

ESTUDIOS ECONOMICOS

Vol. IV (N.S.)

1985-1986

Nº 7/8

IMPLICANCIAS ECONOMICAS DEL CAMBIO TECNOLÓGICO: NUEVAS VARIEDADES EN LA REGION TRIGUERA IV

Uno de los factores más importantes de los incrementos de rendimiento de trigo logrados en la Argentina en la década del '70 ha sido el desarrollo y la posterior difusión de variedades con germoplasma "mejicano". La incorporación en el proceso de producción de estos nuevos materiales genéticos, prácticamente desconocidos hasta hace 15 años, es responsable actualmente de la expansión de más del 70% de la producción nacional.

Este trabajo se propone analizar el impacto de la adopción de nuevas variedades de trigo sobre las posibilidades de utilizar fertilizantes en la región triguera IV¹. Se presenta, en la primera sección, un marco conceptual de cambio y difusión tecnológica. En la segunda, se analiza mediante un modelo estadístico la respuesta a la fertilización. En la última sección, se presentan las implicancias económicas del análisis efectuado.

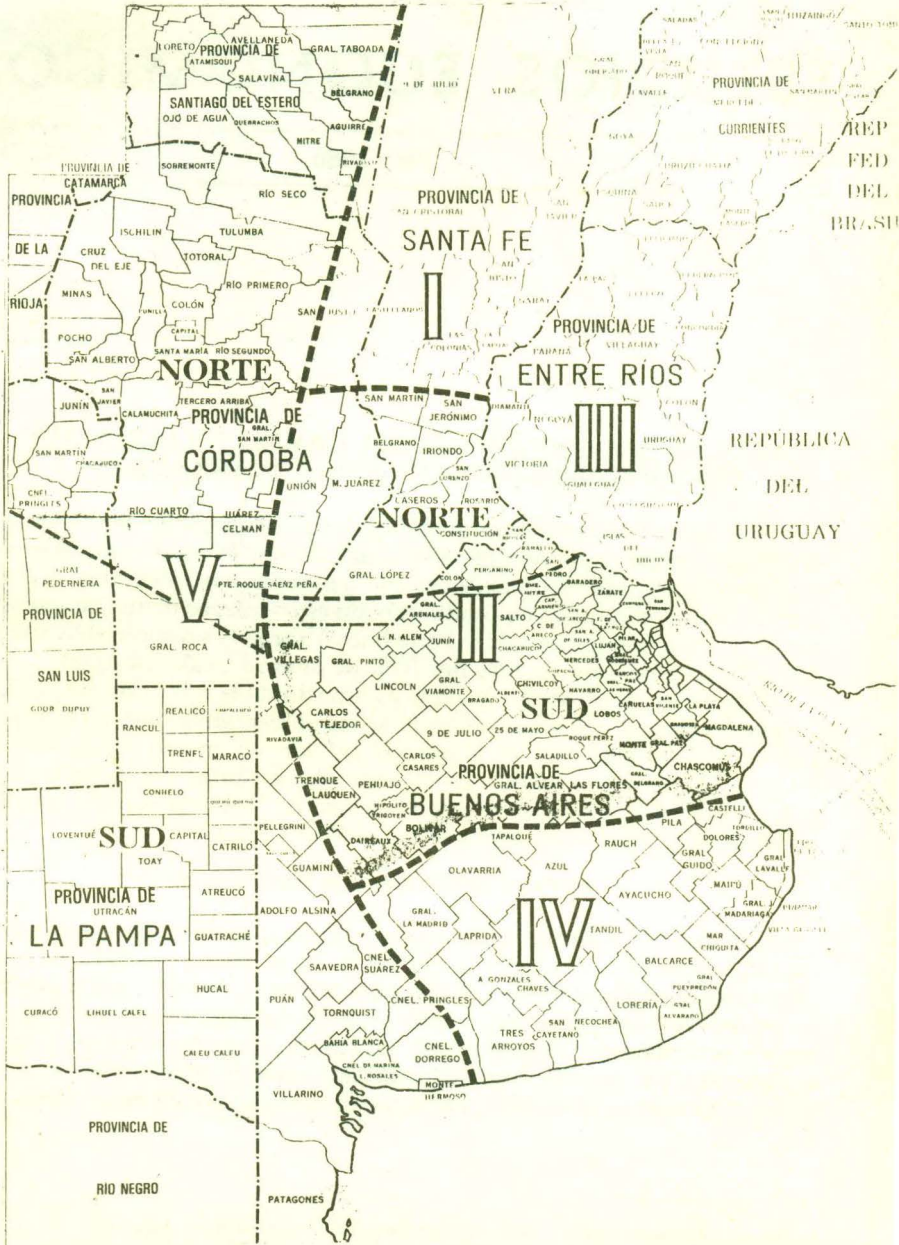
I. CAMBIO Y DIFUSION DE LA TECNOLOGIA

Una definición de cambio tecnológico implica la obtención de más producto (rendimiento) mediante la utilización de la misma cantidad de insumos. Los aumentos de rendimiento que son obtenidos mediante el empleo de mejores semillas y de mejor "manejo" no implican (generalmente) mayores costos medios para el productor². La Figura 1 muestra el posible impacto de un cambio en la técnica de producción usada (por ejemplo, variedad de trigo) sobre la productividad de un factor variable (por ejemplo, fertilizante).

¹ Véase los límites geográficos de la región triguera IV en el mapa de las regiones ecológicas de la Argentina reproducido en el texto.

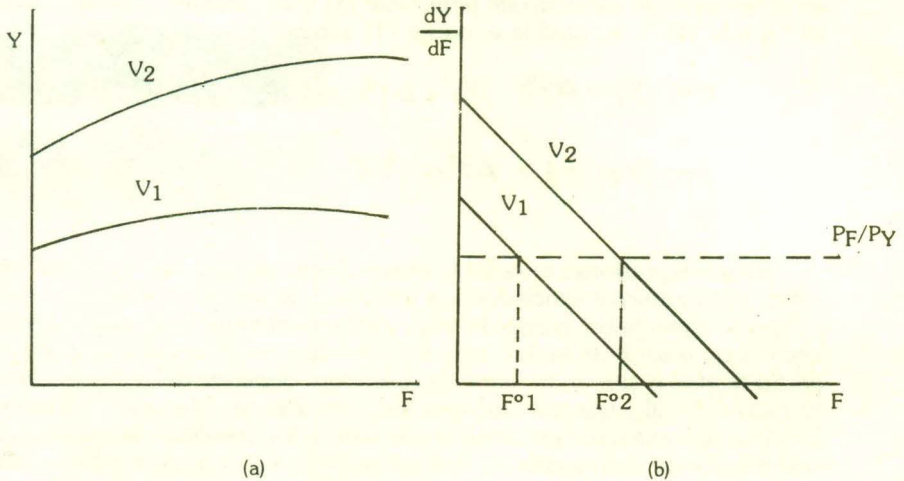
² Los costos totales pueden, sin embargo, aumentar.

SUBREGIONES ECOLOGICAS DE LA ARGENTINA
REGION TRIGUERA



Fuente: Secretaría de Estado de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, Buenos Aires

Figura 1
CAMBIO TECNOLÓGICO Y DEMANDA DE FERTILIZANTE



El cambio tecnológico, ejemplificado aquí mediante el reemplazo de la variedad de trigo V_1 por la V_2 tiene dos consecuencias. Por un lado, los rendimientos sin fertilizante de la variedad V_2 son superiores a los de la variedad V_1 . Esto implica que será conveniente para el productor adoptar V_2 independientemente de que sea o no conveniente emplear fertilizante. Por otro lado, la adopción de V_2 determina que la *productividad marginal del insumo variable* (fertilizante) se incrementa. Las características genéticas de las nuevas variedades permiten, en efecto, que éstas sean más eficientes en transformar nutrientes (ya sean naturales y agregados al suelo) en grano. Esto puede verse en la Figura 1(b): la función de producto marginal, dY/dF , de la variedad V_2 se encuentra desplazada (hacia arriba) con respecto a la de la variedad V_1 . Ante una relación de precios dada (P_F/P_Y), los niveles de fertilización que producen máximo beneficio serán siempre superiores para V_2 que para V_1 ($F_2^0 > F_1^0$).

El impacto económico de la nueva variedad sobre los beneficios del productor puede dividirse en dos componentes. El primero resulta de las diferencias de rendimiento que se obtienen independientemente de la utilización o no de fertilizantes. El segundo, en cambio, está relacionado con los mayores niveles de utilización de insumos asociados al nuevo material genético. Si el rendimiento y las dosis de fertilizante de máximo beneficio de las variedades V_1 y V_2 son denotadas, respectivamente, por Y_1^0 , e Y_2^0 , y F_1^0 y F_2^0 , la diferencia de beneficio entre ambas puede ser expresada como:

$$B = (Y_2^0 - Y_1^0) P_Y - (F_2^0 - F_1^0) P_F \quad (1)$$

donde P_Y y P_F son, respectivamente, el precio del trigo y del fertilizante³.

³ Precio del trigo (P_Y) neto de gastos de comercialización y cosecha.

Si, además, se descompone el rendimiento de máximo beneficio (Y^0) en el rendimiento obtenido *sin fertilizante* (Y) y *el incremento de rendimiento logrado* (ΔY^0), es posible expresar (1) como:

$$B = [(Y_2 + \Delta 2^0) - (Y_1 + \Delta 1^0)] P_Y - (F_2^0 - F_1^0) P_F \quad (2)$$

$$B = (Y_2 - Y_1) + (\Delta 2^0 - \Delta 1^0) P_Y - (F_2^0 - F_1^0) P_F \quad (3)$$

De las expresiones anteriores puede deducirse que las "ventajas" (beneficios económicos) asociados a la adopción de nuevas variedades no dependen solamente del precio del trigo y del aumento de rinde que es posible lograr (con o sin fertilizante), *sino también del precio de los insumos cuya productividad (y por ende, nivel de utilización) depende del material genético usado*. En algunos trabajos (por ejemplo, Penna, Macagno y Navarro, 1983) se han evaluado en considerable detalle los beneficios asociados a los incrementos de producción sin fertilizante ($Y_2 - Y_1$). Los comentarios anteriores, sin embargo, indican que este procedimiento puede *subestimar* en ciertas condiciones las ventajas potenciales del nuevo material genético.

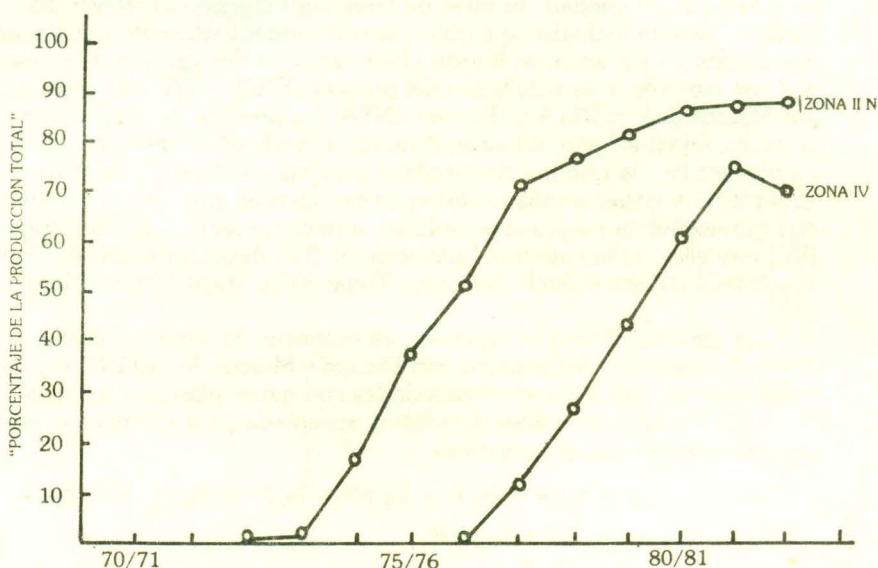
La adopción de nuevas variedades de trigo por parte del productor argentino ha sido rápida. En efecto, los patrones de incorporación de éstas son semejantes a los observados para tecnologías similares en agriculturas altamente dinámicas (como, por ejemplo, la de los Estados Unidos). Los datos disponibles de participación de las nuevas variedades en la producción nacional indican una progresión en forma de "S" (sigmoide), característica de la difusión de innovaciones en un grupo grande de potenciales adoptantes⁴. El proceso de difusión no ha sido, sin embargo, uniforme en todas las regiones trigueras. En la región II Norte, éste comenzó antes y fue más acelerado que en las restantes. Ello es atribuible a que (a) las primeras variedades de origen mejicano eran de ciclo corto, por lo que se adaptaban bien a esta zona y (b) los diferenciales de rendimiento con respecto a las variedades anteriormente empleadas eran, en esta región, especialmente importantes.

La Figura 2 muestra el ritmo de adopción de variedades "mejicanas" en las regiones trigueras II Norte y IV. Como puede verse, a mediados de la década del '70, el 40% de la producción de la región II Norte correspondía a éstas. En la región IV, este mismo porcentaje fue alcanzado cinco años más tarde: recién en la campaña 76/77 parece haber comenzado el re-

⁴ Las razones por las cuales la difusión de muchas tecnologías puede ser descripta mediante una función sigmoide ha causado controversias entre economistas y sociólogos. Los primeros han asignado especial importancia a las condiciones de precio y productividad de éstas. Los segundos, a la comunicación y a las estructuras sociales. (Griliches, 1957, p. 501 y ss.; Babeck, 1962, p. 332 y ss.).

emplazo de las variedades tradicionales por las de origen mejicano. Es posible observar, además, que una vez que las variedades adaptadas a la zona IV estuvieron disponibles (76/77) se difundieron con un ritmo similar al de la región II.

Figura 2
RITMO DE ADOPCION DE VARIEDADES CON
GERMOPLASMA MEJICANO EN LAS ZONAS IV Y II NORTE



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Junta Nacional de Granos.

II. MODELO Y EVALUACION ESTADISTICA

La respuesta del cultivo de trigo a las condiciones de fertilidad del suelo, de nivel de uso de fertilizantes y del material genético empleado puede expresarse como:

$$Y = g(f, F, V) + \epsilon \quad (4)$$

donde: f = nivel de fertilidad del suelo;

F = nivel de uso de fertilizante;

V = variedad usada; y

ϵ = error del modelo (efecto de las variables excluidas).

La variedad f representa, a su vez, a una (o más) variables que caracterizan el status nutritivo del suelo. Del mismo modo, F representa el (o los) nutrientes que son agregados. Por último, V simboliza la influencia del material genético. La relación anterior puede estimarse por medio de regresión

múltiple. Para ello, es necesario contar con (a) observaciones que presenten variación en las variables f , F y V , y (b), con un modelo algebraico que represente la expresión anterior.

Los datos usados en este trabajo provienen de la Estación Experimental de Balcarce. Parte de estos (364 observaciones) fueron generados por el proyecto FAO-INTA sobre utilización de fertilizantes. El resto (121 observaciones), surge de ensayos más recientes⁵. Las observaciones con las que se ha contado brindan información sobre fertilidad fosforada, dosis de nitrógeno y fósforo, y variedad. El nivel de fertilidad nitrogenada, si bien ha sido medido, no está incluido aquí como variable independiente⁶. Las variedades usadas en los ensayos fueron clasificadas en dos grupos. El primero, que corresponde a los resultados del proyecto FAO-INTA, está compuesto por Marcos Juárez INTA y Tacuarí INTA. La primera de ellas, si bien de germoplasma mejicano, no alcanzó nunca una difusión importante en la zona triguera IV, ya que fue desarrollada para las condiciones de la zona triguera II. Los ensayos más recientes se caracterizan por utilizar variedades con germoplasma mejicano adaptadas específicamente a la zona triguera IV. Entre ellas, se encuentran Balcarceño y San Agustín (de INTA), Pucará y Nandú (criadero Buck), así como Trigal 800 y Trigal 708 (criadero Cargill).

La variable binaria V representará entonces, la variedad usada, y tomará el valor 0 para los ensayos con Tacuarí y Marcos Juárez INTA, y 1 para los ensayos con las nuevas variedades con germoplasma mejicano.⁷

Una función de análisis estadístico apropiada para estimar (4) puede ser representada por el polinomio:

$$Y = a + b_1 p + b_2 N + b_3 P + b_4 N^2 + b_5 P^2 + b_6 P_p + b_7 NP + b_8 V + b_9 VN + b_{10} VP \quad (5)$$

donde: p = partes por millón de fósforo;
 N = kg/ha nitrógeno (fertilizante);
 P = kg/ha fósforo (fertilizante); y
 V = variedad (variable binaria).

5 Las 364 observaciones correspondientes al proyecto FAO-INTA fueron tomadas de Darwich, 1977. Las 121 restantes fueron cedidas al autor por el Ing. Angel Berardo. Si bien existían además otros ensayos aptos para análisis (tanto del proyecto FAO-INTA como de ensayos posteriores), se eligieron para este trabajo sólo aquellos datos provenientes de los partidos de General Pueyrredón, General Alvarado, Balcarce, Tandil, Lobería y Necochea. Esto se hizo a fin de lograr cierta homogeneidad en las condiciones experimentales de ambos conjuntos.

6 Los métodos de análisis químicos de disponibilidad de nitrógeno son distintos en ambos conjuntos de datos.

7 La variable V intenta cuantificar el efecto del progreso genético inherente al desarrollo de variedades con germoplasma mejicano adaptadas específicamente a la zona IV. Toma valor 0 para el caso tanto de variedades "tradicionales" (Tacuarí INTA) como así también de variedades "modernas" desarrolladas para condiciones de producción de otras zonas trigueras (Marcos Juárez INTA).

Las derivadas parciales de la función anterior con respecto a la cantidad de nitrógeno y fósforo de fertilizante son:

$$\frac{\partial Y}{\partial N} = b_2 + 2 b_4 N + b_7 P + b_9 V \quad (6)$$

$$\frac{\partial Y}{\partial P} = b_3 + 2 b_5 P + b_6 P + b_7 N + b_{10} V \quad (7)$$

De las expresiones anteriores es posible deducir que la expresión (5) postula que el producto marginal del fertilizante es función del tipo de variedad usada (los coeficientes b_9 y b_{10} desplazan, de ser positivos, las respectivas funciones de producto marginal "hacia arriba").

Los resultados de estimación pueden verse en el Cuadro 1. La función obtenida tiene las siguientes características. Por un lado, el poder explicativo (R^2) de la misma no es demasiado alto. Por otro, sin embargo, los coeficientes tienen (excepto en dos casos) el signo esperado⁸. De especial interés resulta, para este trabajo, analizar la productividad del nitrógeno y fósforo y el impacto del tipo de variedad sobre esta productividad. Al respecto, puede destacarse lo siguiente. En primer lugar, la productividad del nitrógeno es menor que la del fósforo. Este resultado no es de extrañar, dadas las características de los suelos del área. En segundo lugar, las variedades actuales han aumentado en forma muy importante la productividad del fósforo. La productividad del nitrógeno no parece haber aumentado de igual modo. Las variedades actuales, por último, muestran aumentos en los rindes testigos de aproximadamente 1,1 toneladas por hectárea. El valor "t" de esta variable es especialmente elevado.

Cuadro 1
Función de Producción

a	$b_1 p$	$b_2 N$	$b_3 P$	$b_4 N^2$	$b_5 P^2$	$b_6 P_p$	$b_7 NP$
2296	-48,5 (-6,70)	5,5 (2,10)	8,6 (2,90)	-0,03 (-1,26)	-0,03 (-0,94)	-0,20 (-1,40)	-0,03 (-1,60)
$b_8 V$	$b_9 VN$	$b_{10} VP$	R^2	N^{obs}			
1085 (8,00)	0,79 (0,41)	4,3 (1,80)	0,65	485			

(Valores t entre paréntesis)

p = fertilidad fosforada (ppm)

N = dosis de nitrógeno (kg/ha)

P = dosis de fósforo (kg/ha)

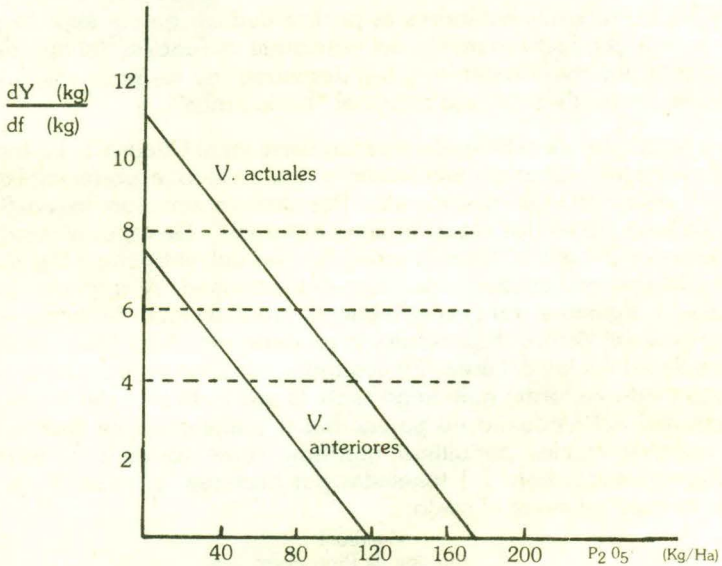
V = variable binaria.

⁸ Las excepciones son el coeficiente correspondiente al nivel del fósforo del suelo y el correspondiente a la interacción N-P. El signo negativo del primero de éstos puede deberse a que la función omite variables (edáficas) relevantes, que a su vez están correlacionadas con el nivel de fertilidad fosforada.

III. IMPLICANCIAS ECONOMICAS

El modelo estadístico anterior puede emplearse para evaluar los impactos económicos de la introducción de nuevas variedades en la zona IV.

Figura 3
PRODUCTIVIDAD MARGINAL DEL FOSFORO.
VARIETADES DE TRIGO "ANTERIORES" Y "ACTUALES"



La Figura 3 muestra, para los suelos de fertilidad "media" (9,5 ppm de fósforo), la función de producto marginal del fósforo⁹. Muestra asimismo tres relaciones de precio insumo-producto (precio fósforo/precio trigo): 8, 6 y 4. A modo de referencia, puede mencionarse que la correspondiente relación enfrentada por el productor argentino en el período 70/79 ha sido, como promedio, 9,5, con un máximo de 19,1 (en 1976) y un mínimo de 5,2 (en 1979). El productor norteamericano ha enfrentado, en cambio, en el mismo período, una relación promedio de 3 (Cirio, Canosa y White, 1980). Las relaciones de precio de la Figura 3, por lo tanto, están comprendidos entre los respectivos promedios históricos de estos dos países.

El Cuadro 2 resume las dosis óptimas para ambos tipos de variedades de trigo.

⁹ Dadas las reducidas productividades del nitrógeno se supondrá, en el análisis a efectuar, que el único nutriente con posibilidades económicas de ser usado es el fósforo.

Cuadro 2
DOSIS DE MÁXIMO BENEFICIO (Kg/Ha P₂ O₅)

Relación de precios (fósforo/trigo)	Dosis de máximo beneficio (kg/ha P ₂ O ₅)	
	Variedades anteriores	Variedades actuales
8	0	50
6	12	83
4	45	117

Como puede verse, aún con relaciones de precio “desfavorables”, las dosis a usar de fósforo son relativamente elevadas en el caso de las variedades actuales. Con una relación de 4, los niveles de fertilización alcanzan más de 100 kg/ha de nutrientes.

Los comentarios del párrafo anterior pueden ser utilizados para evaluar el impacto económico regional de la introducción de nuevas variedades. Se supondrá, para este cálculo que: a) el precio internacional del trigo es similar al registrado en el quinquenio 1980/84 (150 dólares por tonelada); b) el precio del superfosfato (chacra) es de 250 dólares por tonelada (540 dólares/tonelada P₂ O₅); c) los gravámenes a la exportación representan el 20% del precio FOB, y d) los gastos de comercialización y cosecha del trigo totalizan, respectivamente, 25 y 10% del valor bruto de la producción. El precio relativo del fertilizante resulta entonces:

$$\frac{\text{Precio superfosfato}}{\text{Precio trigo}} = \frac{540}{150 (1-0,2) (1-0,25-0,10)} \frac{(u\$s)/t}{(u\$s)/t} = \frac{540}{78} = 6.910$$

Figura en el Cuadro 3 una estimación, basada en las condiciones señaladas de mercados, del impacto potencial de la siembra de variedades nuevas del trigo en la zona IV (970.000 has.) sobre la producción del trigo y la demanda del fertilizante¹¹.

Cuadro 3
IMPACTO DE VARIEDADES ACTUALES DE TRIGO SOBRE LA DEMANDA DEL FERTILIZANTE Y EL INCREMENTO DE LA PRODUCCION

Variedades	Demanda de fertilizante (t p ₂ O ₅)	Incremento de producción (t trigo)	Beneficio ¹² (U\$S)
Anteriores	0	0	0
Actuales	64.990	583.000	71.343.500

¹⁰ Cálculo aproximado de la relación de precios a obtener dados los supuestos del modelo. El tipo de cambio, ignorado aquí a fin de lograr mayor generalidad en los resultados, afecta en la práctica los gastos de transporte y aplicación de fertilizante y los de comercialización y cosecha del trigo.

¹¹ Los incrementos de producción y beneficios estimados resultan solamente de la utilización de fertilizantes. El impacto de las nuevas variedades sobre los aumentos de rinde “testigos” no figuran en el Cuadro 3.

¹² Diferencia entre ingresos adicionales (trigo) y costos adicionales (fertilizante).

Estas cifras muestran que el incremento en la productividad del fertilizante causado por las variables actuales tiene como consecuencia aumentos de producción del orden de las 600.000 toneladas y beneficios que superan los 70 millones de dólares por año. Los incrementos de producción representan, en efecto, el 30 - 35 % de la media zonal. Las 65.000 toneladas demandadas de fósforo, por otro lado, significan una cifra importante si se las compara con la demanda total de fósforo argentina que a fines de la década del '70 no superaba las 50-70 toneladas anuales. Si se suponen, para los cálculos, precios de trigo de 130 dólares por tonelada en lugar de los 150 dólares usados para las cifras del Cuadro 3, se obtienen aumentos de producción de 460.000 toneladas, demanda de fertilizantes de 48.500 toneladas y beneficios del orden de los 47 millones de dólares. Estos valores constituyen una estimación del impacto potencial de las nuevas variedades en períodos de precios internacionales deprimidos, situación en la cual se encontraban los mercados a mediados de la década del '80.

Este trabajo se ha propuesto, por un lado, presentar algunos conceptos sobre las implicancias económicas del cambio tecnológico y la difusión de nuevas tecnologías en el sector de la producción agrícola. Por otro lado, ha intentado cuantificar (mediante datos de ensayos de campo) los beneficios asociados a nuevas variedades de trigo. Los resultados obtenidos aportan evidencia de que las nuevas variedades disponibles en la zona triguera IV tendrán impactos importantes en lo que hace a demanda potencial de fertilizantes y producción total de trigo. Estos resultados deben, sin embargo, ser considerados como primeras aproximaciones. Los 26 ensayos (485 observaciones) analizados brindan información útil, pero son insuficientes para lograr inferencias precisas.

En cuanto a la metodología de análisis empleada es posible destacar lo siguiente: los métodos actualmente disponibles de estimación estadística brindan considerable flexibilidad en cuanto a los datos a usar. La posibilidad de emplear variables binarias permite analizar en forma conjunta ensayos que difieren en aspectos cualitativos. Datos de ensayos realizados hace algún tiempo pueden en ciertos casos complementar a otros más recientes: la investigación previa no es archivada, sino, por el contrario, vuelve a desempeñar un papel útil en la generación de nuevo conocimiento.

Guillermo Marcos Gallacher
Universidad Nacional del Sur
Universidad de Buenos Aires

REFERENCIAS

- BABCOCK, J.M., "Adopción of Hybrid Corn: A Comment". *Rural Sociology*, vol. 27, 1962, págs. 332-338.
- CIRIO, F.M., CANOSA R. y WHITE, A., *Aspectos económicos del empleo de fertilizantes en el agro*. Convenio AACREA-BNA-FBPBA, Buenos Aires, 1980.
- DARWICH, N.A., *Analysis of the Response of Wheat to N and P Fertilization under Non Uniform Environmental Conditions*. Disertación doctoral. Universidad de Iowa, 1977.
- GRILICHES, Z., "Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technical Change". *Econometrica*, vol. 25, 1957, págs. 501-522.
- PENNA, J., MACAGNO, L. y MERCHANTE NAVARRO, G., *Difusión de las variedades de trigo con germoplasma mexicano y su impacto en la producción nacional. Un análisis económico*. Documento de Trabajo, n° 3. Buenos Aires: INTA, 1983.

