, discrepan con él sobre sus consecuencias sociales. Como es bien sabido con respecto a Smith y Ricardo, la competencia en el mercado genera la mejor asignación de los recursos disponibles y beneficia a la sociedad. Para Marx, la competencia es una fuente de explotación.

Hace algunos años, los economistas agrícolas norteamericanos desarrollaron el enfoque de la «noria de la tecnología» ante la innovación (Cochrane, 1979), que sostiene que los agricultores, al operar en mercados muy competitivos, quedan atrapados en una noria de cambio técnico. En otras palabras, para poder enfrentarse a la tecnología reductora de costes adoptada por sus vecinos, el agricultor también debe adoptarla. Puesto que hay un continuo flujo de nuevas tecnologías en el sector, la metáfora de la noria es apropiada. Según los que proponen este enfoque, los agricultores que no lo adopten, o lo adopten tarde, «se caen» de la noria. El beneficiario último, desde esta perspectiva, es el consumidor. Los beneficios llegan en forma de precios más bajos y mejores

productos. Sin embargo, aunque este modelo parece explicar por qué los agricultores adoptan las nuevas tecnologías, nos dice poco sobre por qué se desarrollan.

Recientemente, economistas agrícolas han desarrollado el modelo de «innovación inducida» en un intento de ampliar al modelo de la noria y explicar el cambio técnico. Los defensores de este modelo aducen que las innovaciones son provocadas por la escasez relativa de los tres factores de producción. Así, por ejemplo, si la mano de obra es escasa —la típica situación norteamericana, especialmente en el siglo XIX—, serán «inducidos» dispositivos de ahorro de mano de obra, es decir serán estimulados por la estructura del mercado. De hecho, si se considera la trayectoria del cambio técnico seguida por Estados Unidos y Japón durante el último siglo, se encuentran que apoyan sólidamente este modelo. Estados Unidos, con su tierra barata y su mano de obra cara, ha tendido hacia un aumento de la productividad por trabajador, mientras que Japón, con tierra escasa y mano de obra abundante, ha tendido a impulsar el aumento de la productividad por hectárea.

Los agroeconomistas que adoptan esta posición también han afirmado que las mismas fuerzas están presentes en situaciones fuera del mercado. Observan que en muchos países, incluidos Estados Unidos y Japón, la investigación agrícola es en gran parte competencia del estado. Dicho de otra manera, al contrario de la situación existente en la industria, donde la mayor parte de la I+D la realiza el sector privado, señalan que casi toda la I+D agrícola la lleva a cabo el sector público. Esto sucede porque hay pocos incentivos para que un productor individual emprenda investigaciones para las que hay poca probabilidad de obtener compensaciones a la inversión, es decir, de obtener un beneficio. Por ejemplo, no es probable que ningún agricultor haga una inversión importante en el desarrollo de nuevas prácticas de gestión, pues todos los vecinos las adoptarían rápidamente, lo que eliminaría cualquier beneficio adicional que pudiera derivarse. Por el contrario, un granjero podría invertir en la mejora de una herramienta de su granja, puesto que el sistema de patentes le garantizaría un importante beneficio de la inversión.

Los defensores del modelo de la innovación inducida aducen que en los casos en que hay beneficios insuficientes para estimular un cambio técnico auspiciado por el capital privado, los receptores potenciales de las ventajas de tal cambio pueden unirse para recabar apoyo del gobierno. Puesto que el aumento de los impuestos pagados por cualquier agricultor para apoyar tal investigación sería despreciable, la investigación agrícola respaldada por el estado resulta una inversión muy atractiva. Además, según el modelo de innovación inducida, incluso la investigación pública tiende a conservar los factores de producción más escasos —por medio del propio proceso político. En otras palabras, los agricultores informan de sus demandas a los legisladores y científicos, quienes a su vez dirigen la investigación hacia la conservación de los factores más escasos de la producción. Así, incluso sin el beneficio de un mercado, el proceso político conduce a resultados similares. Además, al igual que los partidarios del modelo de la noria, los defensores del modelo de la innovación inducida afirman que el beneficiario último es el consumidor.

Los que critican esta opinión, por el contrario, arguyen que no todas las sociedades son democráticas, y que en las no democráticas hay pocos mecanismos, o ninguno, para asegurar que las políticas de investigación o cualquier otra política serán congruentes con las necesidades de los agricultores.

Además afirman que lo que ciertos grupos consideran beneficioso, otros pueden juzgarlo perjudicial para sus intereses: por consiguiente, la dirección tomada por el cambio técnico puede ser más una cuestión de economía política que de innovación inducida. Finalmente, señalan que la estructura misma de un mercado es una decisión política. El modo en que se cumplen los contratos, la naturaleza y los límites de las leyes sobre patentes, el modelo de reglamentación gubernamental, son resultado de decisiones políticas —es decir, no de mercado—. Por tanto, no están sujetos a las reglas que limitan las acciones en un mercado, sino a las reglas muy diferentes y variables de la esfera política. Para estos críticos, muchos de los cuales se consideran a sí mismos economistas políticos, la elección de tecnología o de una vía técnica más amplia supone optar por la utilización de nuevas

tecnologías, leyes de patentes, reglamentos y actividades conexas como medio para reestructurar mercados de la manera deseada por los agentes dominantes. Argumentarían, por ejemplo, que una nueva tecnología se desarrolla a menudo como un medio de restringir la entrada en un mercado determinado, o de reducir la necesidad de mano de obra «recalcitrante». De forma similar, ellos argumentarían que la ley de protección de variedades de plantas estadounidenses (Plant Variety Protection Act, VPA), que concedía una protección similar a la de las patentes a las nuevas variedades de semillas, fue aprobada en el Congreso como un medio para aumentar el poder de mercado de las empresas fabricantes de semillas. Esto, a su vez, provocó una oleada de adquisiciones de empresas de semillas por compañías químicas que, al menos en principio, podrían producir ahora combinaciones de semillas-productos químicos para su venta a los agricultores.

Partidarios de la escuela determinista tecnológica han propuesto una conexión más intensa entre el poder económico y el cambio técnico. Los defensores de esta escuela, basándose en las lecturas estructurales de Marx, relacionan el cambio técnico con las tendencias del capitalismo. Se aduce que la estructura económica determina el cambio técnico a pesar de los esfuerzos en contra. El cambio técnico se convierte en fiel reflejo de las relaciones sociales establecidas y es automáticamente explotador.

Los sociólogos han adoptado un enfoque algo diferente de la cuestión. Han centrado su interés en la difusión de las innovaciones agrícolas entre los agricultores, y señalado que los que las adoptan en una fase temprana tienden a ser los agricultores mejor instruidos, con mayor capital y más cosmopolitas. Por el contrario, los que tardan en adoptarlas, llamados a menudo rezagados, se caracterizan por su falta de instrucción y capital, así como por la estrechez de miras. Los sociólogos también han observado que la tasa acumulativa de adopción siempre sigue una curva en forma de «S», con unos pocos agricultores que adoptan una innovación inicialmente, un gran número después de los pocos iniciales, un pequeño número que sólo la adoptan cuando lo ha hecho ya la mayoría y, finalmente, unos pocos que no la adoptan nunca. Si se combinan las percepciones de los sociólogos con las de los

economistas, resulta evidente que los adelantados de la adopción son capaces de aprovechar el aumento de la eficacia que adquieren para aumentar sus beneficios a corto plazo y elevar su cuota de mercado antes de que sus competidores adopten también la nueva tecnología. Por el contrario, los rezagados se ven forzados a adoptarla simplemente para no perder posiciones.

Las distintas teorías ilustradas en esta sección iban encaminadas a la identificación del carácter del cambio técnico. Es pertinente, pues, presentar dos casos que contienen elementos interesantes para continuar la discusión y que se utilizarán como ejemplos para el análisis que les sigue.

III. CASOS DE CAMBIO TECNICO AGRICOLA

Los vagones de ferrocarril de Swift

En los primeros años de la década de 1880, la mayoría de la carne de vacuno consumida en la ciudad de Nueva York era transportada en vivo por ferrocarril desde Chicago. La competencia entre los distintos mataderos era intensa. El propietario de uno de ellos, Gustavus Franklin Swift, se dio cuenta de que podían reducirse sustancialmente los costes si se sacrificaba el ganado en Chicago y se enviaba la carne bajo refrigeración a Nueva York. Tales reducciones de coste permitirían a Swift (como así sucedió) captar una mayor cuota del mercado.

Swift decidió que la mejor solución del problema sería el diseño de un vagón de ferrocarril refrigerado en el que el hielo mantendría la carne fría. Además, desarrolló un sistema de raíl elevado en el que se podían colgar en el matadero medias canales de reses evisceradas que se transferían al vagón de ferrocarril y se trasladaban de nuevo a un almacén refrigerado en Nueva York sin necesidad de transportarlos físicamente. Swift patentó su sistema y se puso a buscar una compañía ferroviaria que construyera los vagones y aceptara su nuevo negocio.

Las compañías ferroviarias resultaron ser el primer foco de

resistencia. No querían su negocio de reses evisceradas. Querían seguir transportando ganado, que les proporcionaba alrededor del doble de tonelaje. La idea básica de sacrificar las reses en Chicago y transportar la carne hacia el este era para evitar tener que pagar fletes de las porciones no comestibles del ganado y evitar su pérdida de peso debido a las fatigas del viaje (Swift, 1927: 183).

Finalmente, Swift encontró que el Grand Trunk, una línea canadiense que no transportaba ganado, se mostraba dispuesta a hacerse cargo de su carne de vacuno. Las reses evisceradas reducían el peso total transportado en un 50 %. Además, como las compañías ferroviarias tenían inversiones en los mataderos, las vacas evisceradas también suponían una amenaza para ellos en ese aspecto. El 20 de junio de 1883, el *New York Times* informaba que las compañías ferroviarias permitían solamente la entrada de 15-20 vagones cargados en los almacenes de Nueva York (p. 8). Únicamente con la aprobación de la ley de comercio interestatal (*Interstate Commerce Act*) de 1887, y bajo pena de sanción estatal, las demás compañías ferroviarias accedieron a aceptar su carne de vacuno.

La construcción de los vagones también supuso un problema. La tecnología estaba prácticamente inédita, y el mismo Swift no disponía de fondos necesarios para financiar su construcción. Finalmente, Swift propuso el entonces novedoso sistema de pagar los vagones con los futuros beneficios. La *Michigan Car Company* aceptó la propuesta y construyó sus primeros vagones.

Tan pronto como Swift comenzó su nuevo negocio de carne de vacuno, otro embalador lo llevó a los tribunales. El motivo de la demanda consistía en que los vagones de Swift violaban patentes obtenidas por el otro embalador, Hammond. El tribunal dictó un interdicto contra Swift. Swift encontró a alguien que pagara la fianza y el interdicto fue levantado. Más tarde, el tribunal resolvió que no se había infringido ninguna patente. En el plazo de dos años, Swift tenía más de cien vagones en funcionamiento (Swift, 1927: 190). *Harpers Weekly* (1882: 663) señalaba que el precio de la carne de vacuno bajó 3-4 dólares por quintal tan pronto como Swift empezó sus transportes. Swift vendía al por

menor su carne de vacuno a 6-7 1/2 centavos la libra, 4 centavos menos que sus competidores (New York Times, 10 oct. 1882: 8). Además, Swift podía beneficiarse de los mejores precios de las pieles y del sebo en Chicago (New York Times, 13 oct. 1882: 4).

Las consecuencias de su invención no pasaron inadvertidas ni siquiera a sus contemporáneos. El New York Times comentaba: «Se acepta como hecho inevitable que va a producirse un cambio en el transporte de ganado hacia el este. El gran número de hombres que perderán su empleo, y la pérdida del capital invertido años atrás en el sector son temas que preocupan seriamente a todos los proveedores de ganado» (11 oct. 1882: 5).

Este cambio de ganado en vivo a carne, sin embargo, no benefició al consumidor por mucho tiempo. En 1886, el Times observaba que «los fletes en general han bajado, se han adoptado mejores métodos para transportar carne de vacuno desde el oeste a los mercados del este, y el precio pagado a los ganaderos por las reses ha disminuido año tras año, pero el consumidor del este no obtiene el beneficio de estas reducciones y cambio de condiciones» (29 nov. 1886: 4). En 1888 se pidió al Senado una investigación del negocio de la carne de vacuno despiezada. Un testigo en una audiencia declaró que «con la excepción de una o dos ciudades del este, toda la carne de vacuno vendida es de reses evisceradas» (New York Times, 23 nov. 1888: 2).

Un aspecto final de la invención de Swift fue que él tuvo que adquirir derechos de recolección de hielo en el norte de Illinois y en el sur de Wisconsin, y construir casetas para conservar el hielo a lo largo de los terrenos de la vía férrea hacia Nueva York.

Consideremos ahora las consecuencias de este cambio técnico relativamente sencillo que Swift introdujo. Gracias al vagón refrigerado, Swift pudo ofrecer un precio de carne de vacuno en Nueva York que fue, al menos al principio, notablemente inferior al de sus competidores. Esto tuvo el efecto de 1) aumentar la cuota de mercado de Swift a expensas de sus competidores, 2) aumentar el número de carniceros en la factoría de Swift en Chicago mientras que se reducía el número en Nueva York, 3) (probablemente) aumentar la demanda de carne de vacuno en Nueva York

y 4) reducir el precio pagado a los ganaderos cuando Swift empezó a dominar el mercado. (Esto, a su vez, puede haber reducido la demanda de sustitutivos de carne de vacuno —cerdo, cordero, etc.— al mismo tiempo).

Nótese que el primer efecto fue interno; afectó a las negociaciones entre los competidores de Swift y los compradores mayoristas de carne de vacuno de Nueva York. Los efectos segundo y tercero, sin embargo, fueron sobre personas que no eran ni siquiera partes interesadas en el mercado en el que Swift operaba. Para los carniceros, el cambio técnico de Swift supuso una coacción, ya que se veían forzados a dejar su profesión. Para el consumidor (y el industrial que paga salarios), la invención de Swift fue inicialmente un regalo, reducción no solicitada del precio de la carne de vaca. Finalmente, los ganaderos también experimentaron la invención de Swift como una coacción, pues se vieron forzados a vender sus reses a precios cada vez más bajos.

Sin embargo, estos agentes son sólo los interesados en la mercancía que Swift comercializaba: carne de vacuno. Otros agentes también se vieron afectados por el cambio técnico. La Michigan Car Company hizo un rápido negocio vendiendo vagones refrigerados y, sin duda, contrató a nuevos trabajadores para construir los vagones. Los propietarios de lagos y charcas en Illinois y Wisconsin experimentaron súbitamente una nueva demanda del hielo creado por la naturaleza en el invierno. El hielo, antaño una simple parte del paisaje de invierno, se convirtió en una mercancía que se compraba, vendía y consumía. Los ferrocarriles, a su vez, experimentaron una inmediata reducción del tonelaje transportado y, quizás, menores beneficios.

Por último, debemos señalar que el Estado intervino para crear el nuevo mercado para Swift. En contraste, los carniceros y ganaderos no lograron que el Estado actuase en su defensa. El pleito de la patente fue sentenciado a favor de Swift. Las compañías ferroviarias fueron obligadas por la ley de comercio interestatal a transportar la carne de Swift. Tampoco aquí actuó el Estado de forma autónoma. El mismo Swift testificó en las audiencias que condujeron a la Ley, que «hay maldad» en el negocio del ferrocarril (Senado de EE.UU., 1885: 646).

Las nuevas biotecnologías

Nuestro segundo caso no implica ningún cambio técnico específico, sino el conjunto de los cambios inherentes a las biotecnologías de las nuevas plantas. Además, no se centra en ninguna investigación concreta, sino en el conjunto de investigaciones que se están empleando para la mejora de las plantas. Por tanto, no ofrece el detalle del análisis de Swift; por otro lado, proporciona una pincelada mucho más amplia que en el caso anterior.

Hasta hace muy poco, la biología de las plantas rara vez ha descendido por debajo del nivel de órgano o parte de la planta. Ello se debía en parte a los escasos medios de financiación, pero también a las mayores dificultades de trabajar con células vegetales y al acusado carácter de ciencia aplicada que se ha concedido a las ciencias de las plantas. El cultivo convencional de las plantas —al que nos referiremos como antiguas biotecnologías— ha progresado con la ayuda de la genética mendeliana, pero con una fuerte y necesaria dosis de empirismo. Tiene cinco etapas básicas: 1) descubrir o crear una variedad genéticamente estable para los rasgos deseados; 2) seleccionar los individuos que mejor expresen esos rasgos; 3) incorporar los rasgos en un soporte agronómico deseable; 4) ensayar en una amplia gama de hábitat y en varias estaciones del año, y 5) lanzar la nueva variedad.

En la última década, sin embargo, ha sido posible aplicar técnicas desarrolladas para biología molecular a la mejora de las plantas. Las técnicas aplicadas pueden dividirse en dos amplias clases: cultivos y transferencia genética. El cultivo comprende la regeneración de plantas a partir de protoplastos (células vegetales sin pared celular), células simples o partes de plantas. Las ventajas de estas técnicas de cultivo sobre los métodos convencionales son: 1) Se puede cultivar un gran número de células diferentes, cada una de ellas una planta potencial, en una pequeña área. 2) El proceso de reproducción sexual puede evitarse más fácilmente, permitiendo el acceso a material genético inaccesible a través de la propagación de gametos y eliminando el plazo necesario para el cambio multigeneracional. 3) Es posible conseguir en muy poco

tiempo la selección en masa del material de la planta. Por ejemplo, puede añadirse una sustancia nociva al cultivo, de modo que sólo crezcan las células resistentes. Un problema que surge con estas técnicas es que lo que se expresa a nivel de la célula simple puede no expresarse en la planta entera. Además, sólo pueden seleccionarse con estas técnicas los rasgos para los cuales existe una analogía celular; los rasgos importantes, como la fortaleza de la raíz, la resistencia al encamado y otras características de la planta completa no se prestan a estos procedimientos de selección.

A diferencia de las técnicas de cultivo, las de transferencia genética operan a nivel celular, subcelular o molecular. La transferencia puede ser general o específica. La transferencia general implica la fusión de los protoplastos o la transferencia de corpúsculos específicos. La transferencia específica depende de las tecnologías del ADN recombinante. Se transfiere una unidad de información genética específica y se expresa en el huésped. Por ejemplo, se ha transferido y expresado el material genético que confiere tolerancia a los herbicidas en plantas de cultivo, lo que permite fumigar las malas hierbas sin dañar las cosechas. El amplio uso de esta técnica ofrece una precisión y un control que son sencillamente inasequibles con las técnicas de cultivos. En principio, los cultivadores podrían transferir exactamente los genes que deseen. La mayor limitación de las técnicas recombinantes es la falta de información sobre la localización y función de los genes de las plantas superiores. Además las técnicas más interesantes desde el punto de vista agronómico son multigenéticas; todavía no está claro cómo se expresan estos rasgos.

La mayoría de estas dificultades pasaron inadvertidas a los primeros defensores de la biología molecular de las plantas. Con frecuencia consideraban a las plantas «lo mismo que» los microorganismos. Como Chaleff explica: «Con el reconocimiento de las similitudes entre las células vegetales cultivadas y los microorganismos, nació la esperanza de que todas las extraordinarias proezas de la experimentación genética llevadas a cabo con microbios se realizarían pronto con plantas. Pero a causa de los muchos aspectos en que las células cultivadas de plantas difieren de los microbios, estas expectativas no se han cumplido hasta la

fecha» (1983: 679). En pocas palabras, los primeros defensores de la biología molecular de las plantas tomaron su propia metáfora literalmente: creían que la equivalencia metafórica «planta = microbio» era literalmente válida.

A pesar de esta confusión, la biología molecular de las plantas es una industria en expansión. Han invertido en ella grandes sumas de dinero varias autoridades públicas, las grandes firmas petroquímicas y farmacéuticas, y especialmente en Estados Unidos, donde las leyes son particularmente favorables, muchas pequeñas empresas que financian nuevas iniciativas. Además, como las empresas de capital riesgo sólo podían sobrevivir si atraían grandes sumas de capital, pronto se convirtieron en los mayores defensores de la metáfora. La «exageración en la publicidad» de sus folletos no sólo consiguió atraer capital; también convenció a muchos en el sector público de la validez de la metáfora.

Aunque no se han producido avances espectaculares, se ha hecho un considerable progreso en el desarrollo de plantas tolerantes al glifosato (un importante herbicida), lo que supone un enorme potencial comercial para las compañías implicadas. Por otra parte, muchas de las empresas de capital riesgo han quebrado, mientras que otras han sido compradas por gigantes petroquímicos o farmacéuticos. Sólo unas pocas han sido capaces de generar algún producto comercializable y, en consecuencia, de generar también capital adicional.

Nuestra historia no termina aquí, sin embargo. Mientras que las plantas completas son mucho más complicadas que los microorganismos y plantean muchos problemas a los biólogos moleculares, aún podría salvarse la metáfora si cambiara el enfoque de la investigación. En lugar de concentrarse en la mejora de las plantas en el campo, podrían tratarse las células vegetales como si fueran microorganismos. Las técnicas de desarrollo y fermentación de bacterias, ya bien conocidas por ciertos sectores de la industria de la alimentación (especialmente en la elaboración de queso y pan y la producción de alcohol), combinadas con las más recientes técnicas de cultivo de células, podrán usarse para

transformar la producción de ciertos productos agrícolas en procesos «industriales». En principio, cualquier mercancía que se consume en forma indiferenciada o muy elaborada puede producirse de esta manera. De forma similar, aunque con mayor dificultad, podrían emplearse técnicas de cultivo de tejidos para producir partes de plantas comestibles *in vitro*. En pocas palabras, la producción de células y tejidos. ¡Se cumpliría al fin el sueño de Lenin (1938) de la eliminación completa de la agricultura y su sustitución por la producción en factorías de proceso continuo!

Como es lógico, la transformación que acabamos de describir no es probable que tenga lugar en el próximo año, ni siquiera en la próxima década. De hecho, es difícil de decir qué trayectorias de investigación se desarrollarán y cuáles se abandonarán. Indudablemente, el modo en que se organicen los mercados para los productos alimenticios y sus procesos, los requisitos reglamentarios impuestos a la industria y el ámbito de las leyes de patentes tendrán un papel esencial para determinar cómo y cuánto se reorganiza el sistema alimentario. Sin embargo, se están sentando las bases científicas para el cambio. Considérese lo siguiente:

1. Ya se han reestructurado los mercados de ciertos productos tropicales. El azúcar, en otro tiempo una mercancía tropical muy importante, ha sido ya seriamente afectado por el desarrollo de edulcorantes del maíz y sustitutos del azúcar como el aspartame (Nutrisweet). No es probable que el mercado del azúcar se recupere de su estado actual de exceso de producción y depresión. Se han estimado que 8-10 millones de personas del Tercer Mundo han visto amenazado su sustento como consecuencia de ello (Van den Doel y Junne, 1986).

Un cambio similar ha tenido lugar con respecto a la producción de aceites comestibles; el aceite de maíz se ha convertido en un ingrediente importante de los alimentos preparados en países desarrollados. Además, las técnicas de preparación de alimentos se han modificado de manera que resulta posible la sustitución de los aceites en su preparación en función de los precios relativos del mercado. Es ahora corriente ver en Estados Unidos pan envasado en el que se indica que pueden utilizarse uno

o más de varios aceites en el proceso de fabricación. En términos económicos, ha aumentado la flexibilidad en el uso de aceites comestibles.

Uno de los primeros productos que sintió los efectos de la investigación del cultivo de tejidos fue la palma oleaginosa. La multinacional Unilever Corporation, propietaria de grandes plantaciones de palma en Malasia y otros países, se dio cuenta en los años 60 de la posibilidad del cultivo de tejidos de la palma (James, 1984). Al contrario que otras mercancías tropicales, se había hecho poco sobre el cultivo de palma de aceite; al mismo tiempo, había gran variedad de árboles. La investigación propiamente dicha fue llevada a cabo en Gran Bretaña en invernaderos. Se incrementó la producción de aceite de palma en un 30 % empleando técnicas de cultivo de tejidos para clonar árboles de alto rendimiento. Para 1984, se habían plantado 12.000 árboles mejorados. Además «los árboles más uniformes y bajos facilitan la mecanización de la recolección, lo que reduce los costes en mano de obra» (Van den Doel y Junne, 1986: 85). Dado que las necesidades de replantación anual ascienden a unos 30 millones de árboles, es probable que haya un mercado estable para los clones.

Además, como los productores de aceite de palma compiten ahora con los de otros aceites (coco, soja, oliva, semillas de algodón, etc.), el aumento de la producción de aceite de palma ha tenido el efecto de reducir la demanda de estos otros aceites. Los productores americanos de haba de soja se han dado cuenta de ello muy a su pesar. De forma parecida, en las Islas Filipinas, donde el 25 % de la población depende al menos parcialmente de la producción de coco, la producción y la exportación de aceite han disminuido de forma acusada en los últimos años. Aunque prácticamente no se pueden hacer estimaciones del desplazamiento de mano de obra, está claro que ha sido importante. A medida que más países adopten los clones de palma de mayor rendimiento, es también probable que los precios bajen hasta cerca de los costes de producción, o se sitúen por debajo de ellos.

Otra área de avance científico notable es la producción de lo que los tecnólogos de alimentos denominan «alimentos fabricados».

Estos alimentos fabricados (a menudo desarrollados a partir de haba de soja) «difieren de los alimentos convencionales en que sus componentes básicos —proteínas, grasas e hidratos de carbono— pueden proceder de muchas fuentes y combinarse, junto con los micronutrientes, sabores y colores necesarios, para formar un producto atractivo» (Stanley, 1986: 65). Tales alimentos pueden incluso no ser identificables por el consumidor en cuanto a su origen.

2. Por otra parte, se está trabajando actualmente para producir los componentes de sabor de fragancias, especias y agentes saborizantes costosos mediante cultivos de tejidos. Como Colin y Watts (1983: 731-2) indicaron: «Muchos de los compuestos se obtienen de plantas que no se cultivan a gran escala ni de forma controlada. Esta inestabilidad unida a las dificultades de clima, recolección y transporte, y a los posibles problemas políticos en el país de origen, conduce a menudo a fluctuaciones considerables del precio del compuesto. Con cada uno de estos compuestos hay interés en una fuente más estable y fácilmente controlada». Como señala un partidario de este enfoque, bien vale la pena el esfuerzo de investigación y desarrollo necesario para lograr la producción *in vitro* no sólo de productos bioquímicos especializados, sino, potencialmente, de alimentos, especias y artículos industriales» (Staba, 1985: 203). Se ha informado que varias corporaciones importantes y empresas de biotecnología emplean actualmente este método para crear productos como sabores derivados de frutas, aceites de menta, quinina y azafrán. Además, según parece, están progresando los trabajos para producir café, cacao, caucho y té *in vitro* (Clairmonte y Cavanaugh, 1986; Tsai y Kinsella, 1981; Staba, 1985; Heinstejn, 1985). También se han producido *in vitro* vesículas de pulpa de cítricos, lo que abre la posibilidad de la producción diaria de zumo fresco de naranjas (Rogoff y Rawlins, 1986). Estos componentes de sabor serían idénticos bioquímicamente a los compuestos que se encuentran de forma natural en estos productos; por tanto, no serían artificiales en el sentido que hoy en día se entiende, sino que serían verdaderos equivalentes.

3. También tiene importancia la producción en factorías de

agentes farmacéuticos y productos químicos industriales mediante técnicas de cultivo de tejidos (p. ej., Breuling, Alfermann y Reinhard, 1985; Yamada y Fujita, 1983; Yamada, 1984; Misawa, 1985; Rosevear y Lambe, 1985; Anderson, Phillipson y Roberts, 1985; Dixon, 1984). Muchos de éstos son metabolitos secundarios de plantas que son extremadamente caras, a menudo más de 2000 dólares por kilogramo. Se emplean en varios procesos para producir tintes, astringentes, productos farmacéuticos (más del 25 % de las recetas extendidas en los EE.UU. son de fármacos derivados de plantas (Balandrin y cols., 1985)) y otros artículos industriales o de consumo raros pero esenciales. Balandrin y cols. relacionan la producción *in vitro* con las inestabilidades políticas: «A medida que desaparezcan los hábitas naturales de las plantas silvestres y las inestabilidades ambientales y políticas hagan difícil adquirir sustancias químicas derivadas de plantas, puede hacerse necesario desarrollar fuentes alternativas para productos vegetales importantes. Ha habido considerable interés en el cultivo de células vegetales como alternativa potencial a la agricultura tradicional para la producción industrial de metabolitos secundarios de plantas. Esto ha dado origen a una considerable investigación en Japón, Alemania Occidental y Canadá (1985: 1158)». Misawa (1985) se expresa en términos parecidos, al tiempo que señala la similitud entre el cultivo de tejidos y las fermentaciones microbianas. También observa que tales técnicas *in vitro* permiten la producción «en cualquier lugar o estación del año» (1985: 60). Según Misawa, actualmente son de interés cuatro tipos de productos: alcaloides y esteroides para productos farmacéuticos, terpenoides como compuestos antitumorales y quinonas como fármacos contra enfermedades cardíacas. Se han construido sistemas de hasta 20.000 litros —grandes para instalaciones científicas, pero todavía pequeños para las industriales (Fowler, 1984). Los costes de producción son todavía demasiado altos para el empleo de estas técnicas con productos alimenticios.

Este interés ha dado origen a plantas industriales basadas en el cultivo de tejidos en Alemania y Japón. Balandrin y cols. (1985) estiman que tales procesos son económicos cuando los cultivos producen un gramo del compuesto deseado por litro de cultivo y

el precio de venta está entre 500 y 1.000 dólares por kilogramo. Entre las ventajas de las técnicas de cultivo están las condiciones de crecimiento estándar, la organización menos compleja que la de la planta entera y la facilidad de purificación del producto deseado (Anderson, Phillipson y Roberts, 1985). Por otra parte, la heterogeneidad de las células vegetales cultivadas hace posible la selección y multiplicación de las de mayor rendimiento. Además, debe tenerse en cuenta que las técnicas de cultivo ofrecen la posibilidad de crear nuevos productos completos, ya sea mediante la recogida de productos naturales de nuevo descubrimiento o por manipulación de células para hacerlas producir nuevos compuestos completos.

Considérese la afirmación hecha por Yamada y Fujita (1983: 726) sobre un tinte/astringente que actualmente se produce en Japón: «Comparado con el shikon, que necesita 2-3 años para la recolección de la planta, las células cultivadas permiten la recolección en un período de unas tres semanas, lo que acorta considerablemente la etapa de producción. El contenido de derivados de la shikonina en las células cultivadas era de alrededor del 14 %, lo que era extremadamente alto comparado con el 1-2 % en el shikon normal cultivado en el campo». La shikonina se vende ahora a más de 4.000 dólares por kilogramo. Una nota irónica es que la producción *in vitro* puede realmente bajar el precio con demasiada rapidez, dado que el mercado es pequeño y fácil de saturar (Curtin, 1983).

Aunque no se puede afirmar ni desmentir, existen pertinentes rumores dentro de la colectividad de la ingeniería genética de que al menos una compañía norteamericana ha montado un programa para producir pulpa de tomate *in vitro*. Esta se utilizaría para elaborar toda una serie de productos de tomate enlatados, como salsa, pasta, catsup y puré. De modo similar, se rumorea que una empresa francesa ha producido ya zumo de manzana *in vitro* y ahora está intentando ampliar el proceso para su producción industrial.

4. Como se ha indicado, la etapa final de la biotecnología incluye la sustitución de los procesos agrícolas por procesos

industriales. También, en este campo se han llevado a cabo muchas investigaciones iniciales. Se han producido fibras de algodón directamente a partir de células de algodón. Al contrario de lo que sucede con las cultivadas en el campo, las fibras en tubos de ensayo pueden crecer por los dos extremos. Aunque es improbable que la producción agrícola sea reemplazada en un futuro próximo, la posibilidad está ahí.

De modo similar, la Japan Salt and Tobacco Public Corporation y la Plant Science Limited del Reino Unido están investigando la producción de biomasa de tabaco para cigarrillos *in vitro* (Curtin, 1983). Hasta ahora estos procesos han resultado ser demasiado caros para el uso comercial.

5. La propuesta más trascendental para reemplazar a la agricultura quizá sea la publicada por Rogoff y Rawlins (1986). Proponen un sistema en que la mayoría de los campos se plantan para cosechas perennes de biomasa. Estas se recolectan según se va necesitando y se convierten en azúcar utilizando enzimas en el momento de la recolección. Luego, la solución de azúcar se transporta por tubería a plantas industriales en áreas metropolitanas. Finalmente, se produce el alimento a través de cultivos de tejidos a gran escala usando la solución de azúcar como medio y fuente de nutrición para el material vegetal. Como ellos indican, «en este supuesto, los productos comestibles se definen como alimentos sintetizados a partir de componentes alimenticios fabricados por separado, o como órganos de plantas, partes de plantas o sus derivados producidos como tales y no derivados de la planta completa cultivada en el campo» (1986: 7). Con este sistema, el proceso tendría lugar durante todo el año, y sólo se produciría lo realmente necesario en un día dado. Se eliminaría en gran medida el enlatado y la congelación, así como la mayor parte del desperdicio, ya que el alimento sería producido y consumido en un área cercana. En realidad, la misma instalación de producción podría pasar de la fabricación de un artículo a otro en respuesta a los cambios de la demanda.

Los autores citados sostienen que tal sistema tendría otros beneficios añadidos, en forma de reducción de la necesidad de

monocultivos, menor erosión del suelo, menor uso de productos agroquímicos, menor consumo de energía y costes de transportes mínimos. Señalan además que las investigaciones necesarias para llegar a esta situación están ya en marcha, pero actualmente carecen de coordinación. Finalmente, hacen diversas sugerencias para implantar una estrategia más coordinada.

El mayor obstáculo para tal transformación del sistema de alimentos a escala mundial son los costes de producción que supone (Zenk, 1978). En particular, la solución del azúcar tendría que ser sumamente barata de producir. Sin embargo, Rogoff y Rawlins afirman que los costes de transporte bajarían tanto que los de producción podrían doblarse sin alterar significativamente el precio final (1986). No obstante, es poco probable que el cambio a tal sistema pueda producirse enseguida. Se necesita poca imaginación para darse cuenta de que las áreas en que es probable que los costes sean competitivos con los métodos de producción convencional son aquéllas en que 1) el producto es un artículo de lujo disponible únicamente en cantidades limitadas, o 2) es un producto pesado que se produce lejos de su lugar de consumo. En ambos casos, las técnicas de cultivo de células y tejidos ofrecen ventajas notables. Por otra parte, hay fuerzas que inhibirán el desarrollo rápido de la producción *in vitro*. En particular, parece probable que las grandes empresas multinacionales se resistan a la rápida desaparición de mercados lucrativos que dominan en la actualidad. En estos casos intervendrán por medio de patentes defensivas, compra de competidores biotecnológicos potenciales o a través de una reglamentación gubernativa de la competencia. De hecho, Byé y Mounier (1984) han sugerido que este es precisamente el motivo por el que la por lo demás deseable producción *in vitro* de proteínas (fundamentalmente para producción animal) no ha sido viable.

Dado que las naciones del Tercer Mundo rara vez tienen participaciones importantes en las empresas multinacionales, es probable que sus productos y los que no pueden producirse en el campo en países más desarrollados se conviertan en objetivos de la investigación biotecnológica. Además, debe señalarse que los

países del Tercer Mundo son mucho más vulnerables a estos cambios de producción que los del Primer y Segundo Mundo.

Reestructuración del mercado

Aunque sólo se llevaran a buen término algunos de los programas de investigación antes descritos, tendría lugar una importante reestructuración. En Estados Unidos y Europa Occidental los efectos serían notables, pero relativamente menores, ya que la población agrícola es muy pequeña y existen otras oportunidades de empleo para al menos algunos de los desplazados. Sin embargo, es bien sabido que muchos países del Tercer Mundo dependen de uno o dos productos agrícolas para su viabilidad continuada. Examinemos el impacto de las sustituciones biotecnológicas en el caso de un producto tropical importante: el caucho.

Chamala (1985) señala que el 75 % del caucho mundial proviene de Malasia e Indonesia. En Malasia, 500.000 pequeños propietarios se ocupan directamente en la producción de caucho, mientras que 3 millones de personas —aproximadamente un cuarto de la población total— dependen directa o indirectamente de él. En Indonesia, el número estimado es de 8 millones. En ambos países los pequeños propietarios productores de caucho se encuentran entre los más pobres. La estimación mundial es que alrededor de 22 millones de personas dependen de la industria del caucho. Si se hicieran realidad la producción de caucho *in vitro* o el empleo del cultivo de tejidos para mejorar el guayule (que se cultiva en climas templados) (Fisher, 1986; Radin y cols., 1982), el 90-95 % de estas personas se encontrarían sin producción agrícola para vender (suponiendo que el otro 5-10 % continuase cultivando caucho para usos domésticos y especializados). Dado que las tasas de desempleo en Malasia e Indonesia son ya altas, sería improbable que más del 20 % de los desplazados (unos 4 millones de personas) encontrarán empleo alternativo. Se estima que unos 16 millones de personas, con escasas o ninguna destreza valorable, se encontrarían sin trabajo o reducidos a una agricultura de subsistencia. Esta es una estimación conservadora. Cabe esperar efectos parecidos para otros artículos tropicales.

La reestructuración del mercado que probablemente causaría la producción *in vitro* masiva o el colapso de los mercados existentes sería enorme. No sólo es probable que un número considerable de agricultores y campesinos se encontraran sin productos que vender; incluso muchos de los tradicionales gigantes de la actividad agraria podrían descubrir que sus enormes inversiones ya no eran rentables.

Además, aunque los mercados pueden ser protegidos de la competencia de productos, hay poca o ninguna protección frente a la nueva tecnología (Vergopoulos, 1985). A medida que se desarrollen las producciones *in vitro* y otros sustitutos, es probable que originen una rápida desaparición de los mercados existentes de mercancías, al reestructurar los procesadores su producción hacia la nueva materia prima. Sin algún sistema internacional de reglamentación y compensación, los efectos sobre países determinados serían probablemente poco menos que catastróficos.

El grado de repercusión puede estimarse contemplando pasados ejemplos de colapso de mercados. Por ejemplo, México solía cultivar grandes cantidades de barbasco, una planta de la que pueden extraerse esteroides. Hoy, ya no se cultiva el barbasco; las grandes compañías farmacéuticas han desarrollado un método para producirlo por vía química sin necesidad de utilizar la planta (Dembo, Dias y Morehouse, 1985). En un pasado más distante se encuentra el fin de la industria del índigo en la India. En 1897 se cultivaban 574.000 hectáreas de índigo. En 1920, a causa del desarrollo satisfactorio de índigo producido químicamente, la producción en el campo había cesado casi completamente. Aunque los cultivadores intentaron establecer un fondo de investigación para competir con el índigo producido químicamente, al final no lo hicieron (Martin-Leake, 1975). El resultado para esa región de la India fue la depresión y el desempleo generales (Kenney, Buttell y Kloppenburg, 1984).

Cada vez que son desplazados, los agricultores y los campesinos emigran a áreas urbanas en busca de trabajo. A menudo los hombres dejan a sus esposas y familias para que practiquen la agricultura de subsistencia. Si las perspectivas aquí esbozadas

resultan exactas, podemos esperar el mismo esquema a escala masiva. Las repercusiones serían particularmente duras para las mujeres y los niños, pues es probable que tengan que soportar todo el peso de la reestructuración del mercado.

También debe recordarse que la reestructuración del mercado no sólo afecta a los productores del producto primario, sino también a los que se ocupan del transporte, la elaboración e incluso la venta al por menor del producto final. Así, es probable que los efectos acumulativos sean mucho mayores que en el caso de que los cambios se vieran limitados de algún modo a la producción agrícola. Entre los posibles efectos se encuentran los traslados geográficos de la localización del proceso de producción, la desaparición o crecimiento de industrias secundarias, los efectos secundarios al ser los antiguos países productores incapaces de permitirse la importación de diversos artículos manufacturados, y el descenso de ciertas industrias de artículos de consumo en el Tercer Mundo a medida que disminuya la demanda.

Este caso confirma así lo que ya se había observado en el caso anterior: Cuando los productos derivados de la investigación científica entran en el mercado, surge un contexto total en el que se forman intereses, se establecen alianzas, se comienzan negociaciones y se establecen, rompen o redactan de nuevo normas de mercado. Muchas de las nuevas biotecnologías de las plantas se basan en la metáfora «las células vegetales son microbios». Sin embargo, la metáfora «las plantas son microbios» es tan poderosa que es probable que muchas industrias se basen en ella, en lugar de solamente una. Finalmente, habrá ganadores y perdedores en el proceso de cambio científico y técnico. El argumento de que el cambio técnico beneficia en último extremo a todos no es sino una frase brillante y engañosa. No es probable que el campesino y el trabajador agrícola que se ven desplazados por una alteración radical de los procesos de producción encuentren empleo en otra industria.

IV. CONCLUSIONES: HACIA UN CONTROL DEMOCRATICO DEL CAMBIO TECNICO

La conclusión de que el cambio técnico no beneficia a todos de la misma manera implica su dependencia de los acuerdos sociales. La génesis del cambio técnico forma parte de la empresa encaminada a satisfacer necesidades humanas que varían de acuerdo con la composición de cada grupo. Por consiguiente, el desarrollo de una nueva tecnología para el transporte de carne de vacuno puede interpretarse como derivado del objetivo último de aumentar el beneficio, que tiene a su vez un origen social e histórico. Su origen social se comprueba por el hecho de que responde a una forma precisa de organización social que mantiene la generación de beneficio como fundamental para su existencia. El origen histórico dimana de las circunstancias inmanentes dentro de las cuales se dan los factores indispensables (humanos y no humanos) necesarios para su desarrollo. En otras palabras, la necesidad de aumentar los beneficios impulsó a Gustavus Franklin Swift a desarrollar una nueva tecnología, pero fueron las características históricas del mercado de la carne de vacuno y de la industria del transporte las que crearon las condiciones para la existencia y el posterior desarrollo de esa nueva tecnología.

Una postura teórica que interprete el cambio técnico como derivado social e históricamente rompe bruscamente con el determinismo tecnológico y sus variantes, y con las teorías que apoyan la neutralidad de la «tecnología». Simultáneamente, tal postura subraya la dimensión política del cambio técnico. Más en concreto, resalta la existencia de necesidades discrepantes y el hecho de que el cambio técnico apunta históricamente a la satisfacción de sólo algunas de ellas. La selección de las necesidades que se satisfarán depende entonces de la fuerza política/social de los grupos interesados. En esencia, el cambio técnico es un proceso cuyo resultado deriva de los esfuerzos conscientes de grupos para satisfacer las necesidades creadas socialmente, la resistencia creada por otros grupos y las limitaciones producidas por un contexto caracterizado por las consecuencias deseadas y no deseadas de las acciones de estos grupos.

Si el panorama aquí descrito es correcto, la cuestión de la desigualdad de las consecuencias del cambio técnico adquiere importancia fundamental. Es evidente que el proceso de cambio técnico basado en la desigualdad de los resultados contrasta con los valores democráticos de equidad y justicia. Como tal, este cambio es un obstáculo para el desarrollo de la sociedad y, sobre todo, para la emancipación de sus sectores más desfavorecidos. Por consiguiente, la tarea de democratizar el cambio técnico adquiere la mayor importancia.

El análisis de los dos casos presentados anteriormente sugiere una línea de acción que implica tres esferas diferentes: A) el examen de la dirección del cambio técnico; B) la participación, y C) la redefinición del papel de la colectividad científica.

El examen de la dirección del cambio técnico implica la identificación y aclaración de los elementos que caracterizan la génesis y el desarrollo de la tecnología. Debe ir más allá del simple control de las posibles consecuencias del desarrollo de una tecnología dada, para examinar los supuestos en que se basa la empresa técnica. Tal examen haría explícitas las necesidades y objetivos para los que se buscan nuevas tecnologías y la falsa neutralidad de la empresa técnica. En esencia, podría producir las circunstancias para la reconsideración y replanteamiento de la totalidad del proceso considerado.

El examen de la dirección del cambio técnico, sin embargo, exige la participación de los sectores de la sociedad que han sido excluidos del proceso de toma de decisiones. Dicho de otra manera, la participación supone el final del control del cambio técnico por parte de entidades económicas potentes (corporaciones, multinacionales, etc.) y la capacidad del resto de la sociedad de discutir y decidir eficazmente el futuro desarrollo del esfuerzo técnico.

La colectividad científica desempeña un papel clave en el desarrollo de la participación. La independencia de la colectividad científica de los grupos sociales económica y políticamente poderosos ha sido bastante limitada en las pasadas décadas. A pesar de las actitudes entre los científicos de reafirmación en una

posición de independencia en la esfera científica, la investigación se ha orientado con frecuencia de acuerdo con los proyectos de «clientes» poderosos (Busch y Lacy, 1983). Incluso instituciones de orientación pública como Land Grant Colleges y Universidades de Estados Unidos, han violado su mandato de emprender esfuerzos de investigación en beneficio de explotaciones pequeñas y familiares para responder a los intereses de industrias agroalimentarias, empresas químicas, etc. (Friedland, 1987). En pocas palabras, los científicos han participado fundamentalmente en investigaciones no encaminadas a los intereses generales de la mayoría de la población.

Un corolario de este proceso ha sido la manera esotérica en que la empresa científica se lleva a cabo en las sociedades occidentales. Tal esquema identifica a la ciencia como una actividad que sólo una élite privilegiada es capaz de realizar y comprender, y cuyo carácter está destinado a escapar del interés público. El papel de los científicos es promover el conocimiento independientemente de la discusión pública. Solamente que, la aplicación de estos conocimientos es un asunto público general.

La participación pública en el examen de las direcciones del cambio técnico exige rechazar la naturaleza esotérica de la empresa científica y popularizar sus objetivos y contenidos. Exige asimismo una mayor conciencia entre los científicos de la falsa neutralidad de los procesos científicos y de la dimensión cargada de juicios de valor que la caracteriza. En esencia, la participación pública exige el reconocimiento de la dimensión política del cambio técnico y su transformación desde un proceso controlado por élites a otro abierto completamente al análisis público.

Aunque el tema de la democratización pueda parecer problemático, el rápido ritmo seguido por el cambio técnico en la agricultura ha sido ya afirmado como alternativa deseable al «*status quo*».

Bibliografía

- ANDERSON, L. A., PHILLIPSON, J. D. and ROBERTS, M. F. (1985):
«Biosynthesis of Secondary Products in Cell Cultures of Higher Plants»,
-

- pp. 1-36 in *Plant Cell Culture. Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*. Berlin: Springer Verlag. No. 31.
- BALANDRIN, M. F., KLOCKE, J. A., WURTELE, E. S. and BOLLINGER, W. H. (1985): «Natural Plant Chemicals: Sources of Industrial and Medical Materials». *Sciences* 228:1154-1160.
- BREULING, M., ALFERMANN, A. W. and REINHARD, E. (1985): «Cultivation of Cell Cultures of *Berberis Wilsonae* in 20-1 Airlift Bioreactors», *Plant Cell Reports* 4:220-23.
- BUSCH, L. and LACY, W. E. (1983): *Science, Agriculture and the Politics of Research*. Boulder, Co.: Westview Press.
- BYE, P. and MOUNIER, A. (1984): «Les Futurs Alimentaires et Energetiques des Biotechnologies». *Economies et Societes. Hors Serie No. 27*.
- CHALEFF, R. S. (1983): «Isolation of Agronomical Useful Mutants From Plant Cell Cultures». *Sciences* 219:676-682.
- CHAMALA, S. (1985): «Transfer of Rubber Technology Among Smallholders in Malaysia and Indonesia: A Sociological analysis». Pp. 30-34 in *Smallholder Rubber Production and Policies*. Canberra: Australian Centre For International Agricultural Research.
- CLAIRMONTE, F. and CAVANOUGH, J. (1986): «Destruction of the Sugar Industry». *Economic and Political Weekly*, 21 (january, 4).
- COCHRANE, W. W. (1979): «The Development of American Agriculture: A Historical Analysis». Minneapolis: University of Minnesota Press.
- COLIN, H. A. and WATTS, M. (1983): «Flavor Production in Culture». Pp. 729-47 in Evans, D. A., Sharp, W. R., Ammirato, P. V. and Yamada, Y. (eds.), *handbook of Plant Cell Culture*. New York: Macmillan, vol. I.
- CURTIN, M. E. (1983): «Harvesting Profitable Products for Plant Tissue Culture». *Biotechnology* 1 (October): 649-52, 54, 56-57.
- DEMBO, D., DIAS, C. and MOREHOUSE, W. (1985): «The Biorevolution and the Third World». *Third World Affairs I*: 311-25.
- DIXON, B. (1984): «Chemicals from Algae and Plant Tissue». *Bio/Technology* 2 (August): 665.
- FISHER, A. (1986): «Science Newsfront». *Popular Science* 228 (May): 10.
-

- FOWLER, M. W. (1984): «Large-Scale Cultures of Cells in Suspension». Pp. 167-74 in Indra K. Vasil (ed.) *Cell Culture and Somatic Cell genetics of Plants*. New York: Academic Press.
- FRIEDLAND, W. H. (1987): «Agricultural Research and Land Grant Universities». Paper presented at the seminar «Policy Implication of Biotechnology». University of Missouri-Columbia, February 14-15.
- HARPER'S WEEKLY (1882): «Cheaper Beef», *Harper's Weekly*. 26 (October 21): 663.
- HEINSTEIN, P. F. (1985): «Future Approaches to the Formation of Secondary Natural Products 48 (1):1-9.
- JAMES, A. T. (1984): «Plant Tissue Culture: Achievements and Prospects». *Proceedings of the Royal Society of London*. 222: 134-45.
- KENNEY, M. F. BUTTEL and KLOPPENBURG, J. (1984): «Impact of Industrial Applications: Socioeconomic Impact of Product Dislocations». *Advance Technology Alert System Bulletin* 1:48-51.
- LENIN, V. I. (1938): «Theory of the Agrarian Question». New York, NY: International Publishers, V. I. Lenin, Selected Works, Vol. XII.
- MARTIN-LEAKE, H. (1975): «A Historical Memoir of the Indigo Industry in Bihar». *Economic Botany* 29 (October-December): 361-71.
- MARX, K. (1977): «Capital». Vol. 1. New York: Vintage Books.
- MISAWA, M. (1985): «Production of Useful Plant Metabolites». Pp. 59-88 in *Plant Cell Culture. Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*. Berlin: Springer Verlag. No. 31.
- RADIN, D. N., BEHL, H. M., PROKSCH, P. and RODRIGUEZ, E. (1982): «Rubber and Other Hydrocarbons Produced in Tissue Cultures of Guayule (*Parthenium Argentatum*)». *Plant Science Letters* 26:301-10.
- ROGOFF, M. and RAWLINS, S. L. (1986): *Food Security: A technological Alternative*. Unpublished Paper (see *BioScience* January).
- ROSEVEAR, A. and LAMBE, C. A. (1985): «Immobilized Plant Cells». Pp. 37-58 in *Plant Cell Culture. Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*. No. 31. Berlin: Springer Verlag.
-

- SOLOW, R. (1957): «Technical Change and the Aggregate Production Function». *Review of Economics and Statistics* 39: 312-20.
- STABA, J. 1985: «Milestones in Plant Tissue Culture Systems for the Production of Secondary Products». *Journal of Natural Products*. 48(2): 203-209.
- STANLEY, D. W. (1986): «Chemical and Structural Determinants of Texture of Fabricated Foods». *Food Technology* (March): 65-68, 76.
- SWIFT, L. (1927): «The Yankee of the Yards». New York: A. W. Shaw Co.
- TSAU, D. H. and KINSELLA, J. E. (1981): «Initiation and Growth of Callus and Cell Suspensions of *Theobroma Cacao* L.». *Annals of Botany* 48: 459-557.
- US Senate (1885): «Hearings Before the Committee on Transportation and Commerce.
- VAN DEN DOEL, K. and JUNNE, G. (1986): «Product Substitution Through Biotechnology». *International Social Science Journal* 37(3): 285-299.
- VERGOPULOS, K. (1985): «The End of Agribusiness or the Emergence of Biotechnology». *International Social Science Journal* 37 (3) 285-299.
- YAMADA, Y. (1984): «Selection of Cell Lines for High Yields of Secondary Metabolites». Pp. 639-636 in Indra K. Vasil (ed.) *Cell Culture and Somatic Cell Genetics of Plants*. New York: Academic Press.
- YAMADA, Y. and FUJITA, Y. (1983): «Production of Useful Compounds in Cultures». Pp. 717-28 in Evans, D. A., Sharp, W. R., Ammirato, P. V. and Yamada, Y. (eds.) *Handbook of Plant Cell Culture*. New York: Macmillan, Vol. 1.
- ZENK, M. H. (1978): «The Impact of Plant Cell Culture on Industry». Pp. 1-13 in Trevor A. Thorpe, ed. *Frontiers of Plant Tissue Culture, 1978*. Calgary: International Society for Plant Tissue Culture.

RESUMEN

Este informe trata de las consecuencias que tiene el desarrollo de la ciencia y la tecnología sobre la agricultura y la sociedad actuales. Mediante la exposición de las principales teorías del cambio técnico y de dos casos históricos de desarrollo e introducción de innovaciones técnicas en

la agricultura, se aclara el carácter del fenómeno que se investiga. Se afirma que el cambio técnico afecta a los diversos grupos sociales de maneras diferentes. Además, se subraya que el cambio técnico está arraigado en los acuerdos sociales. Se comentan alternativas para la democratización del desarrollo y la introducción de nuevas tecnologías, con insistencia en una posición de rechazo del determinismo tecnológico y en actitudes neutras ante la ciencia y la tecnología. Se argumenta que para lograr tal objetivo son necesarios tres elementos: a) el examen de la dirección de la investigación científica; b) la participación popular, y c) un cambio en el papel desempeñado por la comunidad científica.

RÉSUMÉ

Dans ce rapport il est abordé les conséquences du développement de la science et de la technologie sur l'agriculture et sur la société actuelles. L'exposé des principales théories concernant le changement technique et de deux cas historiques de développement et d'introduction des innovations techniques dans l'agriculture éclairent le caractère du phénomène objet de l'étude. Il y est affirmé que la transformation technique affecte différemment les divers groupes sociaux. En outre, il est mis en relief que cette transformation technique se base sur les accords sociaux. Il y est envisagé des solutions alternatives en vue de la démocratisation du développement et de l'introduction des nouvelles technologies, en insistant sur une position des refus du déterminisme technologique et sur des attitudes neutres vis à vis de la science et de la technologie. Il y est conclu que pour atteindre à un tel objectif trois éléments semblent nécessaires: a) l'examen de la direction de la recherche scientifique; b) la participation populaire et c) une transformation du rôle joué par la communauté scientifique.

SUMMARY

The paper discusses relevant implications that the development of science and technology have on present agriculture and society. Through a discussion of major theories of technical change and two historical cases of development and introduction of technical innovations in agriculture, the character of the phenomenon under investigation is elucidated. It is maintained that technical change affects various societal groups in different manners. Moreover, it is emphasized that technical change is rooted in societal arrangements. Stressing a position that rejects technological determinism and postures that view science and technology as neutral, alternatives for the democratization of the development and introduction of new technologies are discussed. It is argued that to achieve such an objective three elements are necessary: a) scrutiny of the direction of scientific investigation; b) popular participation; and c) a change in the role played by the scientific community.

