

# INNOVACION TECNOLOGICA EN LA AGRICULTURA Y ACUMULACION DE CAPITAL: UN ANALISIS CRITICO DE LA REVOLUCION VERDE

Por  
JESUS G. REGIDOR (\*)

## I. INTRODUCCION

**L**A integración del factor tecnológico en los análisis de la contribución de la agricultura al crecimiento económico no es tarea común. A menudo esta cuestión permanece en buena parte ausente, haciéndose notar más bien en los supuestos de partida de los modelos. Así ocurrió en las dos ocasiones anteriores en que nos aproximamos a esta importante temática de la relación agricultura-crecimiento, desde un enfoque económico inspirado en el análisis del crecimiento como resultado de un proceso de acumulación de capital.

En el primero de estos trabajos (1) se consideró que la agricultura generaba un excedente en el marco de unas condiciones de producción caracterizadas por un notable atraso tecnológico. Mientras este atraso subsiste, la generación del excedente y con él de los beneficios en la agricultura está asegurada. Unos precios

---

(\*) Profesor de Economía Agraria de la Universidad Autónoma de Madrid.

(1) Se hace referencia a la síntesis formal de la participación de la agricultura al crecimiento, generando un excedente susceptible de ser en parte transferido al resto de los sectores económicos, llevada a cabo por Regidor, J. G. (1985).

— Revista de Estudios Agro-Sociales. Núm. 142 (octubre-diciembre 1987).

---

de venta altos y unos salarios agrícolas bajos definen el modelo en que se apoya la obtención del beneficio, mientras que el reparto intrasectorial de este beneficio depende de la diferencia de productividad de las diversas explotaciones agrarias por tamaño, en las que el nivel tecnológico puede jugar un papel importante pero no decisivo.

Sin embargo, cuando las condiciones técnicas varían debido a que se pone en marcha un proceso de trasvase de mano de obra desde la agricultura hacia los demás sectores económicos, que origina una elevación de los salarios en el campo, sirviendo de estímulo para la adopción de innovaciones tecnológicas en la agricultura preferentemente ahorradoras de mano de obra, lo que provocará mayores trasvases, el funcionamiento del modelo simple en que se sustentaba el beneficio del sector entrará en crisis.

En consecuencia, el beneficio del sector tenderá a caer, poniéndose en juego incluso la supervivencia de numerosas explotaciones de pequeño y mediano tamaño. En estas condiciones el desarrollo tecnológico constituirá una tabla de salvación para el sector, en la medida en que dé lugar a un incremento notable de las productividades.

En otro trabajo posterior (2) se supuso la existencia de una tecnología agraria no neutral, que permite justamente la obtención de incrementos en las productividades de la mano de obra mayores que los incrementos de los salarios agrarios reales. Con ello podían de nuevo volver a incrementarse los beneficios del sector.

Pero, como tuvimos ocasión de indicar, toda mejora de las productividades de los factores de producción del agricultor, puede llevar aparejada una reducción de la participación relativa de los beneficios agrarios en los beneficios del sistema agroindustrial. Lo cual a su vez implica la pérdida de la importancia relativa de la agricultura como fuente de acumulación a partir de los propios beneficios.

La agricultura aparece como un sector que favorece la acumulación de los demás sectores. La razón estriba en que las ganancias de productividad que tienen lugar en el sector, a conse-

---

(2) Se hace referencia al análisis de la relación entre agricultura y acumulación de capital en los demás sectores económicos, realizada por Regidor, J. G. (1986).

cuencia de la adopción de innovaciones tecnológicas, se transfieren fuera del mismo vía precios.

Las relaciones de precios industriales y agrarios, que en condiciones de atraso tecnológico no constituían más que un mecanismo indirecto de transferencia de un excedente desde la agricultura, se convierten ahora, bajo la nueva forma de precios pagados versus precios percibidos, en la vía por la que unos beneficios agrarios potenciales se transfieren fuera del sector. De tal forma que, si tales relaciones de precios subsisten, cuanto mayores sean los incrementos de productividad de los factores agrarios mayores serán las transferencias de beneficios desde la agricultura.

De este modo, si suponemos que el desarrollo tecnológico está en la base de toda mejora de la productividad agraria, existe un estrecho vínculo entre innovación tecnológica en la agricultura y acumulación de capital tanto en la agricultura como en los demás sectores económicos.

De otro modo, desde una perspectiva sectorial, unas nuevas técnicas en la agricultura permitirán unas tasas mayores de beneficios en el sector, tanto reales como potenciales (transferidos), siempre que permitan elevadas productividades.

Debemos, por tanto, analizar con mayor detenimiento algunas de las cuestiones claves que presenta la innovación tecnológica en la agricultura, dada su relación con el proceso general de acumulación de capital. En particular interesará, en primer lugar, caracterizar el conjunto de innovaciones que se han venido agrupando bajo el término de «revolución verde».

En segundo lugar, importará detenerse en comentar las consecuencias que han tenido estas técnicas productivas sobre la productividad de los factores, sobre todo de la tierra y el trabajo. En la medida en que los aumentos de productividad derivados hayan sido considerables, el incremento de los beneficios que permanecen en el sector y que se transfieren fuera de él mantendrá la contribución de la agricultura al proceso de acumulación.

En tercer lugar, trataremos de conocer someramente la incidencia que han tenido estas nuevas técnicas sobre el capital y el trabajo, ya que de ello depende en buena medida el reparto intra-sectorial de los incrementos de beneficios en el sector, para una estructura de propiedad dada.

---

## II. LA «REVOLUCION VERDE»

El término «revolución verde» se utiliza profusamente en la literatura económica con un contenido no muy bien delimitado. En sentido amplio puede identificarse con las nuevas técnicas productivas desarrolladas en la agricultura de algunos de los países capitalistas más avanzados, de forma particularmente intensa a partir de la posguerra mundial, y difundidas posteriormente por la mayoría de los países en las tres pasadas décadas. En un sentido estricto describe la nueva tecnología utilizada en la producción con un elevado rendimiento de algunos cereales (trigo, maíz y arroz, sobre todo).

En cualquier caso, el término «revolución verde» cobra sentido dentro de las teorías de desarrollo agrícola, y en particular dentro de lo que Hayami y Ruttan (1971, 1985: 41-72) denominan *the high-pay-off input model*. Se trata de una nueva perspectiva en el análisis de la tecnología agraria, según la cual las técnicas de la revolución verde, desarrolladas en los países más avanzados y basadas en modernos *inputs* de elevado rendimiento, no son directamente transferibles a los países menos desarrollados con diferentes climas y diferentes dotaciones de recursos.

Schultz (1964) ha sido el principal defensor de esta perspectiva, entendiendo que estos modernos *inputs* están formados tanto por nuevos factores materiales de elevada productividad en la agricultura, como por el conocimiento práctico y las capacidades necesarias para usar estos *inputs* con éxito (3). Resumidamente, el desarrollo de esta nueva tecnología implica tres tipos de inversiones para el desarrollo agrícola: primero, en mejorar la capacidad de los centros de experimentación agrícola para producir nuevos conocimientos técnicos; segundo, en dotar de capacidad al sector industrial para desarrollar, producir y comercializar los nuevos *inputs* técnicos, y tercero, en elevar la capacidad de los agricultores para usar con efectividad los modernos factores agrarios.

---

(3) Schultz ha puesto especial énfasis en la importancia de mejorar el capital humano (educación), apoyándose en diversos trabajos de Griliches (1960, 1963), como un factor de producción decisivo en toda mejora de productividad. Para él «la base económica» del lento crecimiento que acompaña a la agricultura tradicional queda explicada por la dependencia respecto a una serie determinada de factores cuya rentabilidad está ya agotada. Para romper esta dependencia, los campesinos sujetos a la agricultura tradicional han de adquirir, adoptar y aprender a manejar eficientemente una serie nueva de factores rentables (Schultz, 1964: 143-44).

La aceptación generalizada de esta aportación, que se presenta bajo la denominación de *high-pay-off input model*, ha sido debida en gran medida al relativo éxito alcanzado en la difusión de las técnicas de la revolución verde en sentido estricto (variedades de granos de alta productividad) por diversos países tropicales. De modo que la tasa de difusión de esta tecnología agrícola puede considerarse una función de la rentabilidad de los nuevos *inputs*, aunque requiere una política agraria que facilite la propagación de las nuevas técnicas o *inputs* mediante inversiones públicas en investigación científica (adaptación de los *inputs*) y en educación (extensión agraria).

Así pues, en su sentido amplio la revolución verde está constituida por un conjunto de técnicas e *inputs* que podemos agrupar en: *a*) innovaciones mecánicas (mecanización agraria); *b*) innovaciones biológicas (nuevas variedades de plantas de elevado rendimiento); *c*) innovaciones químicas (fertilizantes, herbicidas, pesticidas, etc.). Esta taxonomía no tiene más que un valor expositivo, ya que en la práctica las diferentes innovaciones se refuerzan mutuamente, de modo que la mecanización de un cultivo suele ir acompañada del empleo de nuevas variedades de plantas que dependen estrechamente del uso generalizado de productos químicos.

Convencionalmente, sin embargo, se ha considerado que las innovaciones mecánicas están diseñadas para facilitar la sustitución de trabajo por otros *inputs* (son «ahorradoras de trabajo»), mientras que las innovaciones biológicas y químicas facilitan la sustitución de tierra por otros *inputs* (son «ahorradoras de tierra»). También se reconoce que las primeras sustituyen trabajo por tierra, ya que un trabajador agrícola mecanizado puede cultivar un área mayor, y que las segundas sustituyen tierra por trabajo, lo que resulta mucho más cuestionable.

Sobre este último punto, que desarrollaremos posteriormente, mantenemos la hipótesis de que el balance final de la aplicación de las técnicas de la revolución verde en un país no innovador supone un «ahorro de trabajo» importante, que acrecienta sus problemas de empleo.

Otra cuestión destacable, que suele defenderse generalizadamente, es la de que esta nueva tecnología se ha desarrollado para

---

facilitar la sustitución de factores relativamente escasos y caros por otros relativamente abundantes y, por tanto, baratos. Esta afirmación puede que sea mucho más cierta para los países netamente innovadores que para los no innovadores, en los cuales la adopción de estas técnicas es siempre inducida (4).

Por lo que se refiere a las innovaciones mecánicas, que han conocido una evolución histórica prolongada que arranca desde la Revolución Industrial del siglo XVIII, han alcanzado su apogeo con la tractorización y el empleo de diversos tipos de cosechadoras y aviones en las tareas agrícolas. Puede decirse que su desarrollo futuro está fuertemente condicionado por el de las innovaciones biológicas y químicas.

Desde una perspectiva económica nos interesa destacar, por una parte, que ha sido, sin duda, el propósito de reducir el coste de la mano de obra lo que ha promovido su empleo generalizado. Por otra parte, que estas innovaciones mecánicas han permitido elevar considerablemente la productividad del trabajo, aunque también se ha elevado simultáneamente el ratio capital/trabajo en la agricultura.

En cuanto a las innovaciones biológicas y químicas puede afirmarse que son más importantes que las mecánicas en la revolución verde. Aunque sus comienzos suelen también situarse en la Revolución Industrial inglesa, su eclosión ha sido mucho más reciente y ha ocasionado cambios radicales en las variedades de plantas y animales, en los sistemas de cultivo y recolección y en el propio carácter de los productos y de la industria alimentaria derivada.

La motivación económica de estas innovaciones ha evolucionado desde el deseo de incrementar el producto cosechado por unidad de tierra cultivada, o la mejora del rendimiento de los productos animales por unidad de alimento, a un incremento simultáneo de la productividad de la tierra y de la productividad del trabajo. De igual manera, la adopción de estas innovaciones requiere un volumen de capital público y privado muy significativo para usar más el riego, seleccionar y adaptar las nuevas variedades.

---

(4) Por países no innovadores la mayoría de los países capitalistas medianamente avanzados y los llamados subdesarrollados. En todos ellos las innovaciones agrarias son generalmente adoptadas mediante un proceso en el que intervienen los países innovadores, que difunden sus innovaciones con técnicas de marketing y «efectos demostración», y los propios países adoptantes que inducen a su adopción interior con políticas adecuadas de precios, subvenciones, creación de infraestructura y extensión agraria.

des de plantas y animales, e introducir los nuevos sistemas de producción.

Una vez caracterizadas las técnicas que configuran la revolución verde, vamos a comentar brevemente cuales son las pautas de difusión de estas innovaciones. Se trata de analizar las causas económicas que, siguiendo a Hayami y Ruttan (1971, 1985), han dado lugar a una difusión «inducida» de las innovaciones en el sector agrario.

La «teoría de la difusión inducida» abarca varios aspectos. El primero toma en cuenta la innovación inducida en el sector privado, esto es, en las empresas agrarias. El comportamiento innovador de las empresas se considera inducido por las variaciones en los precios relativos de los factores de producción, de modo que llevarán a cabo una sustitución de los factores que se están encareciendo más por los menos caros.

El segundo considera que la innovación es inducida en el sector público de forma similar al sector privado. En este caso, serán los investigadores y administradores de las instituciones públicas quienes, siguiendo las indicaciones de los precios de mercado y las dotaciones de recursos del país, promoverán aquellas innovaciones, o favorecerán las adopciones (si se trata de un país no innovador), que se correspondan con factores de producción cuyos precios se están elevando por su oferta inelástica, frente a aquellos otros cuya oferta es más elástica y empuja hacia abajo sus precios. En particular, la tasa de adopción por un país de cambios exógenos en la tecnología se considera fuertemente influenciada por sus propias condiciones económicas (su oferta de recursos y la demanda de sus productos agrarios).

El tercero hace referencia al comportamiento de las instituciones que gobiernan el uso de la tecnología para inducir determinadas innovaciones. Esto implica una política agraria determinada, que proporciona los incentivos económicos suficientes para facilitar que los beneficios derivados de la adopción de innovaciones puedan ser internalizados por las empresas agrarias. Cuanto más dificultades revista la internalización de estos beneficios, bien porque las innovaciones requieren un tiempo prolongado de adaptación o bien porque impliquen costes sociales (por ejemplo, aumento del desempleo rural), más esencial aparece el

---

comportamiento de las instituciones para inducir estas innovaciones, externalizando sus costes.

Un enfoque complementario al que representa la «teoría de la innovación inducida» viene dado por la distinción de una «tipología de fases o niveles de transferencia tecnológica agraria» desde los países innovadores a los no innovadores (Ruttan, 1975). La primera fase se caracteriza por la simple «transferencia de *inputs*» diversos: importación de semillas, plantas, animales y máquinas, así como las nuevas prácticas productivas asociadas a estos *inputs*, por parte de los países no innovadores.

La segunda fase se caracteriza por la «transferencia de diseños», información, fórmulas, textos y material relacionado con las innovaciones. Se supone que el país adoptador adquiere prototipos de plantas, animales y máquinas para copiar, adaptar y extenderlas, seleccionando aquellos más adecuados para sus condiciones ecológicas y sus características económicas.

La tercera fase se caracteriza por la «transferencia de la capacidad» y del conocimiento técnico y científico. El objetivo consiste en institucionalizar la capacidad de invención e innovación del país adoptador, de modo que le permita desarrollar variedades de plantas y animales y prototipos de máquinas más acordes con sus condiciones ecológicas y con la dotación de recursos de su economía. Obviamente, esta fase requiere la emigración de científicos y de centros especializados de investigación tecnológica.

Desde la perspectiva del análisis de la difusión espacial de innovaciones (5), únicamente se contempla la primera y, parcialmente, la segunda fase de transferencia tecnológica. Es la teoría de la difusión inducida quien se aproxima a una explicación de las condiciones que hacen posible la tercera fase, basándose en el papel desempeñado por los precios y la dotación de recursos.

Pero es preciso reconocer que la difusión de las técnicas de la revolución verde se ha quedado generalmente en la primera fase ha conocido algunos logros puntuales en la segunda, y en mucha menor medida ha dado lugar a transferencias de capacida-

---

(5) El análisis de la difusión espacial de innovaciones, objeto de atención preferente por la denominada «ciencia regional», establece diversas aproximaciones. Una de las perspectivas en la que más se ha avanzado ha sido la denominada «perspectiva de mercado e infraestructura», que estudia fundamentalmente el «marketing de la innovación» y las relaciones con una necesaria infraestructura privada y pública para que el proceso de difusión y adopción se lleve a cabo.

des, lo que guarda estrecha relación con algunas de las limitaciones que esta revolución tecnológica plantea.

Entre estas limitaciones nos interesa destacar las que hacen referencia a que el carácter de los nuevos *inputs* favorece su adopción por las explotaciones de gran tamaño, pues aunque muchos son divisibles, requieren una capacidad de acceso, informativa, formativa y financiera, que conduce a que sean este tipo de explotaciones quienes más se beneficien de las elevaciones de productividad (especialmente en las innovaciones mecánicas existen umbrales de rentabilidad para la adopción, que varían según el tamaño de las explotaciones y los aprovechamientos) (Malassis, 1973).

Otras limitaciones guardan relación con los efectos sobre el empleo. La literatura en este punto se encuentra dividida, pues aunque se reconoce que en algunos cultivos el empleo por hectárea puede aumentar, la subsistencia de un subempleo de temporada, la mecanización generalizada y la eliminación de tareas que se deriva del uso de innovaciones biológicas y químicas parece apuntar a una reducción neta del empleo en lugar de aumentarlo (Reynolds, 1975; Malassis, 1973).

Finalmente, cabría destacar las notables limitaciones de carácter ecológico que presentan estas técnicas, aunque este aspecto suele ser ignorado por la literatura convencional. Existen aportaciones serias que evidencian el riesgo en la ruptura de los ecosistemas que comporta el uso de estas técnicas, así como el «despilfarro» que supone su utilización en términos de recursos energéticos no renovables (Commoner, 1971, 1975; Perelman, 1976; Naredo, et al., 1980) (6).

---

(6) Uno de los aspectos en que más se ha centrado la crítica ecológica ha sido el consumo intensivo de energía que supone el empleo de las técnicas de la revolución verde. La mecanización, los fertilizantes y los plaguicidas, etcétera, se basan en el uso de una energía contenida en combustibles fósiles, mientras las técnicas de la agricultura tradicional se basaban fundamentalmente en la transformación de la energía solar.

Sin embargo, la F.A.O. (1980) reconoce que la adopción de las técnicas de la revolución verde por un país requiere un rápido aumento del consumo de energía, aunque considera que a la agricultura le corresponde aún una pequeña parte del empleo total de energía comercial.

---

### III. REVOLUCION VERDE Y PRODUCTIVIDAD

Los aumentos de productividad en la agricultura han constituido un elemento determinante de su contribución al crecimiento económico. Ilustraremos ahora que las innovaciones tecnológicas en la agricultura, que se agrupan bajo el término «revolución verde», dan lugar a incrementos notables de la productividad de la tierra y del trabajo, aunque existen diferencias significativas en las tasas de productividad según el grado de desarrollo de los países.

Coherentemente, con el apartado anterior, podemos establecer la hipótesis de que las diferencias en la productividad de la tierra y del trabajo están asociadas con las diferencias en los niveles de innovación mecánica, biológica y química entre países y a lo largo del tiempo. Estos diferentes niveles de innovación son el resultado de un proceso, por el cual algunos avances en la tecnología de origen industrial permiten disponer de nuevos *inputs* altamente remuneradores al sector agrario, cuyo rendimiento y menor coste inducen a su adopción, de lo que se derivan crecimientos de productividad (Hayami y Ruttan, 1971, 1985: 73-114).

La medición de las productividades parciales (producto por unidad de trabajo y producto por unidad de tierra) sirve para ilustrar las amplias variaciones en las relaciones entre dotación de factores y producto agrario por países a lo largo del tiempo. Podemos suponer que existirá una estrecha relación entre las variaciones en la productividad del trabajo y el uso de los nuevos *inputs* biológicos y químicos.

Ciertamente cabe esperar que las diferencias internacionales en los ratios de productividad parcial sean grandes. Cada país dispondrá de diferentes volúmenes de tierra y trabajo en su sector agrario, como resultado de su dotación original de recursos y la variación de los mismos asociada a su proceso histórico de crecimiento económico. Por eso, lo significativo es observar los cambios en estas productividades parciales en un periodo en el que se produce la eclosión de las técnicas de la revolución verde.

En el Cuadro 1 se recogen los cambios en la productividad del trabajo y de la tierra entre 1955 y 1965 para tres grupos diferentes de países: desarrollados, intermedios y subdesarrollados.

Además se muestran las distintas tasas de participación de algunos de los principales factores productivos.

Las grandes diferencias en la productividad agraria entre países desarrollados y subdesarrollados se incrementarán durante esa década. El cuadro muestra que en los primeros la tasa anual de crecimiento del producto por trabajador fue del 4,7%, mientras que en los países subdesarrollados sólo alcanzó el 1,4%. Sorprende la igualación en las tasas de crecimiento del producto por hectárea, aunque se observa que en los países desarrollados la superficie de cultivo por trabajador ha crecido a una tasa anual del 2,6%, mientras que en los otros se ha reducido en un 0,4%. Detrás de este fenómeno se encuentra el fuerte trasvase de población activa agraria desde la agricultura a los demás sectores en los países desarrollados elevando la productividad del trabajo, mientras que en los subdesarrollados subsistirían problemas de subempleo, paro encubierto y desempleo, que reducen la productividad del trabajo.

También resulta significativa la elevada tasa de crecimiento anual del uso de fertilizantes por hectárea (el 10,9%) en los países

Cuadro n.º 1

TASA DE CRECIMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD Y DE PARTICIPACION DE LOS FACTORES PRODUCTIVOS DE 1955 A 1965 (Tasa compuesta anual, en porcentaje)

Grupos de países	Producto por trabajador (Y/L)	Producto por hectárea (Y/A)	Superficie de cultivo por trabajador (A/L)	Fertilizante por hectárea (F/A)	Maquinaria por trabajador (M/L)
Países desarrollados (a) . . . . .	4,7	2,1	2,6	5,1	9,8
Países intermedios (b) . . . . .	4,4	2,0	2,4	5,8	15,8
Países subdesarrollados (c) . . . . .	1,4	2,1	-0,4	10,9	6,4

a) Trece países entre ellos, Canadá, Francia, Alemania y Estados Unidos, con más de 700 dólares de renta *per cápita* y menos del 30% de población activa agraria masculina.

b) Trece países, entre ellos Grecia, Italia, Portugal y España, que se encuentran entre las categorías a) y c) (o sea, entre los países desarrollados y los subdesarrollados).

c) Once países, entre ellos Brasil, India, México y Filipinas, con menos de 350 dólares de renta *per cápita* y más del 35% de población activa agraria masculina.

Fuente: Hayami y Ruttan (1971:74).

subdesarrollados que duplica la de los países avanzados. Esto puede servir de indicador del impacto que las innovaciones biológicas y químicas han tenido en países como los recogidos en la muestra, al tiempo que el impacto de las innovaciones mecánicas parece haber sido mucho menor.

Los países intermedios, que se corresponden con los países capitalistas medianamente avanzados, han conocido tasas de crecimiento de la productividad elevadas, ligeramente inferiores a las de los países más avanzados, aunque las tasas de crecimiento del uso de fertilizantes y sobre todo de la maquinaria han sido considerablemente superiores en el periodo.

En resumen, en los países avanzados y medianamente avanzados han destacado los incrementos de productividad del trabajo, debido sobre todo a la adopción de innovaciones mecánicas, mientras que en los países subdesarrollados se ha incrementado más la productividad de la tierra, a causa de la adopción de innovaciones biológicas y químicas.

Del mismo modo, en el Cuadro 2 se muestran los cambios en las productividades del trabajo y la tierra para los mismos grupos de países, en el período 1960-1980 cuando tuvo lugar la difusión generalizada de las técnicas de la revolución verde.

Cuadro n.º 2

TASA DE CRECIMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD Y DE PARTICIPACION  
DE LOS FACTORES PRODUCTIVOS DE 1960 A 1980  
(Tasa compuesta anual, en porcentaje)

Grupos de países	Producto del trabajador (Y/L)	Producto por hectárea (Y/A)	Superficie de cultivo por trabajador (A/L)
Países desarrollados (a) .....	5,9	2,3	3,6
Países intermedios (b) .....	5,0	3,2	1,8
Países subdesarrollados (c) .....	1,7	2,5	-0,8

a) Diecisiete países, entre ellos Canadá, Francia, Alemania, Italia y Estados Unidos, con más de 6.000 dólares de producto nacional *per cápita* en 1980.

b) Quince países, entre ellos Argentina, Brasil, México, Portugal y España, con un producto nacional *per cápita* entre 1.500 y 6.000 dólares.

c) Doce países, entre ellos Colombia, Egipto, India, Filipinas y Perú, con un producto nacional *per cápita* inferior a 1.500 dólares.

Fuente: Hayami y Ruttan (1985:123).

Las grandes diferencias en la productividad agraria entre estos países se ampliaron más aún que en la década 1955-1965. Esto fue particularmente cierto en cuanto a la tasa anual de crecimiento del producto por trabajador, y sobre todo de la superficie de cultivo por trabajador, no ocurriendo así en el crecimiento del producto por hectárea, donde las tasas aparecen más equilibradas entre países desarrollados y subdesarrollados, con predominio de los países intermedios. Es, pues, la reducción en términos absolutos y relativos de la superficie cultivada por trabajador en los países subdesarrollados la explicación fundamental de estas diferencias de productividad agraria.

Una explicación global de estas apreciaciones vendría dada por la mayor o menor disponibilidad de los diferentes *inputs* agrarios por parte de los países innovadores y no innovadores, que podría derivarse del nivel de industrialización de cada uno de ellos. De este modo, la oferta de inputs técnicos por el sector industrial representaría la principal fuente de los incrementos de productividad en la agricultura.

Para un país no innovador los aumentos de la productividad agraria resultarían más bien del aumento de la demanda de nuevos *inputs* producidos por el propio sector industrial, y principalmente por los sectores industriales de los países innovadores. Aparece así la cuestión crucial de si los sectores industriales interiores de numerosos países han podido suministrar, y si lo han hecho a precios competitivos, los nuevos *inputs* de la revolución verde.

Una explicación complementaria es la que hace referencia a la capacidad de la agricultura como sector para responder a las variaciones de los precios relativos de los modernos inputs mecánicos, biológicos y químicos, frente a los precios de la tierra, el trabajo y los productos agrarios.

Schultz (1982) vincula ambas explicaciones al afirmar que una parte importante del proceso de aumento de la productividad agraria es la mejora de la calidad de los *inputs*, que han de ser adquiridos fuera del sector. Estos nuevos *inputs* serán adquiridos si, como es de esperar, las relaciones de precios muestran que el valor añadido a la producción agraria tiende a exceder al precio que se ha pagado por tales *inputs*, lo que constituirá un incentivo para su adopción. Pero existe una restricción importante, pues los

---

nuevos *inputs*, que muestran grados muy significativos de sustituibilidad respecto a los *inputs* tradicionales (tierra y trabajo), suelen ser abiertamente complementarios entre ellos (Muro, 1980), por lo que una vez introducidos presentarán un carácter fuertemente irreversible, a pesar de las posibles variaciones de los precios relativos (7), formando un verdadero paquete tecnológico.

Otro aspecto que nos interesa conocer es el grado de estabilidad de estos aumentos de productividad. Existen indicios que permiten afirmar que el impacto de la revolución verde sobre los niveles de productividad no sólo ha sido desigual entre países, sino que han mostrado un carácter decreciente en muchos de ellos en la pasada década.

El Cuadro 3 muestra la evolución de la productividad agraria total para diferentes grupos de países en las tres pasadas décadas y en los años setenta, distinguiendo únicamente entre países desarrollados, entre los que se sitúan en esta ocasión algunos de los que hemos considerado medianamente avanzados, y los subdesarrollados.

Cuadro n.º 3

TASA DE CRECIMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD AGRARIA  
(Tasa compuesta anual, en porcentaje)

Regiones mundiales o países	Productividad 1950-1980	Productividad 1972-1980
<b>Desarrollados:</b>		
— Estados Unidos .....	2,1	1,5
— Europa occidental .....	2,3	1,9
— Japón .....	2,0	2,5
<b>Subdesarrollados:</b>		
— América Latina .....	1,3	1,4
— Norte de Africa .....	2,3	2,4
— Sudeste Asiático .....	2,1	1,4
Total Mundial .....	2,2	1,8

Fuente: U.S.D.A. (1981).

(7) Para ilustrar el carácter irreversible de las técnicas de la revolución verde, a menudo se cita el ejemplo de los abonos nitrogenados, cuyo uso generalizado reducen considerablemente las colonias de bacterias fijadoras del nitrógeno, por lo que una vez introducidas resulta difícil renunciar a su utilización, ya que ellas mismas están agotando las fuentes naturales de la fertilidad (Naredo *et al.*, 1980).

Las ganancias de productividad de la posguerra fueron debidas en buena parte, a nivel mundial, a la mejora en las prácticas agrarias, al uso más generalizado de *inputs* de elevado rendimiento, tales como los fertilizantes, y a la adopción de variedades de plantas de elevado rendimiento. También alimentaron estos crecimientos de productividad un buen número de avances tecnológicos que, sumados a los anteriores, cambiaron los sistemas de producción, permitiendo elevar los ingresos agrarios, mientras crecía la oferta de los nuevos *inputs* a unos precios relativos más bajos que los de los *inputs* tradicionales.

Pero por períodos interesa destacar que los mayores aumentos de la productividad tuvieron lugar en las décadas de los cincuenta y de los sesenta, mientras que en los años setenta estos aumentos se redujeron.

Por países este fenómeno parece cumplirse en la mayoría de los países desarrollados (con la excepción de Japón), y en aquellas regiones mundiales subdesarrolladas en las que, como es sabido, más incidencia ha tenido la difusión de las técnicas de la revolución verde, siendo esta misma la tendencia a nivel mundial.

Con estos simples datos lo único que pretendemos es dejar esbozada la hipótesis de que los aumentos de productividad, derivados de la adopción generalizada de las técnicas de la revolución verde, no son estables (desde una perspectiva histórica parecen estar disminuyendo, al menos en aquellas regiones o países que más tempranamente las adoptaron).

En conclusión, lo que hemos pretendido ilustrar en el presente apartado es que los incrementos de productividad originados por la revolución verde han sido considerables, aunque su incidencia ha sido desigual por países y presenta un carácter inestable. De este modo, la contribución de la agricultura al proceso general de acumulación, mediante la transferencia de productividades, sólo estará asegurada si nuevas tecnologías consiguen mantener suficientemente elevadas las tasas de productividad (8).

---

(8) Estas nuevas «biotecnologías» se sitúan dentro del marco de lo que ha venido en llamarse «la tercera revolución industrial». Entre otras innovaciones comprenden la manipulación de enzimas como catalizadores y la ingeniería genética; nuevas mejoras genéticas en productos de gran consumo; la obtención de proteína por procedimientos bioquímicos para la alimentación animal. El impacto que podrán tener estas nuevas tecnologías sobre la agricultura no está aún suficientemente estudiado, aunque es de esperar que su adopción dará lugar a procesos similares a los que causaron las innovaciones de la revolución verde.

#### IV. LOS EFECTOS DE LA REVOLUCION VERDE

Una vez asumido que las técnicas de la revolución verde elevan la productividad, y sabiendo por los modelos anteriormente citados que estos aumentos de productividad darán lugar a incrementos en los beneficios absolutos del sector agrario, aunque el peso relativo de estos beneficios dentro del sistema agroindustrial tenderá a disminuir, queremos llevar a cabo una aproximación al conocimiento de cómo se distribuyen intrasectorialmente estos beneficios.

Una primera respuesta nos viene dada por los efectos que las innovaciones tecnológicas tienen sobre el sector, si se supone que, por tratarse de un país medianamente avanzado, la agricultura se enfrenta a bajas elasticidades de la demanda de sus productos (Lancaster, 1973).

El argumento es sencillo. Si suponemos que el sector agrario del país se enfrenta a una demanda estacionaria cuya elasticidad respecto al precio es baja, los aumentos en la producción, originados por la adopción de innovaciones tecnológicas, ocasionarán caídas de los precios percibidos por los agricultores. En consecuencia, dependiendo de cuales sean las tasas de crecimiento del producto, la elasticidad-precio de la demanda y las caídas de los precios, las rentas agrarias no aumentarán al ritmo del crecimiento del producto, sino que podrán disminuir incluso en términos absolutos.

Ciertamente, en la realidad estas consecuencias paradójicas no tienen por qué darse si media una política agraria adecuada, pero lo que sí tendrá lugar es que el mantenimiento o el aumento de las rentas medias de los agricultores exigirá el abandono de la agricultura de un porcentaje de su población activa. Por lo que ya sabemos, quienes emigrarán serán preferentemente mano de obra asalariada y titulares de las explotaciones de pequeño y mediano tamaño.

He aquí un primer efecto del desarrollo tecnológico en la agricultura, que puede ilustrarse con la evidencia histórica de numerosos países no subdesarrollados, en los que aunque la demanda no ha permanecido estacionaria (ha aumentado), los considerables aumentos de la producción agraria han coincidido con una

---

relación precios percibidos/precios pagados desfavorable, provocando rentas agrarias reales estacionarias o levemente crecientes (9).

Existen, pues, unos efectos potencialmente adversos como consecuencia de la innovación tecnológica en la agricultura. Pero estos efectos pueden ser clasificados teniendo en cuenta las causas que han motivado la adopción de las innovaciones y sus consecuencias en términos de eficiencia y distribución (Young, 1977).

Entre las causas destacan principalmente dos. Primera, la aparición en el mercado de una nueva técnica más eficiente al precio social del factor, esto es, que hace posible aumentar el producto con unos recursos dados, o bien disminuir el coste de un volumen dado de producción. Segunda, las distorsiones del precio de un factor u otras formas de intervención a través de la política agraria, pueden hacer que la adopción de una nueva técnica sea particularmente rentable, pero no socialmente eficiente si se evalúan a su verdadero coste social los recursos utilizados (10).

Los efectos asociados a la adopción de la innovación, que en este caso no se miden en términos del beneficio de una nueva empresa individual, sino de beneficios sociales, se manifestarán en cambios en la eficiencia, calculados mediante el coste en recursos sociales de un volumen de producción dado, y en cambios en la distribución, referidos a la distribución de los costes y los beneficios de la adopción entre los diferentes grupos sociales.

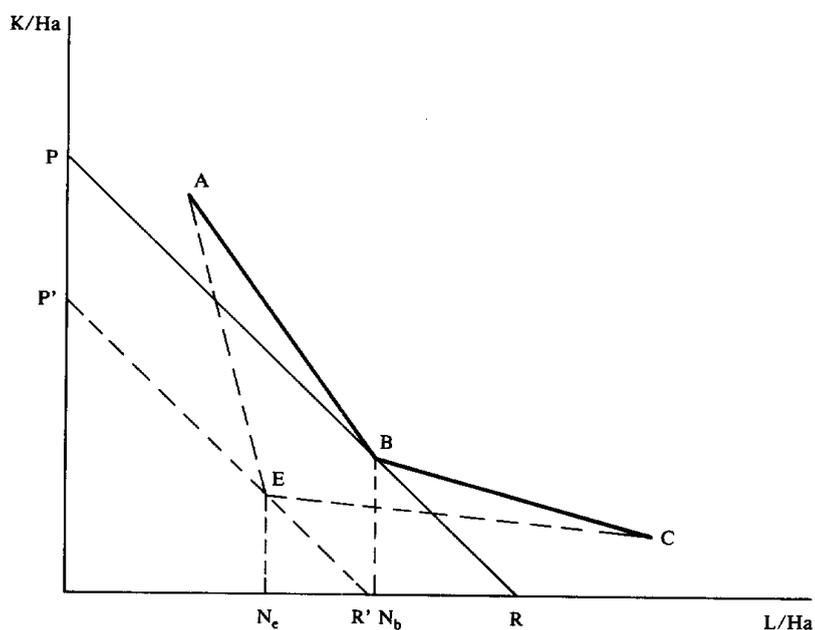
Para ilustrar estos efectos, Young utiliza el concepto de «isocuanta unitaria», que resulta útil para representar gráficamente la evaluación de las nuevas técnicas, caracterizadas por diferentes intensidades en el uso de los factores, en particular el capital y el trabajo.

En la Figura 1, ABC es una isocuanta unitaria, linealmente segmentada, que describe la frontera tecnológica hipotética existente en un momento del tiempo para un tipo de aprovechamien-

(9) Este tipo de efectos han existido en todos los países hoy considerados avanzados y medianamente avanzados. En el caso de los Estados Unidos, sin duda, el principal país innovador, el ritmo de reducción de la población activa agraria ha sido especialmente dramático. Una ilustración de las consecuencias negativas que los incrementos de productividad ocasionan al propio sector agrario puede encontrarse para el caso de la economía americana en Schultz (1965).

(10) A partir de este punto el análisis transcurre en términos de Economía del Bienestar. Este controvertido enfoque resulta especialmente útil por cuanto, como es sabido, la difusión inducida de las innovaciones en el sector agrario ha requerido comúnmente una política de incentivos económicos, así como ha implicado unos costes sociales (en términos de desempleo, por ejemplo), en beneficio de las empresas agrarias.

Figura n.º 1



to agrario determinado. En el eje vertical se representarán las necesidades de capital por hectárea, en términos de valor social de las innovaciones utilizadas, y en el eje horizontal se miden las necesidades de mano de obra por hectárea. Por definición suponemos que todas las posibles innovaciones (o niveles tecnológicos) que representa la isocuanta unitaria dan lugar a iguales niveles de eficiencia. Para una línea isocoste capital-trabajo dada ( $PR$ ), la técnica  $B$  representa el tipo de innovación que supone una mayor eficiencia, ya que por tratarse de una isocuanta segmentada, la tangencia de la línea isocoste en  $B$  significa una elección tecnológica que minimiza los costes.

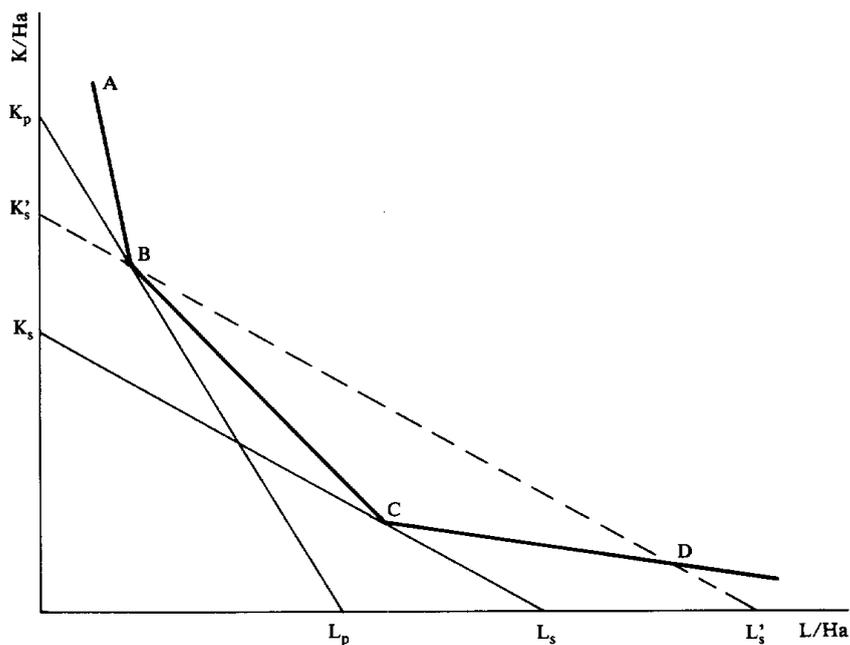
Consideremos ahora que, por la primera de las causas anteriormente apuntadas (aparición en el mercado de una nueva técnica más eficiente) se adopta una innovación representada por el punto  $E$ , cuyo rendimiento se supone el mismo que el de las antiguas técnicas  $A$  y  $C$ . Como consecuencia, aparece una nueva fron-

tera tecnológica AEC, formada por técnicas igualmente eficientes, quedándose obsoleta la técnica B. Para una misma relación de precios de los factores (K, L), la nueva curva isocoste P' R' evidencia que la técnica E es la que origina menor coste y, por tanto, es socialmente la más eficiente.

En conclusión, a corto plazo, puesto que hemos considerado una relación estable de los precios de los factores, la adopción de la nueva técnica supone un beneficio social de P-P' por hectárea. Los efectos distributivos se concretarán, por una parte, en que aquellas empresas agrarias que adopten la nueva técnica serán quienes asumirán estos beneficios; por otra parte, en que el empleo total, después de la adopción de la innovación, se reducirá en  $N_b - N_e$  por hectárea, que a un precio de la mano de obra  $P_L$  significará una reducción salarial de  $P_L (N_b - N_e)$  por hectárea.

En la Figura 2 se utiliza el mismo esquema interpretativo para representar los efectos en la eficiencia y distributivos origina-

Figura n.º 2



dos por la segunda de las causas de adopción de innovaciones (las distorsiones de los precios de un factor por la política agraria). Ahora la isocuanta ABCD representa el conjunto de técnicas eficientes. La relación del precio social de los factores, representada por la curva isocoste  $K_s L_s$  revela que la técnica C es la más efectiva desde una perspectiva social.

Supongamos que, a través de una política agraria determinada (subvenciones, créditos a bajo interés, desgravaciones fiscales en la adquisición de nuevos *inputs*), el precio privado del capital se reduce, por ejemplo, en un 50%, mientras que el precio de la mano de obra permanece constante. Esto significará para las empresas agrarias una reducción de la relación de los precios capital-trabajo, representada por la nueva curva isocoste  $K_p L_p$ , que motivará la adopción de la técnica B como la de menor coste.

Pero en términos del coste de oportunidad social de utilización de los recursos, que vendría representado por una curva isocoste  $K'_s L'_s$ , la utilización de esta técnica B supone un despilfarrero de capital social equivalente a  $K'_s - K_s$  por hectárea. No ha existido beneficio social, sino pérdida, aunque para la empresa privada sí habrá habido beneficio, ya que la adopción de la nueva técnica le ha permitido reducir el coste de producción medido en salarios en  $P_L (L_s - L_p)$  por hectárea, gracias a que esta «modernización» ha sido subsidiada, y costeada, por tanto, parcialmente, por la sociedad.

Así pues, en este caso no ha existido una mejora de la eficiencia social, sino privada, y la distribución de los beneficios derivados de la adopción de la innovación discrimina de nuevo al factor trabajo, que es desplazado fuera del sector. En consecuencia, si no se toman en cuenta otros posibles beneficios que no han sido considerados, la adopción de ciertas innovaciones, inducida por políticas que distorsionan los precios de los *inputs*, debería ser socialmente cuestionada (11).

El tema de las consecuencias sobre el empleo de la adopción

---

(11) La estimación empírica del coste social real que supone la adopción de diversas innovaciones, permitiría medir el grado de racionalidad económica de diversas políticas de «modernización». En aquellos países en los que el proceso industrializador no ha absorbido plenamente el excedente de mano de obra de su agricultura, este tipo de estimaciones pone en evidencia el conflicto que suele plantearse entre el objetivo de lograr elevar las tasas de productividad del sector agrario, y el de mantener unos volúmenes de empleo relativamente elevados. Conflicto que se plantea con especial virulencia en los denominados «cultivos sociales».

de las técnicas de la revolución verde es controvertido. Krisna (1975) arrojó una nueva luz al intentar medir los efectos sobre el empleo del crecimiento agrario con cambio técnico, distinguiendo entre efectos «directos» e «indirectos», los efectos directos se miden por el cambio en el coeficiente de trabajo por hectárea producido por el cambio técnico. Pero el problema fundamental reside en la medición de los efectos indirectos, que él trata de resolver clasificándolos para adaptarlos a un modelo básico *input-output*, y que en buena parte repercuten fuera del sector agrario (12).

Para los efectos directos parece existir acuerdo en que son negativos sobre el empleo, pero el resultado neto final depende de la estimación que se haga de los efectos indirectos, que se consideran positivos. Para los países subdesarrollados se afirma sin titubeos que las innovaciones biológicas y químicas conducen a sustanciales aumentos del empleo agrario y no agrario (Reynolds, 1975: 10).

Sin embargo, para un país medianamente avanzado y a la luz del análisis anteriormente realizado, la hipótesis más probable parece ser la de que el efecto neto sobre el empleo de las técnicas de la revolución verde es negativo, sobre todo si consideramos que, por tratarse de países no innovadores, estas técnicas son generalmente importadas, con lo que al menos una parte de los efectos indirectos repercutirán más bien en los países innovadores.

## V. CONCLUSION

Parece existir un estrecho vínculo entre innovación tecnológica en la agricultura y acumulación de capital, tanto en la agricultura como en los demás sectores económicos. Esta afirmación constituye una hipótesis básica, que se ilustra a partir de la pro-

---

(12) Entre los efectos indirectos destacan: el incremento de la demanda de mano de obra con motivo de las inversiones en infraestructura que pueden acompañar la adopción de las nuevas técnicas (ampliación de los regadíos, abancalamiento de los terrenos, etc.); el aumento de la demanda de mano de obra cualificada para instituciones de investigación agraria y servicios de extensión agraria; el aumento inducido en el empleo en el sector industrial productor de los nuevos *inputs*; el aumento del empleo urbano que se deriva del incremento de la capacidad de compra y consumo de todo tipo de bienes y servicios, debido a la mejora de las rentas agrarias.

pia caracterización de las técnicas de la revolución verde, del análisis de la relación entre revolución verde y productividad de los factores productivos, y de la aproximación a la distribución intrasectorial de los beneficios que se derivan de las ganancias de productividad.

Aparecen derivadamente un buen número de hipótesis secundarias, que habrían de contrastarse empíricamente, que muestran las limitaciones de las técnicas de la revolución verde, su posible inadecuación a las realidades económico-sociales y a la dotación de recursos de diversos países, sus efectos en términos de productividad, empleo y rentas, y la necesidad de importantes apoyos para facilitar unas adopciones que pueden representar elevados costes sociales.

El balance de la adopción de estas técnicas, desde la perspectiva de países no innovadores, y sin tomar en cuenta consideraciones ecológicas, es controvertido, por lo que sería preciso establecer una política de adopciones muy selectiva, al tiempo que convendría poder integrar diversos costes sociales en el cálculo de los efectos de las adopciones para contribuir a fijar criterios de selección.

El carácter del paquete tecnológico que configura el contenido de las técnicas de la revolución verde constituye una importante restricción a una política selectiva de adopciones. Cabe preguntarse si el contenido de las innovaciones biotecnológicas, que ya están apareciendo, contribuirá a suavizar o profundizar los problemas derivados de la revolución verde.

#### BIBLIOGRAFIA

- COMMONER, B. (1971): *The closing cirde*, ed. Knosph, New York.
- COMMONER, B. et alteri (1975): «A comparison of the production, economic return, and energy-intensive-ness of corn belt farms that do and do not use inorganic fertilizans and pesticidas», *Center for Biology of natural systems*, Washington University, St. Louis, Missouri.
- F.A.O. (1980): *Energía para la agricultura mundial*, Roma, 1980.
- GRILICHES, Z. (1960): «Measuring inputs in agriculture: a critical survey», *Journal of Farm Economics*, vol. 42.

- GRILICHES, Z. (1963): «The sources of measured productivity growth: United States Agriculture 1940-1960», *Journal of Political Economy*, August 1963.
- HAYAMI, Y., and RUTTAN, V. (1971, 1985): *Agricultural Development, and international perspective*, the Johns Hopkins University Press, Baltimore and London.
- KRISHNA, R. (1975): «Measurement of the direct and indirect employment effects of agricultural growth with technical change», in *Agriculture in development theory*, New Haven and London, Yale University Press.
- LANCASTER, K. (1973): «Agricultura», en *Economía Moderna*, Alianza Universidad, Madrid, 1977.
- MALASSIS, L. (1973): *Agricultura y proceso de desarrollo*, ed. Promoción Cultural, U.N.E.S.C.O., Barcelona, 1977.
- MURO, J. D. (1980): *El cambio técnico como motor de la producción: una aplicación en la agricultura española*, Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid.
- NAREDO, J. M., y CAMPOS, P. (1980): «La energía en los sistemas agrarios», *Rev. Agricultura y Sociedad*, n.º 15, M.A.P.A., Madrid.
- PERELMAN, M. (1976): «The green revolution: American agriculture in the third World», in *Radical Agriculture*, Ed. R. Merrill, Harper and Row, New York.
- REGIDOR, J. G. (1985): «Agricultura y crecimiento económico: un artículo de síntesis», *Rev. Agricultura y Sociedad*, n.º 34, enero-marzo 1985.
- REGIDOR, J. G. (1986): «Agricultura y acumulación de capital en los demás sectores económicos», *Rev. Agricultura y Sociedad*, n.º 44, julio-septiembre 1987.
- REYNOLDS, LL. (1975): «Agriculture in development theory and overview», in *Agriculture in development theory*, New Haven and London, Yale University Press.
- RUTTAN, V. (1975): «Integrated rural development programs: a skeptical perspective», *International Development Review*, 1975.
- SCHULTZ, T. W. (1964): *Transforming traditional agriculture*, New Haven, Yale University Press, versión castellana en ed. Aguilar, Madrid, 1967.
- SCHULTZ, T. W. (1965): *La crisis económica de la agricultura*, ed. Alianza, Madrid, 1969.
- SCHULTZ, T. W. (1982): «On the economics of agricultura production over time», *Economic Inquiry*, vol. XX, n.º 1, january 1982.
- U.S.D.A. (United States Department of Agriculture) (1981): *Agricultural-Food Policy Review: «Perspectives for the 1980's»*, Washington, april 1981.
- YOUNG, D. L. (1977): «A theoretical framework for evaluating social welfare effects of new agricultural technology», *Western Journal of Agricultural Economics*, june 1977.
-

## R E S U M E N

Se analizan algunas de las cuestiones clave que presenta la innovación tecnológica en la agricultura, dada su relación con el proceso general de acumulación de capital deteniéndose especialmente en aquella que se ha venido calificando bajo el término de «revolución verde». Se profundiza en las consecuencias que han tenido estas técnicas productivas sobre la productividad de los factores, sobre todo de la tierra y el trabajo, así como sobre el incremento de beneficios que permanecen en el sector o que se transfieren fuera de él, lo que permitirá apreciar la contribución de la agricultura al proceso de acumulación, lo que puede permitirnos conocer someramente la incidencia que han tenido estas nuevas técnicas sobre el trabajo y el capital, ya que de ello depende en buena medida el reparto intersectorial de los incrementos de beneficios en el sector, para una estructura de propiedad dada.

## R E S U M E

Ce travail examine certaines des questions clef de l'innovation technologique dans l'agriculture, compte tenu de ses rapports avec le processus général d'accumulation du capital, et tout spécialement la soit-disant «révolution verte». Il y est fait une analyse en profondeur des conséquences qu'ont entraînées ces techniques productives quant à la productivité des facteurs, notamment de la terre et du travail, ainsi qu'à l'accroissement des bénéfices qui demeurent dans ce secteur ou qui en sont transférés. Il est ainsi aisé d'évaluer l'apport de l'agriculture au processus d'accumulation, et d'estimer, sommairement, l'incidence de ces nouvelles technologies sur le travail et le capital, dont il résultera, en grande mesure, la répartition intersectorielle de l'accroissement des bénéfices dans ce secteur, pour une structure foncière donnée.

## S U M M A R Y

Certain key issues raised by technological innovations in agriculture are analyzed, given their relationship with the general process of capital accumulation, with special focus on the so-called «green revolution». The consequences of these production techniques on the productivity factors are discussed in depth, especially in regard to land and labor as well as the increased profits staying in or transferring out of the sector. This will allow us to assess agriculture's contribution to the process of accumulation, and give us a basic idea of the effects of these new techniques on labor and capital, as for a given property structure, the distribution between sectors of the increase in the sector's profits depends on it to a great extent.

---