

ECONOMIA DE LAS TECNOLOGIAS MODERNAS DE RIEGO: LECCIONES DE LA EXPERIENCIA ISRAELI

Por
ARIEL DINAR (*)
DAVID ZILBERMAN (**)

I. INTRODUCCION

El desarrollo, el grado de adopción y la utilización eficaz de las tecnologías modernas de riego han sido los rasgos principales de la agricultura israelí en los 40 últimos años. El riego por goteo y por microaspersión, junto con la informatización de los sistemas de riego, han aumentado los rendimientos, favorecido ahorros considerables de agua y permitido a la agricultura hacer frente de forma más eficiente a las restricciones existentes tanto en cantidad como en calidad de los factores de producción.

Cabe preguntarse ahora hasta qué punto la experiencia israelí en este ámbito de las tecnologías modernas de riego es aplicable a otros países, en especial a los países en desarrollo. En este trabajo se intenta clarificar esta cuestión mediante tres puntos: (1) poniendo de relieve las fuerzas económicas y el marco institucional que impulsaron el desarrollo del riego por goteo y el riego informatizado en Israel antes que en otros lugares, (2) identificando algunos factores que hacen atractivas, en términos relativos, las tecnologías modernas de riego y demostrando que dichos factores explican las pautas de adopción de las tecnologías de riego en Israel, y (3) pre-

(*) World Bank, Agricultural and Natural Resources Department.

(**) Universidad de Berkeley, California.

– Revista de Estudios Agro-Sociales. Núm. 167 (enero-marzo 1994).

sentando estudios de casos que documentan la adopción de técnicas de riego de dosis bajas en Israel. El trabajo se divide en cinco secciones. En la primera se desarrolla el marco conceptual para analizar los efectos y procesos vinculados a la adopción de tecnologías modernas de riego y las condiciones que favorecen esa adopción. En la sección siguiente se contrastan las predicciones del esquema conceptual a partir de los resultados estadísticos obtenidos en estudios que relacionan las pautas de utilización de estas tecnologías con determinados factores económicos, físicos e institucionales. Las dos secciones siguientes son estudios de casos. El primero corresponde al desarrollo e introducción de tecnologías modernas de riego en una de las regiones más avanzadas de la agricultura israelí: la de Arava. En el segundo se estudian las pautas de adopción del riego moderno por parte de los agricultores árabes tradicionales del valle del Jordán. En la última sección se exponen las conclusiones finales.

II. ECONOMIA DE LAS OPCIONES TECNOLOGICAS DE RIEGO

Se ha constatado, en el campo de la investigación, un interés creciente por el análisis de las pautas de utilización de las tecnologías modernas de riego. Los estudios normativos (ver reseña en Dinar y Zilberman, 1991) incorporan datos de estudios empíricos en modelos de optimización para determinar dónde y cómo deben aplicarse las tecnologías modernas de riego. Los modelos positivos (ver reseña en Caswell, 1991) recurren a técnicas econométricas para explicar las pautas reales de elección de una tecnología de riego.

Tanto los análisis normativos como los positivos se basan en marcos conceptuales de los que se derivan las condiciones generales que deben darse para que se adopten y empleen las tecnologías modernas de riego, incorporando las características generales de dichas tecnologías en un marco económico de toma de decisiones. Estos análisis formulan una hipótesis general relativa a los efectos de las nuevas tecnologías sobre los rendimientos y precios reales, sobre las pautas de uso de la tierra y sobre la asignación de recur-

sos, proporcionando así una teoría que los modelos empíricos contrastan y aplican. A continuación se resumen los principales resultados teóricos.

II.1. *El problema de la elección de la tecnología de riego*

La obtención de beneficios elevados con bajos niveles de riesgo económico es el supuesto establecido como objetivo de los agricultores en el proceso de toma de decisiones. Para ello, los agricultores combinan sus expectativas de precios y su conocimiento de las respuestas de los rendimientos a distintas aplicaciones de los factores de producción con diferentes tecnologías. El procedimiento para la elección entre varias tecnologías de riego se basa en determinar, para cada una, los niveles óptimos de agua y de otros recursos (p. ej., fertilizantes), deducir los beneficios y riesgos resultantes y, por último, elegir la tecnología óptima.

Al analizar la producción agrícola, el suelo se considera como un medio para la interacción de los consumos intermedios (agua, plaguicidas, semillas, etc.) que da por resultado el crecimiento de los cultivos. No es un medio perfecto, debido a que su topografía y sus características fisiológicas provocan pérdidas de agua en forma de escorrentía y de filtración. Resulta así una diferencia sustancial entre agua aplicada y agua útil (agua consumida por el cultivo). La eficiencia técnica del riego, medida por la relación entre agua útil y agua aplicada, varía en función de la calidad del suelo y de la tecnología de riego. Los suelos con baja capacidad de retención de agua (p. ej., arenosos) o situados en pendientes acusadas se consideran de mala calidad desde la perspectiva del riego, mientras que los terrenos llanos con suelos más pesados se consideran de mayor calidad. En una determinada parcela, es probable que la eficiencia del riego sea menor con una tecnología tradicional por gravedad (surcos o inundación) que con una tecnología moderna (goteo o aspersión). Debido a ello, los economistas consideran que estas tecnologías modernas mejoran la calidad de la tierra. Por ejemplo, en un terreno típico de California central, la eficiencia del riego por el método tradicional de surcos es de 0,6, pero aumenta a 0,85 si se instaura el

riego por aspersión y a 0,95 si el riego se realiza por goteo. La ganancia relativa asociada a la sustitución del riego es mayor en suelos de calidades inferiores (considerando como atributos de calidad la capacidad de retención de agua y la pendiente). Ahora bien, la transición a las tecnologías modernas exige una inversión adicional en equipo y formación, además de necesitar energía para la distribución del agua por el campo. De esta forma, la transición tecnológica requiere alcanzar un equilibrio entre una mayor eficiencia de riego y unos costes más elevados de capital y de presión en el agua.

La función de respuesta del cultivo al agua, que relaciona la producción con los niveles de agua útil, es la relación básica que determina la aplicación del agua bajo cualquier tecnología. Para cada una, el nivel de agua útil que maximiza el beneficio se encuentra en el punto en que el valor de la producción obtenida al aumentar en una unidad el agua útil es igual al precio de este agua útil. Este último es el precio del agua aplicada necesaria para generar una unidad de agua útil más los costes de la presión. Como las tecnologías de riego varían en cuanto a su eficiencia de riego y a las necesidades de presión, varían también en cuanto al precio del agua útil. Dada una calidad del suelo, cuando los precios del agua aplicada son lo bastante bajos, los costes de la presión son la causa principal de las diferencias de precio del agua útil, y por ello, las tecnologías modernas tienen precios del agua útil más elevados que las tecnologías tradicionales. Ahora bien, a partir de determinados niveles críticos del precio del agua, los precios del agua útil asociados al empleo de tecnologías modernas son inferiores. Además, estos precios críticos se hacen menores a medida que disminuye la calidad del suelo.

Las funciones de respuesta del cultivo al agua indican que las tecnologías con menores precios del agua útil utilizarán más riego y darán mayores rendimientos. Por consiguiente, si los precios del agua (aplicada) son muy bajos, las tecnologías tradicionales obtendrán rendimientos más altos que las tecnologías modernas. Ahora bien, cada calidad de suelo tiene unos precios críticos del agua por encima de los cuales las tecnologías modernas proporcionan un riego más eficaz y dan lugar a mayores rendimientos. Estos precios críticos del agua disminuyen con la calidad del suelo. Así pues, la maximización del beneficio sugiere que las tecnologías modernas de

riego incrementan los rendimientos allí donde los precios del agua son relativamente altos y la calidad del suelo es baja. Por el contrario, las tecnologías tradicionales obtienen mayores rendimientos cuando las calidades de los suelos son altas y los precios del agua son bajos.

En los casos en que las tecnologías tradicionales obtienen mayores rendimientos y exigen más agua útil, también necesitan más agua aplicada. Sin embargo, las tecnologías modernas no necesariamente demandan más agua aplicada cuando obtienen mayores rendimientos y exigen más agua útil. Así, la hipótesis de maximización del beneficio da lugar a tres tipos de resultados:

- (1) la tecnología moderna aumenta los rendimientos y el consumo de agua cuando los precios del agua y de la producción son muy altos y la calidad del suelo es suficientemente baja.
- (2) la tecnología moderna aumenta los rendimientos, ahorrando agua, cuando los precios del agua y de la producción son bastante altos y la calidad del suelo es bastante baja.
- (3) la tecnología tradicional proporciona una mayor producción pero exige más agua, en situaciones en que la calidad del suelo es alta y los precios del agua aplicada son lo bastante bajos.

Para que la tecnología moderna sea seleccionada tiene que generar un margen de explotación adicional suficiente (definido como ingresos menos costes variables), en comparación con la tecnología tradicional, para cubrir las mayores inversiones. La tecnología tradicional permite obtener mayores márgenes de explotación cuando da lugar a mayores rendimientos. De la misma forma, cuando es la tecnología moderna la que facilita la obtención de mayores rendimientos, también son mayores los márgenes de explotación y, por tanto, podría ser adoptada. La maximización del beneficio sugiere que las tecnologías modernas serán elegidas en el caso en que los precios del agua y de la producción sean relativamente elevados y los suelos sean de mala calidad. De esta forma, en los terrenos llanos, con suelos pesados y suministro de agua abundante y barato, será preferible mantener las tecnologías tradicionales de riego. Las tecnologías modernas de riego también aumentan la productividad del riego con agua salina. En esencia, mejoran la calidad del agua, y los resultados obtenidos en relación a la

selección de la tecnología de riego con distintas calidades de suelo, tienen un paralelismo directo cuando se analiza el resultado de un sistema de riego en relación con la calidad del agua utilizada.

II.2. *Los efectos de la tecnología moderna sobre los precios y su difusión a lo largo del tiempo*

Cuando en una región se introducen tecnologías modernas, consideraciones de tipo económico indican que empiezan por adoptarse en zonas con suelos marginales, precios del agua altos y cultivos de precio elevado. En ocasiones se produce un aumento de la superficie productiva de la región, al resultar lucrativa la utilización de algunas tierras marginales que antes permanecían ociosas. Siempre que se adoptan las tecnologías, se produce una tendencia al aumento de los rendimientos. Este efecto de incremento de los rendimientos tiende, a su vez, a aumentar la oferta de productos y, si la demanda permanece constante, provoca un descenso de los precios de los productos. Por lo tanto, la introducción de tecnologías modernas de riego puede provocar un aumento de los niveles de producción y una disminución de los niveles de precios. El efecto sobre los precios puede reducir el ritmo de adopción de aquéllas.

La introducción de tecnologías modernas tiene efectos importantes sobre la renta y los precios de la tierra. Incrementa el valor de las tierras marginales y de aquellas en las que se utiliza agua cara, en relación con el de las de alta calidad y el de las que disponen de un abastecimiento de agua barato. Además, el efecto sobre los precios tiende a disminuir las ganancias de quienes no las adoptan, haciendo que el valor de las tierras de alta calidad pueda descender una vez introducidas las tecnologías modernas de riego.

La difusión de la nueva tecnología es un proceso gradual que se extiende a lo largo de años. Según la teoría de la difusión, una tecnología nueva se adopta en primer lugar donde presenta la mayor ventaja relativa sobre la tecnología tradicional, desplazándose después progresivamente a las zonas en que la ventaja relativa no es tan acu-

sada. Los factores que impulsan este proceso de difusión son el aprendizaje por los agricultores de:

- (1) el empleo y las propiedades de la nueva tecnología.
- (2) la reducción en los costes del equipo.
- (3) el aumento de eficiencia de la tecnología.

En el caso de una tecnología moderna, como el riego por goteo, la teoría predice su introducción en las zonas con tierras marginales y precios altos del agua, utilizándose en cultivos de alto valor, para después, con el tiempo, extenderse a lugares con suelos de mejor calidad y a cultivos de valor inferior. La difusión será apoyada a medida que la fiabilidad del sistema de goteo mejore con el tiempo, aumente el conocimiento del sistema por parte de los agricultores y disminuya el coste del equipo. Cuando el efecto sobre los rendimientos, asociado a la difusión del riego por goteo, tienda a disminuir los precios de los productos obtenidos, se tenderá a retardar el proceso de difusión. Por lo tanto, la difusión del goteo es más rápida en los cultivos cuyos precios son poco sensibles a las variaciones de cantidad (productos con demanda elástica). El grado y la velocidad de difusión de una tecnología moderna serán mayores si los recursos regionales de agua son limitados y agotables en lugar de renovables. Las políticas gubernamentales también pueden influir en este proceso de difusión. La investigación pública dirigida a la mejora del equipo de riego y su uso, junto con las actividades de extensión, formación y asesoramiento a los agricultores sobre las nuevas tecnologías, así como las subvenciones a la compra y financiación de componentes de nuevas tecnologías, estimulan la difusión. Por el contrario, ésta se desalienta cuando los precios del agua y los de la energía destinada al riego están subvencionados; produciéndose el efecto contrario si el apoyo es a los precios de los productos.

II.3. *El riesgo y otras consideraciones*

Las actividades agrarias están sujetas a riesgos e incertidumbres notables. Para reducir las consecuencias negativas de éstas, los agricultores llevan a cabo distintas actividades. La inseguridad de la llu-

via y otros fenómenos climatológicos genera incertidumbres en el abastecimiento de agua en muchas zonas. La adopción de las tecnologías modernas, con mayor eficiencia de riego, puede disminuir los efectos de la escasez estacional de agua. De esta forma, si se establecen prioridades en la asignación de agua de un determinado origen, es más probable que adopten las tecnologías los agricultores con prioridad baja que los de prioridad alta.

Es evidente que las tecnologías modernas pueden aprovechar el agua de mala calidad mejor que las tecnologías tradicionales. Por consiguiente, existe una tendencia a adoptarlas en zonas con agua de mala calidad y en regiones donde la calidad es variable (suponiendo constantes los demás factores). El proceso de difusión comenzará con agua de mala calidad, aumentando con el tiempo la calidad del agua utilizada con la nueva tecnología.

Las tecnologías modernas de riego disminuyen también el coste y aumentan la productividad de los recursos tradicionales. La utilización de los sistemas de goteo y aspersión en la aplicación de fertilizantes y plaguicidas, disminuye la mano de obra y el coste de la energía en relación con la aplicación mecánica. Con el riego por goteo en particular, las cantidades necesarias de productos químicos disminuyen notablemente. Esto sugiere que la probabilidad de adopción de las tecnologías modernas será mayor en los cultivos que exigen tratamientos químicos intensivos.

Además, el goteo presenta una ventaja adicional, en relación a la utilización de mano de obra, al no inundar todo el campo y mantener secos los caminos. Esto facilita el acceso a los cultivos y permite continuar el riego hasta el momento de la recolección, con el consiguiente aumento de los rendimientos. Este es otro motivo que incrementa el atractivo del riego por goteo para los agricultores dedicados a cultivos de alto valor.

Los sistemas de goteo, una vez instalados correctamente, exigen menos trabajo que las tecnologías tradicionales, sobre todo en suelos de baja calidad con turnos de riego cortos. Por otra parte, los sistemas modernos de riego pueden exigir una mano de obra especializada, en cuya ausencia se puede retardar el proceso de adopción. Los programas de formación profesional en diseño y mantenimiento adecuados de equipos juegan un papel fundamental en relación a este aspecto.

Las tecnologías modernas de riego (en especial el riego por goteo), son más eficaces que los sistemas tradicionales como complemento a la informatización y automatización de procesos. El empleo de sistemas de sensores y la automatización en el riego por goteo parece ofrecer amplias posibilidades de aumento de los rendimientos, puesto que permite ajustar las dosis de riego, casi en el instante, a las necesidades físicas del cultivo. Por consiguiente, la difusión de la informática en la agricultura puede acelerar y aumentar la difusión de tecnologías modernas de riego. De la misma forma, es probable que la adopción del riego moderno acelere la difusión de la automatización. En muchos casos, las dos tecnologías se introducirán en bloque.

Determinadas consideraciones de política medioambiental hacen más atractivas las tecnologías modernas de riego, estimulando su adopción. En regiones en que los niveles crecientes de contaminación de las aguas subterráneas son motivo de preocupación y dan lugar a la adopción de disposiciones reglamentarias, es probable que se estimule e incluso se subvencione la utilización de tecnologías modernas de riego, al disminuir la filtración de agua y la escorrentía debido a su mayor eficiencia.

III. DIFUSION Y ADOPCION DE LAS TECNOLOGIAS MODERNAS DE RIEGO EN ISRAEL

El desarrollo de la agricultura israelí en el último siglo ha estado condicionado por la disponibilidad de recursos hidráulicos. El agua se ha convertido en un factor limitante. De ahí que la eficiencia del riego (en todas sus definiciones) haya sido considerada como un factor clave y que Israel haya sido de los primeros países en adoptar sistemas modernos de riego. Hasta mediada la década de 1970, según datos de Fishelson y Rymon (1989), la tecnología de riego a presión (distintas variedades de aspersores) atendía a un 95 por ciento de la superficie regada. Según Abbott (1984), de 1975 a 1982 el empleo de instalaciones de riego de dosis bajas (y por tanto de tecnologías modernas) aumentó más del 700 por ciento. Esta expansión tuvo lugar sobre todo en cultivos de gran valor y en invernaderos (según

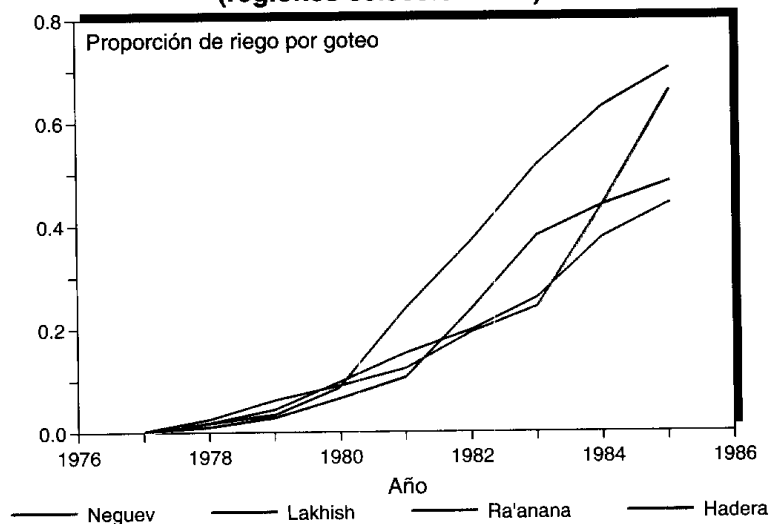
Abbott, 1984). A pesar del extraordinario aumento de las instalaciones modernas de riego y de su importancia para el desarrollo agrícola israelí, hay pocos estudios sobre la adopción y difusión de estas tecnologías. Por fortuna, éstos se refieren a dos cultivos principales: algodón y cítricos, por lo que pueden ofrecer perspectivas más generales al respecto. El algodón es el cultivo herbáceo más importante; representa el 25-35 por ciento de la superficie total de regadío y consume el 15-20 por ciento del agua destinada al riego. Por su parte, los cítricos suponen el primer capítulo en las exportaciones de Israel; representan un 20-30 por ciento de la superficie de regadío y consumen el 25-30 por ciento del agua destinada al riego. Dada su importancia, estos dos cultivos han constituido, en todo momento, el eje del debate público sobre la eficiencia y la asignación del agua y, por lo tanto, fueron los primeros en los que se adoptaron tecnologías modernas de riego.

Existen tres estudios que describen la difusión del riego por goteo y de las tecnologías modernas de riego en Israel. El primero (Fishelson y Rymon, 1986; y Fishelson y Rymon, 1989) ofrece datos cronológicos, procedentes de siete regiones, sobre la superficie de algodón regada por goteo. El segundo (Dinar, 1990) incluye datos cronológicos de cinco regiones y de la franja de Gaza sobre numerosos productores de cítricos que han adoptado tecnologías modernas de riego (aspersores fijos, microaspersores y microchorros, y riego por goteo). El tercer estudio (Feinerman y Yaron, 1990) proporciona series temporales y datos de sección cruzada relativos a cultivadores de algodón en kibutzim de dos regiones del centro de Israel.

El estudio de Fishelson y Rymon (1986, 1989) indica que el riego por goteo se introdujo en siete regiones en 1977-78 y que la proporción de la superficie sembrada de algodón y regada por goteo ha aumentado a lo largo del tiempo. En el gráfico 1 se representan estos datos para cuatro regiones. Las curvas logísticas estimadas reflejan la pauta de difusión del riego por goteo en cada una. En el cuadro 1 se representa el nivel de saturación del riego por goteo en cada región. Según estos datos, cuando la difusión del riego por goteo alcance su techo, en el 100 por ciento de la superficie de algodón en Ra'anana; del 65 al 75 por ciento de la superficie de algodón en el Neguev, Galilea y Bet She'an; y del 40 al 50 por ciento en Lak-

GRAFICO 1

**DIFUSION DEL RIEGO POR GOTEO EN EL ALGODON
(regiones seleccionadas)**



Cuadro 1

**NIVELES MAXIMOS DE RIEGO POR GOTEO EN EL ALGODON Y EN LOS CITRICOS
Y POR MICROASPERORES Y MICROASPERORES
FIJOS EN LOS CITRICOS, POR REGIONES**

Región	Algodón ^a Proporción de superficies Goteo	Goteo	Cítricos ^b Proporción de agricultores Microaspersores	Unidades fijas
Gaza	._c	._c	.44	._c
Neguev	.75	.62	._c	._c
Lakhish	.50	.22	.36	.71
Rehovot	._d	.19	.92	.54
Ra'anana	1.00	.08	.82	.55
Hadera	.50	.22	.77	.64
Valle de Yizra'el	.40	._d	._d	._d
Galilea	.65	._d	._d	._d
Bet She'an	.75	._d	._d	._d

^a Fuente: Fishelson y Rymon (1986).

^b Fuente: Dinar y Yaron (1988).

^c La tecnología no se utilizaba en la región.

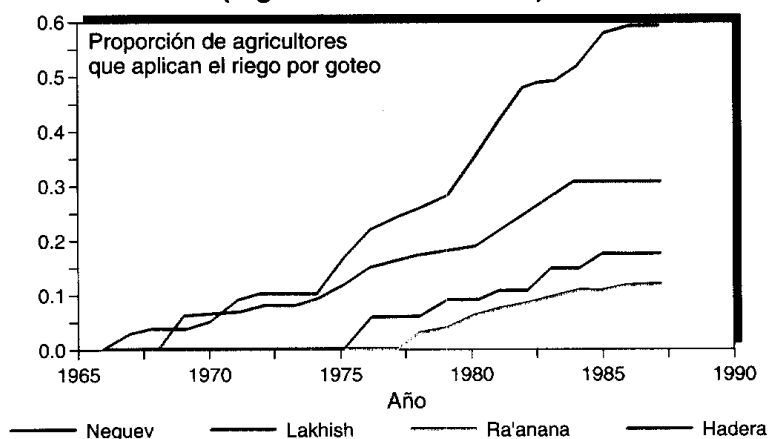
^d La región no se incluyó en el estudio.

hish, Hadera y el valle de Yizra'el se habrá implantado ese sistema. Se aprecian también diferencias entre unas regiones y otras respecto a los coeficientes estimados de la variable tiempo, lo cual indica que el año en que se alcanza dicho nivel de saturación puede variar de una a otra. Estas diferencias regionales se explican por el éxito relativo de la implantación del goteo entre regiones, medido por las diferencias de los rendimientos obtenidos por goteo y aspersión.

Los resultados de Dinar (1990) proporcionan una pauta similar para tres tecnologías modernas de riego (aspersores fijos bajo las ramas de los árboles, microaspersores y goteo) en cítricos, que se presentan también en el cuadro 1 y gráfico 2. Obsérvese que, en este caso, la variable dependiente en la función logística es el porcentaje de agricultores. Excepto en Ra'anana, las otras tres regiones muestran el mismo comportamiento en relación con el nivel de saturación. El Neguev tiene el nivel más alto, y Lakhish y Hadera presentan coeficientes similares y más bajos. (Obsérvese que los cultivadores de cítricos cuentan con una variedad de tecnologías modernas de riego mucho más amplia que los cultivadores de algodón; no obstante, el riego por goteo en el algodón presenta muchos matices y

GRAFICO 2

DIFUSION DEL RIEGO POR GOTEO EN LOS CITRICOS (regiones seleccionadas)



modalidades típicas de cada región.) Dinar (1990) también proporciona estimaciones de los efectos de la política sobre las tasas de difusión y los niveles de saturación, utilizando datos agregados de todas las regiones. Emplea el precio de exportación Shamuti como sustituto del precio de los cítricos e identifica dos variables políticas en este análisis: (1) el precio del agua y (2) la tasa de subvención a la inversión en tecnologías de riego. La conclusión principal es que un incremento del precio de exportación de los cítricos, del precio del agua, y de la tasa de subvención hará que aumente el porcentaje de utilización de las tecnologías modernas de riego en los cítricos. Por ejemplo, si el precio de exportación permanece constante en el nivel de 1987, el nivel de saturación del riego por goteo se alcanzará en el año 2001. Si la tasa de subvención fuera el 20, en lugar del 15 por ciento de la inversión, el techo se alcanzará cuatro años antes (1997).

Feinermann y Yaron (1990) partieron de datos de explotaciones agrarias en las regiones de Rehovot y Lakhish para estimar la difusión del riego por goteo en el cultivo de algodón. Su principal resultado fue que la rentabilidad es la variable más importante que explica la adopción de esta técnica. Otros resultados importantes conciernen a los efectos que sobre la proporción de algodón dentro de la explotación agraria ejercen la escasez de agua y las variables atmosféricas y locales. La calidad del suelo fue mencionada por los agricultores encuestados como un motivo importante para adoptar el riego por goteo, aunque la ausencia de datos impidió contrastar este extremo.

En un estudio diferente, Dinar y Yaron (1990) utilizaron datos de sección cruzada para explicar la variación del porcentaje de empleo de las tecnologías modernas de riego entre las explotaciones de distintas regiones cítricas de Israel y Gaza. En el cuadro 2 se representan los resultados de la muestra de 1987. Otra variable utilizada por Dinar y Yaron fue la velocidad de adopción de una tecnología. Según sus resultados, los kibutzim tienen porcentajes más elevados de empleo de las tecnologías modernas (en especial riego por goteo) y además las adoptan con mayor rapidez que los moshav, o plantaciones de propiedad privada. De forma similar, las regiones del Sur tienen porcentajes más elevados de empleo de dichas tecnologías y también las han adoptado con más rapidez que las del Norte. Una posible explicación es que las condiciones climatológicas son menos

Cuadro 2

PORCENTAJE DE LA SUPERFICIE DE CITRICOS EQUIPADA CON DIFERENTES
TECNOLOGIAS DE RIEGO EN 1987, POR REGIONES

Tecnología	Región					
	Gaza	Neguev	Lakhish	Rehovot	Ra'anana	Hadera
	Porcentaje de la superficie equipada con tecnología					
Método de surcos	50,3	0	0	0	0	0
Sistema portátil	0	0	0	0	0	0,7
Encima de la arboleda	0	0	0	2,3	7,9	(a)
Dragalina	0	32,0	40,5	21,4	23,4	8,3
Unidades fijas	5,6	5,4	28,9	27,8	35,9	42,5
Microaspersión	44,1	7,0	17,7	48,6	34,3	38,2
Goteo	0	45,6	12,0	2,3	4,1	2,4

(a) No se dispone de datos regionales.

extremas en las partes central y septentrional de la zona estudiada. Es probable que las altas temperaturas sean contrarrestadas por las tecnologías modernas de riego, que poseen mejor control y más flexibilidad. La calidad del suelo siempre resultó significativa, mostrando que las tecnologías modernas se adoptan con más frecuencia en los suelos ligeros que en los pesados.

Los autores calcularon también los efectos marginales de la calidad y escasez de recursos sobre combinaciones en distintas proporciones de todas las tecnologías modernas y del riego por goteo. Si se utilizan los valores medios de esas variables como punto de partida, el efecto marginal de la calidad del suelo y de la asignación de agua es 10 a 50 veces más alto que el de la calidad del agua o la tolerancia del cultivo. El efecto marginal del precio del agua en el caso del riego por goteo es semejante al de la calidad del suelo.

¿Qué puede deducirse de estos estudios desde el punto de vista de la adopción de las políticas?

De estos estudios se desprenden varias enseñanzas. Hay que resaltar las diferencias de las pautas de difusión (ritmos y techos) en las distintas regiones, debido a la localización (suelo, clima, etc.) y a los servicios regionales de los sistemas públicos de apoyo. Estos datos son fundamentales en cualquier política encaminada a promover tecnologías modernas de riego. Por lo tanto, las medidas deben tomarse atendiendo a las necesidades y características de las distintas regiones y cultivos y, como es evidente, también a las características de las explotaciones.

IV. DESARROLLO DEL RIEGO POR GOTEO EN ARAVA

Las tecnologías modernas de riego localizado se desarrollaron y emplearon a escala comercial en las fases iniciales de la colonización de la región de Arava. Se trata de una región fronteriza árida, de población dispersa, compuesta sobre todo por nómadas, que en los 30 últimos años ha experimentado un fuerte desarrollo y ahora es una de las regiones agrícolas más avanzadas de Israel. Seguidamente se demuestra que el proceso en el que se desarrolló la colonización y, en particular, el desarrollo del riego por goteo ha sido coherente con algunos de los principales resultados de la teoría económica del desarrollo (1).

Arava forma parte de la fractura afroasiática y comprende las llanuras situadas entre el Mar Muerto y el Mar Rojo. La zona está atravesada por la frontera entre Israel y Jordania, y se encuentra muy distante de los centros de población de Israel. Es árida, con temperaturas muy fluctuantes, y se enfrenta a las limitaciones de agua y suelo características de las zonas desérticas.

En un primer momento, fueron las consideraciones relativas a la seguridad nacional las que dieron el principal impulso para la colonización de Arava. No obstante, a medida que continuó el proceso de desarrollo pasaron a primer plano los objetivos económicos de maximización del uso de los recursos regionales. El proceso de desarrollo ha superado muchas restricciones. Al principio la región se caracterizaba por la ausencia de infraestructuras, en particular de redes de transporte satisfactorias. La incertidumbre sobre las interrelaciones tecnológicas, en especial sobre las tecnologías de producción agrícola, contribuyó también a obstaculizar el crecimiento. Fue necesario desarrollar una tecnología adecuada para la zona. Existía incertidumbre asimismo sobre la distribución de los recursos dentro de la región, en especial sobre la calidad del agua y del suelo, aunque era evidente que una y otra eran de mala calidad. La única característica prometedoras era la temperatura relativa-

(1) En Hochman y cols. (1985), se encuentra un análisis detallado de la colonización de Arava. Un marco conceptual que aporta los fundamentos de gran parte del análisis aparece en Hochman y Zilberman (1986).

mente alta al final del invierno y principio de la primavera, en cuanto que sugería la producción potencial de hortalizas y frutas fuera de estación.

Para superar los obstáculos y restricciones existentes, los organismos responsables de la planificación y gestión de la colonización se mostraron muy selectivos en los procesos de reclutamiento y selección de nuevos colonos. A diferencia de la política aplicada en los asentamientos de otras regiones, a las que se envió a nuevos inmigrantes, a Arava se enviaron colonos de la segunda generación de kibutzim y moshavim ya existentes, además de jóvenes con formación superior procedentes de zonas urbanas. Los estudios de Sadan y Weintraub (1980) y de Berck y Levy (1982) mostraron que estos grupos tenían una ventaja relativa en capital humano. Schultz (1975) formuló el fundamento teórico que explica la contribución del capital humano a la evolución del crecimiento en la agricultura moderna. Subrayó la importancia de la capacidad de los agricultores para aprender de su experiencia y de su lucha con la naturaleza y también para adaptar su tecnología al entorno de trabajo. Calificó a esta capacidad de adopción de nuevas tecnologías y de adaptación a realidades poco familiares como «facultad para hacer frente al desequilibrio», y la relacionó con la escolarización formal y con unos buenos conocimientos técnicos. Los colonos de Arava tenían ventaja en este ámbito.

Otros factores importantes que contribuyeron a la capacidad de la región para combatir las incertidumbres tecnológicas y ecológicas y desarrollar tecnologías adecuadas fueron la creación de un centro de investigación agraria y la vinculación de los investigadores que trabajaban en él a una universidad importante, la Universidad Hebrea de Rehovot, y a la Organización de Investigación Agraria de Bet-Dagan. Durante todo el desarrollo de Arava ha habido una cooperación constante entre los investigadores y los colonos. Estos contribuían a fijar la orientación general de las investigaciones; algunos estaban empleados en la propia estación y participaban en numerosos experimentos. Las políticas laboral y de investigación en Arava desempeñaron un papel clave en la capacidad para desarrollar e introducir tecnologías de producción viables en esta región.

La capacidad de investigación y desarrollo de los agricultores de Arava se ha puesto de manifiesto en todo momento. El carácter de las innovaciones generadas en la región es coherente con la hipótesis de «innovación inducida» formulada por Hayami y Ruttan (1971), según la cual la orientación de la investigación y las innovaciones son influidas por consideraciones económicas de escasez y de precios relativos. Colonos e investigadores de Arava desarrollaron nuevos métodos de cultivo y variedades adecuadas para suelos arenosos a principios de la década de los sesenta, cuando la calidad de los suelos era el factor más restrictivo de la producción agraria. A finales de la década de los setenta, cuando lo era la disponibilidad de mano de obra, se desarrollaron cosechadoras mecánicas muy avanzadas para la recolección de frutas y hortalizas. La introducción del riego por goteo también fue inducida por las condiciones de escasez de agua y por los problemas de calidad del agua y del suelo.

Según Hochman y cols. (1985), la colonización de Arava ha pasado por cuatro fases, similares a las existentes en otros procesos de colonización como el de Estados Unidos (Cochrane, 1979). La primera fase abarcó las décadas de los cincuenta y los sesenta, y en ella se llevó a cabo la investigación preliminar de una tecnología adecuada. Se realizaron numerosos experimentos con cultivos y prácticas agronómicas, identificándose los viables. La segunda fase (1969-1973) fue de consolidación. Se estimuló a un pequeño número de asentamientos a consolidar su base productiva y tecnológica y a formar un modelo para el futuro. La tercera fase, de despegue, correspondió a 1973-1982, cuando la población se triplicó y se establecieron nuevas colonias (más de 10) según la pauta marcada por los primeros asentamientos. A partir de 1982, el crecimiento de la región se ha limitado, debido en gran parte a limitaciones del mercado y a restricciones políticas. Para seguir creciendo, la región necesita desarrollar nuevas fuentes de ingresos o, como alternativa, usos de mayor valor para sus recursos.

En la primera etapa de desarrollo, los colonos de Arava utilizaron los métodos de producción predominantes en las zonas del Norte de Israel para cultivar y recolectar hortalizas como tomates, cebollas y berenjenas, obteniendo precios relativamente altos, aunque los rendi-

mientos eran bastante bajos. Según Zohar (2), a principios de los sesenta, los cultivos de tomates daban un rendimiento inferior a 1.000 kg por dunam (un duman equivale a 1/10 de hectárea). Era un resultado muy decepcionante, puesto que los experimentos con cultivos hidropónicos en la región obtenían como mínimo diez veces más.

Los resultados obtenidos en cultivos hidropónicos señalaban un inmenso potencial sin utilizar y desafiaban a los asesores agrónomos y a los agricultores a intentar el desarrollo de prácticas que incrementasen los rendimientos. Los asesores agrónomos de la región conocían una nueva tecnología de riego que había sido experimentada por Simcha Blass, destacada personalidad de la planificación hidrológica del país. Según Richmond (1985), «Blass observó que un árbol grande próximo a una espita que perdía agua mostraba un crecimiento más vigoroso que otros árboles de la misma zona a los que no llegaba el agua. Sabía que los métodos tradicionales de riego desperdiciaban una gran cantidad del agua aplicada al cultivo, y su observación le hizo concebir un sistema que aplicara agua en pequeñas cantidades a lo largo de mucho tiempo...» Por último, ideó el sistema que ahora se denomina de «riego por goteo».

Los asesores y agricultores del kibutz Ein Gedi experimentaron con un sistema primitivo de riego por goteo en 1965-1967, obteniendo efectos sobre los rendimientos considerables. Entre 1967 y 1970 se experimentó con la nueva tecnología en otras colonias, obteniéndose resultados similares. Tras estos éxitos, se inició un proceso gradual de adopción y transición del riego por aspersión al riego por goteo. En 1975, el riego por goteo se había convertido en la tecnología dominante en Arava.

Aun cuando los investigadores y colonos de Arava reconocieron las ventajas del riego por goteo poco después de su introducción en la región, durante algún tiempo el organismo central de planificación agraria y el centro de investigación sobre temas hidrológicos y edafológicos de Israel se mostraron escépticos sobre la viabilidad económica de esta tecnología (3). Este escepticismo podía deberse a la limitada capacidad de la teoría de aquella época, sobre gestión hidro-

(2) Comunicación personal con Yehudi Zohar, un antiguo agricultor asesor de Ein Yahav.

(3) Comunicación personal con Yehuda Zohar y con Menahem Schmueli.

lógica y edafológica, para abordar y explicar el rendimiento del riego por goteo. No obstante, esta actitud fue cambiando poco a poco y en los primeros años de la década de los setenta se reconoció la «legitimidad» de esta tecnología de riego, merecedora del apoyo gubernamental a la inversión como prueba adicional del éxito conseguido. Además, los trabajos de Goldberg y col. (1976), basados en el rendimiento del riego por goteo en Arava, habían afectado el ámbito de la gestión hidrológica y edafológica (4).

Es probable que el tibio apoyo institucional a la investigación y aplicación del riego por goteo en la primera fase de su utilización frenase el ritmo de adopción de esta tecnología. Por el contrario, el apoyo financiero, el compromiso y la implicación activa de los colonos en gran parte de la experimentación fue esencial para su desarrollo como práctica viable desde el punto de vista comercial.

El cuadro 3, tomado de Hochman y cols. (1985), se basa en una evaluación normativa de los resultados obtenidos (presupuestos regionales de cultivo) por los agricultores de Arava realizada por el orga-

Cuadro 3

VALORES MEDIOS DE RENDIMIENTO, AGUA Y MANO DE OBRA POR DUNAM,
1966, 1973 Y 1979

Cultivo y año	Rendimiento kg	Mano de obra días	Agua m ³
<i>Pimientos</i>			
1966	1.600	23,0	650
1973	2.000	16,5	700
1979	3.500	13,5	1.200
<i>Tomates</i>			
1966	3.250	26,5	550
1973	4.000	27,5	1.000
1979	10.000	32,5	1.500
<i>Cebollas</i>			
1966	3.500	11,0	650
1973	3.350	5,7	1.000
1979	4.000	3,5	1.625
<i>Melones</i>			
1966	1.750	6,5	300
1973	2.000	8,7	500
1979	3.000	4,0	700

Fuente: Archivos de la Agencia Judía.

(4) Esta estimación se debe a Yair Guron, director general del proyecto I + D del Sur y BARD.

nismo de planificación judío durante el período en que se adoptó el riego por goteo en esta región. En ella se advierte que esta tecnología permitió la duplicación e incluso triplicación de los rendimientos en algunos cultivos (su utilización y efectos sobre las cebollas fueron limitados). Es evidente que hubo un aumento del consumo de agua durante este período, pero las tasas de aumento de los rendimientos fueron superiores a las del agua utilizada en los dos cultivos principales, tomates y pimientos. Recuérdese que, de acuerdo con la argumentación teórica de la primera sección, cuando la calidad del suelo y la del agua son muy bajas, la introducción del riego por goteo permite una mejora sustancial de la eficiencia del riego, con el aumento consiguiente de los rendimientos y del consumo de agua por unidad de superficie cultivada. Este resultado parece confirmarse en el caso de Arava.

Aunque la finalidad original de la introducción del riego por goteo fue la mejora de la eficiencia del riego, se produjo una reacción en cadena de mejoras en otros aspectos de la producción dando lugar a una serie de tecnologías complementarias, como la aplicación de fertilizantes líquidos a través del sistema de goteo (con la consiguiente mejora de eficiencia de la fertilización) y la introducción de nuevas variedades. Este es otro ejemplo del fenómeno señalado por Feder (1982), según el cual la introducción de una mejora tecnológica lleva a adoptar prácticas complementarias nuevas.

Una de las innovaciones más recientes, que se ha revelado como un complemento muy eficaz del riego por goteo, es el riego automatizado, esto es, un sistema informatizado (basado en un programa temporal o en el estado del suelo) que controla el volumen de agua servido a lo largo del tiempo. Esta tecnología se originó en el valle del Jordán y fue adoptada por los colonos de Arava a finales de la década de los setenta y comienzos de la de los ochenta. En su introducción influyeron consideraciones de seguridad: los peligros a que se exponían al abrir y cerrar los sistemas de válvulas en los campos cercanos a las fronteras obligaron a los agricultores y a los investigadores a desarrollar mecanismos de control remoto de los sistemas de riego. El ahorro de costes y la mejora de la eficiencia en el consumo de agua lograda han favorecido su adopción en regiones donde las preocupaciones de seguridad carecían de la misma importancia.

V. RIEGO POR GOTEO EN EL VALLE DE GIFTLIK

Este estudio de caso demuestra los beneficios económicos y agronómicos de la adopción del riego por goteo por los agricultores árabes tradicionales del valle de Giftlik. El proceso de transición en este valle ha sido documentado y descrito por Or (1988) y por Rymon y Or (1990), y analizado por Regev y cols. (1990) desde el punto de vista económico. El empleo de prácticas tradicionales en condiciones desérticas y el éxito en la adopción de tecnología moderna de riego hace que este caso revista una especial importancia para los países en vías de desarrollo. Su singularidad se manifiesta en dos fenómenos: (1) el camino tomado por los agricultores para pasar de unas tecnologías ultratradicionales a una tecnología supermoderna y (2) las características del riego por goteo, que han permitido el uso de un conjunto de tecnologías modernas como el empleo de productos químicos y fertilizantes, las semillas de calidad y los cultivos bajo plástico.

El valle de Giftlik es una zona desértica situada al Este del Jordán, en Judea y Samaria, que se caracteriza por una breve estación de lluvias y por un verano largo y caluroso. Estuvo bajo dominio jordano hasta 1967 y desde entonces se encuentra bajo dominio israelí. El valle está poblado por unas 4.000 familias beduinas, asentadas en seis pueblos. Las relaciones entre los propietarios de las tierras y los agricultores sientan las bases de la actividad agraria. Aquéllos aportan derechos de agua, acceso a créditos y canales de comercialización mientras que los últimos aportan su trabajo. Varios manantiales en las montañas cercanas suministran una cantidad limitada de agua, y los aportes adicionales proceden de las inciertas lluvias de invierno. Por consiguiente, la economía de la región se basaba en la agricultura tradicional de hortalizas de invierno en regadío y unos pocos cultivos de forrajes y cereales de secano.

El agua de los manantiales se trasportaba hasta la región a través de un largo sistema de canales abiertos de hormigón. Otros canales, estos de tierra, la llevaban hasta los campos, y un subsistema de canales la distribuía entre éstos, asignándose a cada uno un período de uso. Las modalidades de riego utilizadas eran por surcos y por inundación, con una eficiencia inferior al 30 por ciento. El agua se

concedía a los titulares de derechos de agua en turnos de cinco a ocho días (por el sistema de tomarla o perderla).

Este sistema planteaba muchos problemas: (1) se perdía agua por infiltración y evaporación a causa del largo sistema de canales sin acequias; (2) la eficiencia del consumo de agua era baja, su aplicación no era uniforme y había fenómenos de salinización y de elevación de la capa freática en los campos; y (3) como el agua no podía servirse a una parcela concreta en función de la demanda, se producían muchas pérdidas cuando se daban condiciones atmosféricas extremas (altas temperaturas), muy frecuentes en la región.

Debido a estos problemas, los agricultores se dedicaban a cultivos de bajo valor y que requerían pocos consumos intermedios, a fin de minimizar el riesgo. No se utilizaba el potencial máximo del suelo, los rendimientos eran bajos y había parcelas que se abandonaban a mitad de la campaña o que ni siquiera se sembraban. Los ingresos anuales medios per cápita eran de 116 dólares (Or, 1988).

En menos de dos decenios (de 1967 a mediados de la década de los ochenta), se introdujeron una serie de nuevas tecnologías agrícolas basadas en el riego por goteo que llevaron al aumento de los rendimientos, al incremento de los ingresos, a la inversión en capital y a un desarrollo espectacular.

Esas tecnologías se seleccionaron a partir de la experiencia en su utilización en la agricultura israelí en similares condiciones agroclimáticas y de tamaño de las explotaciones. Eran las siguientes (Rymon y Or, 1990):

- (1) Construcción de estanques de almacenamiento en las explotaciones, para flexibilizar la asignación de agua.
 - (2) Instalación de equipos de riego por goteo: bombas, unidades de fertilización, filtros, etc.
 - (3) Láminas de plástico para revestimiento con sustancias orgánicas y túneles.
 - (4) Empleo de semillas y plantones de variedades híbridas, de alto rendimiento.
 - (5) Empleo de productos químicos, como fertilizantes e insecticidas.
-

La rápida difusión del riego por goteo en la región y sus consecuencias se reflejan en los cuadros 4 y 5 y en el gráfico 2. La superficie de regadío pasó de 430 hectáreas (ha) (5) en 1970 a 4.170 ha en 1985, y la zona equipada con instalaciones de riego por goteo se amplió de 5 ha en 1970 a 3.780 ha en 1985 (cuadro 4). En el cuadro 4 se puede apreciar que la superficie básica regada por el sistema de surcos/inundación en 1970 no ha experimentado un cambio apreciable a lo largo del tiempo. Esto significa que la superficie equipada con instalaciones de riego por goteo ha sustituido a tierras no cultivadas o de secano (gráfico 3). La expansión del riego por goteo fue acompañada de varios fenómenos:

Cuadro 4

COMPRAS DE CONSUMOS INTERMEDIOS, SUPERFICIE REGADA Y RENDIMIENTO DE DETERMINADOS CULTIVOS EN EL VALLE GIFTLIK

Año	Tractores	Semillas, plásticos, productos químicos, etc.	Superficie regada	Superficie con riego por goteo	Rendimiento del tomate	Rendimiento de la berenjena
		(Índice)	[ha]	[ha]	[ton/ha]	[ton/ha]
1965					16,5	12,8
1970	100	100	430	5		
1974	228	202	1.550	175		
1975					20,0	20,0
1978	364	277				
1980			2.290	1.940		
1982	567	464				
1985					60,0	70,0
1986	818	715	4.170	3.780		

Fuentes: Or (1988) y Rymon y Or (1990).

Cuadro 5

CAMBIOS EN LAS PAUTAS DE CULTIVO ENTRE 1965 Y 1985 (PORCENTAJE DE TIERRAS DE CULTIVO) EN EL VALLE DEL GIFTLIK

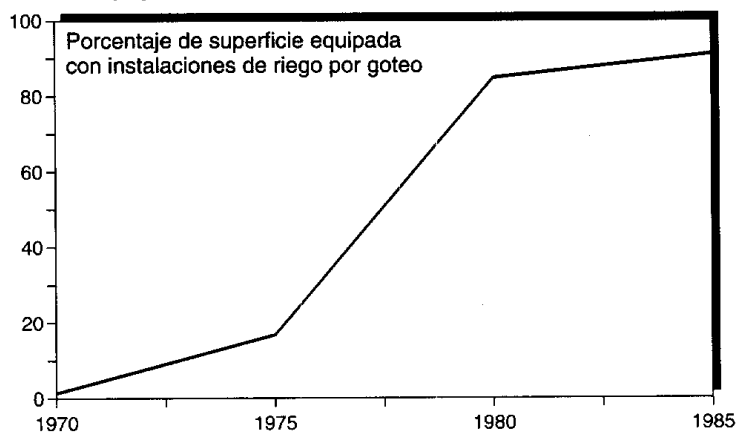
Cultivos	1965	1985
	% de tierras de cultivo	
Cebada, trigo (secano)	41,5	-
Hortalizas	51,8	162,6
Plantaciones (plátano, cítricos)	7,1	17,4
Total	100,4	180,0

Fuente: Rymon y Or (1990).

(5) 1 ha = 10 dunams.

GRAFICO 3

**DIFUSION DEL RIEGO POR GOTEO EN EL VALLE DE GIFTLIK
(a partir de datos de Rymon y Or, 1990)**



- (1) un incremento de las adquisiciones de factores de producción intensivos (cuadro 4).
- (2) un notable aumento del rendimiento por ha y, por lo tanto, del producto total de la región (cuadro 4).
- (3) el paso de una pauta de cultivos basada en los cereales de escaso valor a hortalizas de alto valor (calidad de exportación) (cuadro 4).
- (4) una notable expansión de los sistemas de segundas cosechas (cuadro 5). Los ingresos per cápita obtenidos en la región también experimentaron un aumento significativo, de 116 dólares en 1966 a 660 en 1974 y a 1.000 en 1980 (Or, 1988).

¿Qué se puede deducir de este caso? ¿Es lo bastante general para que sirva de modelo para el desarrollo de otras regiones? En primer lugar, hay que ser conscientes del camino que los agricultores tradicionales tomaron desde sus prácticas agrícolas tradicionales. Sin duda, esto no hubiera sido posible sin la existencia en regiones limítrofes de experiencias previas que pudieron ser difundidas,

imitadas y adaptadas como resultado de la eliminación de barreras políticas.

En segundo lugar, la existencia de una infraestructura adecuada desempeñó un papel esencial para el éxito del proceso de adopción. En este caso concreto, el crédito, el suministro de factores de producción, la existencia de unos mercados bien definidos y la actuación de los servicios de extensión agraria fueron variables clave (Rymon y Or, 1990).

VI. CONCLUSIONES

La experiencia israelí con el riego por goteo muestra el inmenso potencial de esta tecnología para ahorrar agua, mejorar los rendimientos y aumentar la productividad agraria. También demuestra que se ha de ser selectivo en su utilización, ya que puede no ser adecuada ni rentable en muchos lugares.

Aunque el riego por goteo exige una inversión considerable, permite aumentar la eficiencia del riego y la productividad. Por lo tanto, es especialmente adecuado para cultivos de alto valor cuando los costes del agua son altos y su calidad es relativamente baja. También puede ser un medio valioso para hacer frente a problemas de encharcamiento o de contaminación por escorrentía.

Para favorecer la adopción del riego por goteo pueden adoptarse medidas como el aumento del precio del agua, el establecimiento de penalizaciones a la escorrentía y drenaje o la concesión de subvenciones a la inversión. Es probable también que consiga el mismo efecto la introducción de mercados en zonas donde el agua se asigna por mecanismos de cola (derechos ribereños) (6).

Aunque el riego por goteo es un sistema complicado, puede ser adoptado con éxito por agricultores con unos conocimientos básicos mínimos, como demuestra el caso del valle de Giftlik. En tales circunstancias, es esencial disponer de apoyo técnico muy cualificado que diseñe los sistemas de riego, asesore en su preparación, imparta

(6) Un análisis más detallado de este tema se encuentra en Shah, Chakrovorty y Zilberman (1989), y en Dinar y Letey (1991).

formación profesional básica y resuelva los problemas. Estos grupos de apoyo no tienen por qué ser muy grandes ni costosos y pueden establecerse mediante colaboración entre los fabricantes y el personal de extensión agraria.

La experiencia israelí demuestra que la introducción del riego por goteo no limita sus efectos a la gestión del agua. También impulsa la adopción de otras tecnologías complementarias que afectan a casi todos los aspectos de la producción agraria. De esta forma, al permitir un mejor control del crecimiento de los cultivos, puede llevar al desarrollo y adopción de sistemas informáticos intensivos en la producción agraria.

El riego por goteo es aún una tecnología en evolución, que exige mucha investigación y desarrollo. Es probable que se amplíen las circunstancias que favorecen su adopción a medida que disminuya el coste de los equipos necesarios y se simplifique más su implantación y mantenimiento. Sus posibilidades de utilización aumentarán a medida que mejoren nuestros conocimientos básicos acerca de su efecto sobre el crecimiento de los cultivos y la productividad.

El proceso que condujo al desarrollo del riego por goteo y del riego informatizado en Israel es una sólida prueba de la innovación inducida. Demuestra que, cuando un grupo de agricultores bien formados y motivados, con apoyo adecuado de personal científico y técnico, se enfrentan a condiciones extremas, pueden conseguir avances tecnológicos útiles para un conjunto amplio de circunstancias.

BIBLIOGRAFIA

ABBOTT, J. S. *Micro Irrigation - World Wide Usage*. ICID Bulletin 33(1): 4-9, 1984.

BERCK, P., y LEVY, A. «The Tests of Equal Land Distribution: The Case of Israeli Moshavim». University of California, Department of Agricultural and Resources Economics, Documento de trabajo n.º 250, Berkeley, 1982.

CASWELL, M. F. «Irrigation Technology Adoption Decisions: Empirical Evidence». En: *The Economics and Management of Water and Drainage in Agriculture*. Dirigido por A. Dinar and D. Zilberman, Kluwer Academic Publishers, Boston, 1991, pp: 296-312.

COCHRANE, W. W. *The Development of American Agriculture: A Historical Analysis*. University of Minnesota Press, Minneapolis, 1979.

DINAR, A. y YARON, D. «Adoption and Abandonment of Irrigation Technologies». *Agricultural Economics* 6: 315-332, 1992.

DINAR, A. y LETEY, J. «Agricultural Water Marketing, Allocative Efficiency and Drainage Reduction». *Journal of Environmental Economics and Management* 20: 210-223, 1991.

DINAR, A. y YARON, D. «Influence of Quality and Scarcity of Inputs on the Adoption of Modern Irrigation Technologies». *Western Journal of Agricultural Economics* 15(2): 224-233, 1990.

DINAR, A. y YARON, D. *Adoption of New Irrigation Technologies in Citrus: Process Description and the Influence of Inputs Scarcity and Quality*. Informe final, TATEC - Patterns of Agricultural Technology Exchange and Cooperation in Similar Ecosystem: The Case of Egypt and Israel, May, 1988, 71p.

DINAR, A. y ZILBERMAN, D. «The Effects of Input Quality and Environmental Conditions on the Selection of Irrigation Technologies». En *The Economics and Management of Water and Drainage in Agriculture*. Dirigido por A. Dinar and D. Zilberman, Kluwer Academic Publishers, Boston, pp: 229-250, 1991.

FEDER, G. «Adoption of Interrelated Agricultural Innovations: Complementary and Impact of Risk, Scale, and Credit». *American Journal of Agricultural Economics* 64: 90-101, 1982.

FEINERMAN, E. y YARON, D. «Adoption of Drip Irrigation in Cotton: A Case Study of Kibbutz Cotton Growers in Israel». *Oxford Agrarian Studies*, 1990, 18: 43-52.

FISHELSON, G. y RYMON, D. «Adoption of Agricultural Innovations: The Case of Drip Irrigation Cotton in Israel». Documento de trabajo n.º 35-86, julio, 1986, 27 p.

FISHELSON, G. y RYMON, D. «Adoption of Agricultural Innovations: The Case of Drip Irrigation of Cotton in Israel». *Technical Forecasting and Social Change* 35: 375-382, 1989.

GOLDBERG, D.; GORNAT, B. y RYMON, D. «*Drip Irrigation: Principles Design and Agricultural Practices*» Kfar Shmaryahn . Israel, 1976.

HAYAMI, Y. y RUTTAN, V. W. *Agricultural Development and International Perspective*. Johns Hopkins Press, Baltimore y Londres, 1971.

HOCHMAN, E.; VITKON, G.; JUST, R. E. y ZILBERMAN, D. «The Dynamics of Agricultural Development in Sparsely Populated Areas: The Case of The Area». En: *Desert Development, Man and Technology in Sparcelands*. Dirigido por Yehuda Gradus, D. Reidel Publishing Company, 1985.

HOCHMAN, E. y ZILBERMAN, D. «Optimal Strategies of Development Processes of Frontier Environments». En: *The Science of the Environment*. Dirigido por A.A. Orio y D.B. Botkin, 55, 1986.

OR, U. «Drip Fertilization - A Case Study of the Transfer of Technology to Traditional Arab Vegetable Growers». En: *Optimal Yield Management*. Edited po Dan Rymon, Avebury Gower Publishing Company Limited, Aldershot, 1988, pp. 41-56.

REGEV, A.; JABER, A.; SPECTOR, R. y YARON, D. «Economic Evaluation of the Transition from a Traditional to a Modernized Irrigation Project». *Agricultural Water Management*, 18: 347-363, 1990.

RICHMOND, A. «Desert Development, Men and Technology in Sparcelands» En: *Desert Agriculture, Past and Future* editado por Yehuda Gradus, D. Reidel Publishing Company, 1985.

RYMON, D. y Or, U. «Advanced Technologies in Traditional Agriculture (ATTA): A New Approach». *Proceedings of the 4th International Conference in Agricultural Engineering*, Adene, Turquía, 1990.

SADAN, E. y WEINTRAUB, D. «Ethnicity, Nativity, and Economic Performance of Cooperative Small-Holding Farms in Israel». *Economic Development and Cultural Change* 28: 487-507, 1980.

SCHULTZ, T. W. «The Value of the Ability to Deal with Disequilibrium». *Journal of Economic Literature* 13: 827-864, 1975.

SHAH, F.; ZILBERMAN, D. y CHAKRAVORTY, U. «Technological Adoption and Exhaustible Resources in Agriculture» Documento no publicado. Universidad de California, Berkeley. Dept. de Agriculture and Resource Economics, 1989.

RESUMEN

En este artículo se analiza la evolución de las tecnologías de riego aplicadas en Israel durante los últimos lustros que, según el autor, representan el elemento más característico de la agricultura de este país.

El trabajo se articula en tres apartados: en el primero se desarrolla un marco conceptual sobre los procesos vinculados a la adopción de nuevas tecnologías de riego y las condiciones que favorecen su adaptación. En el segundo, se contrastan las predicciones del esquema conceptual con diversos resultados empíricos obtenidos en estudios concretos. En el tercer apartado se dedica a la descripción de dos casos concretos; uno, en una de las regiones más avanzadas de la agricultura israelí y el otro a la introducción de nuevas tecnologías de riego en una zona de agricultura tradicional.

Se concluye con unas reflexiones sobre la posibilidad de aplicar la experiencia israelí en otros países y regiones.

RESUME

Dans cet article, il est analysé l'évolution des technologies d'irrigation appliqués en Israël pendant ces derniers lustres, qui, d'après l'auteur, représentent l'élément le plus caractéristique de l'agriculture de ce pays.

Le travail est organisé en trois parties. Dans la première, il est développé un cadre conceptuel sur les processus relevant de l'adoption des nouvelles technologies d'irrigation et sur les conditions qui en favorisent l'adaptation. Dans le second, il est comparé les prédictions du schéma conceptuel avec divers résultats empiriques obtenus dans des études concrètes. Dans la troisième partie, il est procédé à

la description de deux cas concrets, l'un intéressant l'une des régions les plus avancées de l'agriculture d'Israël et l'autre une région d'agriculture traditionnelle ayant fait l'objet de l'introduction des nouvelles technologies d'irrigation.

En conclusion, il est émis des réflexions sur la possibilité d'appliquer l'expérience d'Israël à d'autres pays et régions.

S U M M A R Y

In this article, an analysis is made of the evolution of irrigation technologies applied in Israel over the last five years, these being, in the author's opinion, the most characteristic feature of agriculture in this country.

The paper is divided into three sections: The first develops a conceptual framework on the processes linked with the adoption of new irrigation technologies and favourable conditions for adaptation. The second compares the forecasts as per the conceptual scheme with the various empirical results obtained in individual studies. The third section describes two particular cases; one in one of the most advanced Israeli agricultural regions and the other on the introduction of new irrigation technologies in a traditional agricultural region.

It concludes with reflections on the potential for the application of the Israeli experience in other countries and regions.
