

## INDUCCION DE INNOVACIONES Y DESARROLLO AGROPECUARIO ARGENTINO\*

ALAIN DE JANVRY\*\* Y JUAN CARLOS MARTINEZ\*\*\*

### I. *Introducción*

El estancamiento de la producción agregada del Sector Agropecuario Argentino con sus implicaciones para la performance del resto de la economía ha atraído reiteradamente la atención de numerosos economistas. Mucho se ha escrito sobre el papel que en este sentido han jugado incentivos económicos de mercado y limitaciones estructurales prevalecientes en el sector, con el énfasis puesto en la manifestación de ciertas relaciones económicas al nivel de los productos finales.

Queremos con este trabajo ir un poco “hacia atrás” en el proceso productivo y atacar el problema en otra perspectiva, con un enfoque de economía del cambio tecnológico, intentando conceptualizar un modelo que explique el proceso de generación de innovaciones agropecuarias por el sector público y entidades privadas y la adopción de la nueva tecnología por el productor rural. El marco conceptual básico es la teoría de innovaciones inducidas, complementada con elementos socioeconómicos que entendemos ayudan a la comprensión de los mecanismos de decisión que pueden explicar la asignación de recursos a actividades de Investigación y Desarrollo para el Sector Agropecuario.

La prevalencia de una situación de estancamiento tecnológico relativo en el sector es conceptualizada en el modelo a través de un desfase en el proceso de ajuste hacia innovaciones tecnológicas potenciales.

Especificamos la generación de innovaciones en un contexto de análisis de oferta y demanda, distinguiendo lo que hemos dado en llamar Demanda Latente, que es aquella que dentro del esquema de innovaciones inducidas llevaría al desarrollo agropecuario hacia un sendero tecnológico socialmente óptimo, dados ciertos precios relativos, y Demanda Actual que es la que en realidad guía en el corto plazo la asignación de recursos en Investigación y Desarrollo. Estas demandas pueden divergir, creando entonces un desfase en la generación de innovaciones socialmente óptimas.

\* Los conceptos y juicios aquí vertidos son personales y en ningún modo comprometen a las instituciones a las cuales los autores pertenecen.

\*\* Profesor del Departamento de Economía Agrícola, Universidad de California, Berkeley.

\*\*\* Profesor del Departamento de Economía. INTA - Escuela para Graduados en Ciencias Agropecuarias.

El proceso dinámico de ajuste entre demanda actual y latente se dará por un mecanismo de interacción generación-adopción de tecnologías, en un "treadmill" tecnológico que actúa vía el mercado de tierras imponiendo un elemento coercitivo de cambio en el sector agropecuario a través de un comportamiento empresarial en la adopción de las tecnologías disponibles y los consecuentes ajustes provistos por el mecanismo de mercado. La acción de este mecanismo, cuyo impacto es de largo plazo, puede ser acelerado por medidas de política económica, tal como un impuesto a la tierra, junto con una política tecnológica que concentre los esfuerzos de la investigación en tecnologías ahorradoras del factor tierra.

En la sección II presentamos el marco conceptual de la teoría de innovaciones inducidas. En la sección III proponemos una clasificación de tecnologías de acuerdo al sesgo de factores y a la posibilidad de apropiabilidad privada de los beneficios generados en la investigación. Con estos elementos pasamos a especificar nuestro modelo para la generación y difusión del cambio tecnológico en el sector agropecuario, cosa que hacemos en la sección IV.

En la siguiente analizamos algunas evidencias empíricas para el caso de la tecnología de los fertilizantes en el sector cerealero tradicional y el uso de técnicas de manejo intensivo en el sector de cría. Por último, terminamos el trabajo con los comentarios finales que presentamos en la sección VI.

## II. Cambio tecnológico y la teoría de las innovaciones inducidas

Dado que el cambio tecnológico es especificado dentro del contexto de funciones de producción, el punto de partida del marco conceptual del presente trabajo consiste en distinguir cuatro especificaciones de funciones de producción que difieren entre sí de acuerdo al horizonte temporal de aplicación de la función, como así también al grado de estabilidad atribuida al estado del conocimiento técnico y del conocimiento científico. Las mismas se resumen en la siguiente Tabla:

TABLA I

### ESPECIFICACIONES ALTERNATIVAS DE FUNCIONES DE PRODUCCION

Tipo de función de producción	Técnica usada	Conocimiento técnico	Conocimiento científico
de Solow .....	fija	fijo	fijo
de Schumpeter .....	variable	fijo	fijo
Curva de Posibilidades de Innovación o Función de Producción "Meta"....	variable	variable	fijo
Curva Histórica de Posibilidades de Innovación .....	variable	variable	variable

La especificación de Solow es la corrientemente aceptada por los neoclásicos como por ejemplo Murray Brown [1]. Es un concepto *ex-post* usado para describir la relación corriente entre el conjunto de productos y el conjunto de insumos usados en su producción. En este contexto cambio tecnológico es definido como un cambio en la función de producción utilizada en la actualidad sin ninguna distinción posible en cuanto al origen del mismo.

La definición Schumpeteriana de función de producción incluye el conjunto universal de conocimientos técnicos disponibles en la actualidad para la producción material de bienes y servicios. El concepto es en consecuencia *ex-ante* con respecto a una unidad de producción ya que todavía queda por determinar cual será la técnica usada; por otra parte resulta *ex-post* con relación al conocimiento técnico y científico, ya que el estado dado de éstos define la función de producción. Para los objetivos del presente trabajo diferenciaremos entre conocimiento científico y conocimiento técnico, diciendo que el nivel del primero define el marco general de desarrollo de la ciencia que permite cierta capacidad o habilidad inventiva que, a su vez, puede ser aplicada a la generación del segundo, o sea, del conocimiento técnico directo de métodos de producción o funciones de producción.

En contraste con la definición de Solow, tenemos con Schumpeter una distinción entre innovación y adopción de nuevas tecnologías. Innovación caracteriza un proceso productivo completamente nuevo en escala universal, mientras que adopción de este nuevo proceso por otros productores no constituye un caso de cambio tecnológico sino más bien un caso de sucesivas replicaciones. Por supuesto, si algún tipo de adaptación es requerido como paso previo a la adopción por ciertas unidades de producción, se está en realidad, mediante este proceso, incrementando la "existencia" de conocimientos técnicos, y este proceso tal como el de invención constituye progreso tecnológico.

La Curva de Posibilidades de Innovación o Función de Producción "Meta" fue introducida por Kennedy [2] y Ahmad [3] y usada extensivamente por Hayami y Ruttan [4]. En su definición se deja de lado la constancia del "stock" de conocimientos técnicos, pero se mantiene fijo el estado del conocimiento científico. Como señalan Hayami y Ruttan ([4], págs. 26, 27), "En el período secular de producción, en el cual las restricciones dadas por el fondo disponible de conocimiento técnico son dejadas de lado para admitir todos los diseños potencialmente susceptibles de ser generados (dado cierto nivel de conocimiento científico), las relaciones de producción pueden ser descritas por una función de producción "meta" que describe todas las alternativas concebibles que pueden ser consideradas dado el estado actual de desarrollo de la ciencia". En consecuencia, "la función de producción meta puede ser entendida como la envolvente de funciones de producción neoclásicas convencionales", funciones estas que pueden ser conocidas en el período corriente o potencialmente "descubribles" con el estado actual del conocimiento científico.

Vemos entonces que la función de producción Schumpeteriana constituye una versión restringida de la función de producción meta ya que sólo se aplica al conjunto universal de técnicas de producción corrientemente

conocidas. El contraste entre progreso tecnológico y adopción de nuevas técnicas es el mismo que bajo la definición Schumpeteriana; es decir, progreso técnico consiste en el conocimiento de técnicas de producción adicionales, o sea, de nuevas funciones neoclásicas de producción. Pero ahora podemos distinguir, al menos conceptualmente, dos "fuentes" de progreso tecnológico: una consistente en el descubrimiento de nuevas técnicas de producción dentro de la misma función de producción meta, y la otra debido a desplazamientos en esta última función, originados en cambios en el estado del conocimiento científico.

Finalmente el concepto de Ahmad [3] de Curva Histórica de Posibilidades de Producción permite en forma explícita variaciones en el stock de conocimientos científicos. Llegamos de esta forma a un concepto puramente *ex-ante*, con cada período de tiempo caracterizado por un stock determinado de conocimiento científico y cierta posición para la función meta correspondiente. Dado que la especificación de un modelo de desarrollo agropecuario basado en la teoría de innovaciones inducidas es, por su naturaleza, esencialmente un modelo de largo plazo, haremos uso en el presente trabajo de este último concepto adoptando por otra parte el enfoque Schumpeteriano para la distinción entre innovación y adopción de nuevas tecnologías.

La producción de nuevas técnicas ha sido analizada tanto con enfoques *ex-post*, como con enfoques *ex-ante*. En el primero de los casos tenemos los intentos de medir la contribución del cambio tecnológico al crecimiento económico. La mayoría de los estudios empíricos en este campo han tratado el cambio tecnológico como un residuo neutral, comúnmente llamado residuo no explicado, y medido por diferencia entre el crecimiento del producto y el crecimiento en cierta media ponderada de los recursos insumidos en la producción. El resultado consistente de todos estos estudios es que el cambio tecnológico constituye la fuente más importante del crecimiento económico.

Por su parte el enfoque *ex-ante* en la generación de nuevas tecnologías ha considerado las innovaciones como exógenas o endógenas de acuerdo al reconocimiento dado a la existencia de mecanismos de asignación de recursos a actividades de investigación y desarrollo y la asociación de dichas actividades con la generación de nuevas técnicas.

Un caso intermedio entre los enfoques endógenos y exógenos de cambio tecnológico está dado por la teoría del "aprendizaje por experiencia" (learning-by-doing) de Arrow [5]. Hay un proceso de aprendizaje en la producción misma, y como resultado aumenta la eficiencia en el uso de los factores, supuestamente sin que haya una contraparte de costo relacionado con gastos eventuales en investigación. Pero el aprendizaje tiene un costo implícito, que es el costo del tiempo, de tal manera que existe un proceso decisional de asignación de recursos entre mayor inversión en insumos o mayor período de aprendizaje.

Los trabajos de Griliches [6], Minesian [7], Mansfield [8] y Katz [31] han evidenciado la existencia de una relación sistemática entre la tasa de

cambio tecnológico y el nivel de inversión en investigación y desarrollo. No obstante, el análisis de los procesos endógenos de generación de cambio tecnológico es aún escaso, aunque tenemos excepciones notables a esta afirmación, como por ejemplo los trabajos de Nordhaus [11] y Katz [31]. pero, mientras que estos autores consideran dichos procesos como desplazamientos neutrales de la función de producción, para nuestro trabajo nos interesa en forma particular el *sesgo* del cambio tecnológico.

La teoría de innovaciones inducidas está basada en la proposición de Hicks [12] de que cambios en los precios relativos de los factores van a inducir generación de tecnologías con un determinado sesgo de factores, es decir, cambio tecnológico ahorrador del factor de producción recientemente encarecido. En su Teoría de los Salarios (pág. 120), Hicks señala que: "El cambio en los precios relativos estimulará la búsqueda de nuevos métodos de producción que usen más del factor que se ha abaratado y menos del que se ha encarecido". Señala asimismo que esto ocurrirá en parte por un proceso de sustitución de factores dentro de las funciones de producción existentes y en parte proveyendo un estímulo a la invención de nuevas técnicas de producción.

Esta posición de Hicks ha sido criticada por Salter [13] y Fellner [14] basándose en el argumento de que "cuando los costos de mano de obra aumentan, cualquier progreso que reduce el costo total es bienvenido, y resulta irrelevante si esto es logrado ahorrando capital o ahorrando trabajo. No hay razón para pensar que debemos concentrar nuestra atención en técnicas ahorradoras de mano de obra, a menos que, por alguna característica interna de la tecnología, el conocimiento ahorrador de trabajo sea más fácil de adquirir que el conocimiento ahorrador de capital". (Salter).

Ahmad [3], resuelve esta controversia, demostrando que, sin considerar los costos de la innovación, o más específicamente suponiendo que el costo y el tiempo de generación de innovaciones es igual para todas las alternativas posibles, "un aumento en el precio de la mano de obra va a llevar necesariamente a una innovación que es ahorradora de este factor, si la posibilidad de innovación es tecnológicamente insesgada. Por otra parte, si la posibilidad de innovación resulta ser tecnológicamente sesgada en una u otra dirección, la respuesta a un cambio en los precios relativos de los factores va a ser igualmente una tendencia a economizar el factor que se ha encarecido en términos relativos, pero esta tendencia va a ser modificada por el sesgo de la posibilidad de innovación".

Pasemos entonces a considerar la extensión de estos conceptos en la Curva Histórica de Posibilidades de Innovación. Veamos para ello en la Figura I la determinación de un nuevo equilibrio sectorial con generación de innovaciones (en principio sin costos de investigación) como respuesta a cambios en los precios relativos de los factores. Digamos que tenemos sólo dos factores de producción, tierra ( $T$ ) y "otros factores" ( $X$ ). En el período  $t-1$  la isocuanta unitaria de la curva de posibilidades de producción es  $CPI_{t-1}$ ,

$AB$  es la línea del costo unitario<sup>1</sup> y la isocuanta de la función de producción utilizada es  $I_1$ . El sector estará inicialmente en equilibrio en el punto 1 con un nivel de beneficios igual a cero.

Supongamos ahora que el precio de la tierra aumenta mientras que el precio de los demás insumos disminuye de tal forma que el efecto neto (el nivel de precio de los productos finales también puede variar) es el desplazamiento de la línea unitaria de costo a  $CD$ . Sin innovaciones los productores individuales se ajustarán a la nueva situación de precios relativos mediante sustitución de factores a lo largo de la isocuanta  $I_1$ , hasta el punto 1' donde tenemos un nivel de beneficios negativo. Nótese que para que los beneficios sean no negativos el nivel unitario de producto debe ser producido sobre o por debajo de la línea  $CD$ . Decimos entonces que existirá una *demanda latente* por innovaciones generadoras de la isocuanta  $I_2$ , tangente a la  $CPI_t$ , en el punto 2 donde los productores se ubicarían maximizando sus beneficios. Ahora bien, dado que en este punto los beneficios son positivos se producirán ajustes adicionales de precios y/o innovaciones que llevarán al sector a un nuevo punto de equilibrio final. Si la demanda final es inelástica y la oferta de factores es elástica el ajuste se producirá fundamentalmente vía precios de productos finales; en el caso extremo de elasticidad igual a cero e infinito respectivamente los precios bajarán hasta que los productores se ubiquen en el punto de equilibrio final 2 ahora con un nivel de beneficios igual a cero. Si la demanda es elástica y la oferta de tierra es inelástica mientras que la de otros insumos es elástica, el ajuste se producirá entonces fundamentalmente vía incremento del precio de la tierra internalizando de esa forma beneficios positivos hasta que los mismos lleguen a un nivel cero. En el caso extremo de valores de elasticidad iguales a infinito, cero e infinito respectivamente el incremento relativo en el precio del factor tierra, ilustrado en el gráfico por el cambio en la pendiente de la recta de costo que se desplaza hacia  $CE$ , proveerá incentivos para la generación de innovaciones que llevarán a la alternativa de producción dada por la isocuanta  $I_3$ , en la cual los productores se ubicarán en el punto 3 de tangencia con la envolvente donde se encuentra el punto de equilibrio final con un nivel nulo de beneficios. Situaciones intermedias en relación con las elasticidades llevarán a posiciones finales de equilibrio sectorial entre los puntos 2 y 3 sobre la envolvente  $CPI_t$ .

Resumiendo, el cociente de factores  $\frac{X}{T}$  ha cambiado en el mecanismo de ajuste de  $I$  a  $I'$  por el proceso tradicional de sustitución y de  $I'$

La línea de costo unitario esta dada por  $P_t T + P_x X = P_y Y$ ; donde  $P_t$ ,  $P_x$ , y  $P_y$  denotan respectivamente precio de la tierra, de los "otros insumos" y del producto final. Haciendo  $Y = 1$  (ya que estamos trabajando con isocuantas unitarias),

$$\frac{P_t T}{P_y} + \frac{P_x X}{P_y} = 1 ;$$

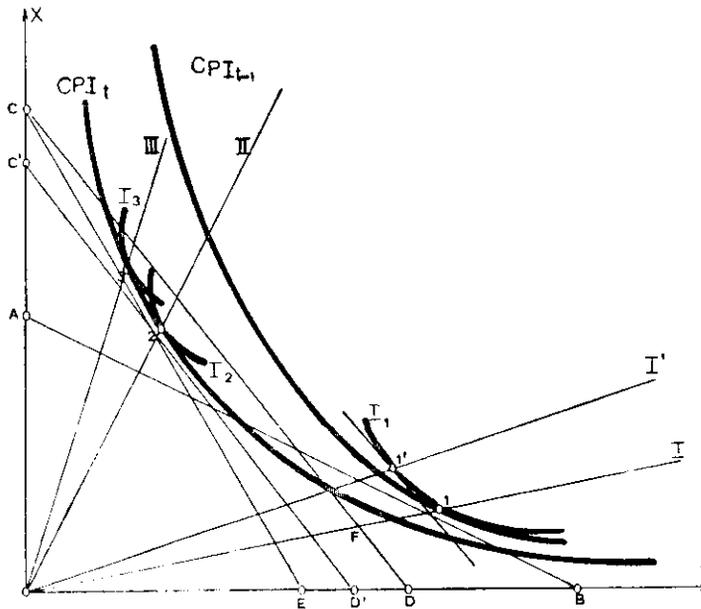
es el conjunto de puntos donde los beneficios por unidad de producto son iguales a cero. Puede verse fácilmente que cambios en  $P_y$  cambiaran solo la posición de la recta, mientras que cambios en los precios relativos de los factores afectarían la pendiente de la misma.

a II ó III debido al cambio tecnológico inducido por el cambio en los precios relativos de los factores.

En la ilustración del Gráfico I, la isocuantas  $I_1$  corresponde a la tecnología tradicional, donde la tierra es usada en forma extensiva, mientras que las isocuantas  $I_2$  e  $I_3$  corresponden a tecnologías modernas, ahorradoras del factor tierra, que ilustramos precedentemente como estando en demanda latente. Dado que tenemos in mente el problema del estancamiento tecnológico del sector agropecuario, nos interesa especificar los factores que provocan desplazamientos de la demanda latente, alejando la posición de equilibrio sectorial final de los puntos de tecnología avanzada, o sea acercándonos a puntos de equilibrio con tecnología tradicional.

GRAFICO I

Equilibrio Sectorial con Generación de Tecnologías



Los factores más importantes son los siguientes:

- i) El tamaño de la "tarifa implícita" o divergencia existente entre el conjunto de precios relativos internos para productos e insumos y los niveles correspondientes vigentes en el mercado mundial. En este sentido el factor más importante es el proteccionismo industrial, que surgiendo de la política de substitución de importaciones, eleva el precio relativo de los insumos de capital no tradicionales para el sector agrícola y desplaza en consecuencia la demanda latente hacia tecnologías tradicionales.

- ii) El stock de conocimiento científico tal como mencionamos previamente determina la posición de la  $CPI_t$ . Los países desarrollados y los centros internacionales de investigación agrícola tenderán a tener una  $CPI_t$ , más cercana al origen del espacio de los factores que los países subdesarrollados. En la eventualidad de que la  $CPI_t$ , tuviera por sí un sesgo ahorrador de tierra (como parece haber sido el caso en la realidad), la implicación de esto es que la demanda latente en los países menos desarrollados sería más por tecnologías tradicionales que en los países más desarrollados.
- iii) Mayores costos de investigación también desplazan la demanda latente hacia tecnologías tradicionales. En razón de "aprendizaje por experiencia" y economías de escala en investigación, los costos tenderán a ser mayores en los países subdesarrollados. Podemos conceptualizar esta situación con el instrumental utilizado en el Gráfico I, haciendo los costos proporcionalmente crecientes a medida que nos alejamos de la proporción de factores de la tecnología tradicional; es decir, tendríamos entonces una función de costos de innovación de la forma

$$R = f \left[ \frac{X}{T} - \left( \frac{X}{T} \right)_t \right],$$

donde  $R$  indica costo de investigación por unidad de producto e  $I$  la proporción de factores de la tecnología tradicional. Si los costos de investigación son internalizados en el sector agropecuario vía un impuesto a la producción, la introducción de dichos costos se haría en el gráfico vía cambio en la pendiente de la línea de costo unitario a partir de su intersección en  $F$  con el rayo que pasa por el origen denotando la proporción de factores prevaleciente en la actualidad. Con esto podíamos ilustrar como la magnitud del desplazamiento en la demanda latente hacia tecnologías más avanzadas, frente a cambios en los precios relativos de los factores, sería menor que en el caso en que la generación de tecnologías no requiriera costos de investigación. Por otra parte, si el presupuesto de investigación fuera fijo y predeterminado en forma arbitraria, el tamaño del mismo determinaría un intervalo de innovaciones posibles en términos de proporciones de factores, a partir de la tecnología tradicional. Por supuesto que la demanda latente podría ubicarse fuera de este intervalo, en cuyo caso el presupuesto asignado a investigación sería incompatible con un uso socialmente óptimo de los recursos agropecuarios.

- iv) Por último, debemos mencionar el riesgo en el conocimiento de los precios relativos. Por ejemplo, tomando el caso del precio del insumo  $X$ , la aversión al riesgo llevará a basar las decisiones de innovación en un precio esperado de  $X$  suficientemente alto para que la probabilidad de que este precio no sea superado se acerque a la

unidad. En el fondo esto es equivalente a un incremento en el precio de  $X$  y desplazaría la demanda latente hacia las tecnologías tradicionales.

### III. *Una clasificación de tecnologías para el sector agropecuario*

Ya que distintas tecnologías tienen impactos diferentes sobre la asignación de los recursos, el nivel de los rendimientos, el bienestar de los productores y consumidores, y la apropiabilidad de los beneficios de la investigación, proponemos una clasificación de innovaciones consistente en cuatro agrupamientos de tecnologías:

- i) Innovaciones mecánicas (tractores, cosechadoras);
- ii) Innovaciones biológicas (semillas híbridas, ganado de raza);
- iii) Innovaciones químicas (fertilizantes, insecticidas, herbicidas); y
- iv) Innovaciones agronómicas (prácticas culturales y de manejo agropecuario).

Dado este agrupamiento nos interesa primero caracterizar el impacto diferencial de cada tipo de innovación sobre la asignación de recursos en el sector agropecuario, utilizando para ello un marco conceptual de estática comparativa. En una economía de mercado, la condición necesaria para la adopción de una nueva tecnología radicará en su rentabilidad económica. El impacto sobre el nivel óptimo de recursos utilizados en el sector será función no sólo del sesgo de la innovación, sino de la acción combinada de éste, de la elasticidad de demanda de los productos finales y de la elasticidad de oferta de los recursos.

Es necesario, entonces, hacer una caracterización, aunque extremadamente esquemática, del sector agropecuario argentino en términos de elasticidades de demanda de productos finales y de oferta de insumos. En primer lugar, tomando una perspectiva histórica, la expansión del sector agropecuario argentino en las primeras décadas del presente siglo, ha tenido lugar fundamentalmente por ocupación de nuevas tierras, con replicación de tecnologías, retornos constantes a escala y proporción de factores relativamente fija<sup>2</sup> hasta la década del 30 en que se alcanza la "frontera" extensiva de la tierra (y esto es particularmente válido para los productos exportables tradicionales). En estas condiciones resulta relevante pensar en términos de una alta inelasticidad de oferta agregada de tierra en el sector. En el lado de la demanda de productos finales, Argentina enfrenta para sus productos exportables más importantes (carne, maíz, sorgo), una demanda de largo plazo altamente elástica en el mercado internacional, por lo cual, si el cambio tecnológico se genera específicamente para productos de baja elasticidad de demanda, tendrá como resultado la liberación de recursos originariamente utilizados en la producción de dichos productos, que se canalizarían hacia la producción de aquellos otros que cuenten con valores altos de elasticidad de demanda final. Por su parte si se genera específi-

<sup>2</sup> Ver DÍAZ ALEJANDRO, CARLOS F. [17].

camente para productos con una alta elasticidad de demanda final el resultado sería directamente la expansión en la producción de los mismos. Por último resulta razonable pensar en valores relativamente altos de elasticidad de oferta para los restantes insumos agropecuarios (excluyendo la tierra). Con estos elementos pasemos a considerar en detalle la clasificación propuesta de tecnologías, caracterizando ahora las mismas en términos de su impacto en los niveles relativos de uso de tierra, trabajo, capital y manejo, como así también en niveles de rendimiento por hectáreas. Siguiendo a Seckler [39] vamos a distinguir entre lo que él llama manejo "de línea", que consiste en la dirección real de las actividades cotidianas de producción y manejo "staff", referido a las decisiones en relación a las actividades a encarar por la explotación y al uso de técnicas (principalmente se refiere a las decisiones de inversión, de administración financiera y fiscal y a las actividades comerciales).

En la Tabla 2 resumimos las características de las cuatro categorías de innovaciones consideradas; el signo indica en cada caso la dirección en la cual la proporción de factores cambiaría, y el número de signos da una idea de la magnitud del sesgo de factores correspondiente.

Las innovaciones mecánicas son fundamentalmente sustitutivas de mano de obra en el proceso de producción. Incrementan de esta forma la productividad de la misma a través de incrementos en la cantidad de tierra por trabajador. Por otra parte, al sustituirse mano de obra por artefactos mecánicos disminuirían las necesidades de supervisión, y en consecuencia los requerimientos relativos de manejo "de línea"; y aumentarían en algún grado los requerimientos de capital a medida que la firma se hace más capital intensiva. Tal como lo ha indicado Sen [16] y otros autores, mientras la mecanización incrementa considerablemente el rendimiento por unidad de trabajo, no lleva generalmente a incrementos en los rendimientos por unidad de tierra.

Los mecanismos de decisión para la inducción de innovaciones seguirán distintos canales de acuerdo a la posibilidad de apropiabilidad privada de los beneficios generados por la investigación. Esto dependerá no sólo de la naturaleza interna de la innovación, sino también del sistema legal-institucional vigente (fundamentalmente referido a la existencia de un sistema legal de patentes de invención), como así también de la estructura de la industria.

En el caso de innovaciones mecánicas, las condiciones para la apropiabilidad privada de los beneficios generados por la investigación resultarán fundamentalmente del sistema legal-institucional vigente, ya que cualquier nuevo artefacto mecánico que saliera al mercado puede ser "copiado" por las firmas competidoras, salvo que el mismo esté cubierto por una patente. En Argentina la ley N.º 111 de patentes de invención incluye entre los rubros que pueden ser patentados todo el espectro de innovaciones potenciales en mecanización agrícola (primer grupo de la ley, rubros 3, 15 y 16). Las patentes son otorgadas por un período máximo de 15 años, y proveen una cobertura razonable contra "replicadores" potenciales de la invención.

TABLA II  
 CATEGORIZACION DEL CAMBIO TECNOLÓGICO EN EL SECTOR  
 AGROPECUARIO. SESGO DE FACTORES Y APROPIABILIDAD  
 DE BENEFICIOS DE INVESTIGACION Y DESARROLLO

Cambios en la proporción de uso de factores	INNOVACIONES			
	Mecánicas	Biológicas	Químicas	Agronómicas
Capital/Tierra ( $K/T$ ).....	++	+	++	+
Trabajo/Tierra ( $L/T$ ).....	--	0	++	++
Capital/Trabajo ( $K/L$ ).....	+++	+	0	-
Manejo "de línea"/ $T$ .....	--	0	++	++
Manejo "staff"/ $T$ .....	+	0	++	+
Incremento en los rendimientos por unidad de tierra.....	0	+	++	++
Ejemplos	Tractores Cosecha- doras	Semillas híbridas. Nuevas ra- zas	Fertilizan- tes Herbici- das Pesticidas	Prácticas Culturales Prácticas de manejo

Las innovaciones biológicas son relativamente neutrales en requerimientos de tierra y manejo. Son por otra parte levemente capital intensivas e incrementan solo moderadamente los rendimientos cuando se usan fuera de un "paquete" integrado de nuevas técnicas. En este grupo tenemos el caso más claro de una innovación para la cual parte de los retornos generados por las actividades de investigación y desarrollo son susceptibles de apropiabilidad privada: el caso de las semillas híbridas. Esto es así, básicamente, debido a la naturaleza interna de la innovación. Las características genéticas de la semilla híbrida son válidas únicamente para la primera generación, y en consecuencia la semilla no puede ser reproducida (al menos con las mismas características genéticas) ya sea por el productor agropecuario o por otras firmas semilleras compitiendo en el mercado, a menos que estas últimas puedan obtener las líneas endocriadas que constituyen los "padres" de la semilla híbrida que utiliza el productor. En consecuencia, si se puede obtener cierto grado de "secreto" en la investigación, tenemos las precondiciones para la existencia de inversión privada en este tipo de investigación genética.

Además estas condiciones se ven reforzadas por la organización legal-institucional vigente, a pesar del hecho de que el sistema nacional de patentes de invención no incluye la cobertura de innovaciones genéticas. Sin embargo existe un sistema legal de fiscalización y control de firmas semilleras, instrumentado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, que contribuye a consolidar la idea de que la semilla híbrida puede ser considerada una innovación apropiable.

En razón de los altos costos implicados en el desarrollo de innovaciones consistentes en "paquetes" integrados de técnicas biológicas-químicas-agronómicas, y como solo una pequeña parte de los beneficios generados por la investigación pueden ser apropiados privadamente, las compañías de insumos agropecuarios tenderán a no realizar actividades de investigación y desarrollo para este tipo de innovación. Por el contrario, dichas actividades tenderán a concentrarse en tecnologías adaptadas a las condiciones prevalecientes de producción, en lugar de hacerlo en innovaciones que puedan eventualmente formar parte de un nuevo "paquete" tecnológico.

Por ejemplo, las compañías semilleras tenderán a concentrarse en el desarrollo de nuevas variedades híbridas de máxima performance bajo las condiciones prevalecientes de producción. Es decir, se concentrarán en la producción de una semilla cuyas características genéticas la hacen apta para la producción en condiciones de fertilidad declinante del suelo, si el paquete de técnicas que incluye fertilizantes no es utilizado, como es el caso en Argentina. En el caso opuesto donde dicho paquete estuviera ampliamente difundido en la producción, los esfuerzos se dirigirán fundamentalmente hacia la producción de variedades híbridas de alta respuesta a fertilizante.

Volviendo a la Tabla 2, podemos ver que las innovaciones químicas son fundamentalmente ahorradoras de tierra, permitiendo la substitución de ésta por capital y mano de obra, e incrementando los rendimientos por unidad de tierra. La nueva asignación de recursos requerirá relativamente menos tierra, y más capital y mano de obra. Por otra parte, al utilizarse relativamente más mano de obra, requerirá también más manejo "de línea", aumentando también en algún grado los requerimientos de manejo "staff" ya que aumenta la intensidad de uso del capital.

Las innovaciones agronómicas son también ahorradoras de tierra, e intensivas en el uso de mano de obra y manejo "de línea". Tal como las innovaciones químicas, las agronómicas son definitivamente incrementadoras de los rendimientos por unidad de tierra, aunque difieren en el grado de requerimientos de capital.

Los beneficios de la investigación en innovaciones químicas y agronómicas no son fundamentalmente susceptibles de apropiabilidad privada por lo que es de suponer que el grueso de la inversión en dichas actividades será concretado a través de las entidades públicas de investigación tal como el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Debemos mencionar como excepción en este grupo, que los retornos de investigación en herbicidas y pesticidas pueden ser susceptibles de apropiabilidad privada, si están cubiertos por el sistema legal de patentes (tal como es el caso en la Argenti-

na). En el otro extremo, el puro conocimiento acerca de prácticas culturales y de manejo, aparece como el caso mas claro de innovaciones no apropiables.

Finalmente, "los paquetes" de innovaciones con tecnologías de dos o mas de los grupos considerados, combinará el sesgo de factores de sus componentes y en general habrá cierto grado de complementariedad entre los mismos. Esto es particularmente cierto para paquetes de tecnologías biológicas-químicas-agronómicas, en cuyo caso el efecto eventual de interacción reforzaría el sesgo de factores correspondiente a una consideración puramente aditiva de los diferentes elementos en el paquete. En general podemos decir que estos paquetes tenderán a ser de naturaleza ahorradora de tierra, intensivos en el uso de capital y mano de obra, y definitivamente incrementadores de rendimientos.

Siguiendo los lineamientos de la categorización precedente, y utilizando además una partición del capital, similar a la clasificación de los sesgos del cambio tecnológico, en capital ahorrador de tierra, ahorrador de trabajo y neutral, podríamos particionar la función de producción agregada para el sector agropecuario en subfunciones separables donde el grado de sustituibilidad entre factores es mayor dentro de cada subfunción que entre subfunciones:

$$Y = F \left[ \alpha f (K_T, T); \beta g (K_L, L); \delta K \right]$$

donde:

$Y$  es la producción agregada del sector;

$T$  y  $L$  son insumos de tierra y trabajo respectivamente;

$K_T$  es capital ahorrador de tierra asociado con la adopción de innovaciones químicas y/o agronómicas;

$K_L$  es capital ahorrador de trabajo, fundamentalmente es el capital requerido para innovaciones mecánicas;

$K$  es capital neutral, es decir aquel que no entra en las particiones previas ( $K_T$  o  $K_L$ ), tal como por ejemplo stock de ganado;

$\alpha$ ,  $\beta$  y  $\delta$  captarían el cambio tecnológico en capital ahorrador de tierra, ahorrador de trabajo y neutral, respectivamente.

La separación en subfunciones permite preparar el camino para un tratamiento diferencial de los mecanismos de inducción de innovaciones según se trate de actividades de investigación dirigidas a un tipo u otro de capital. Los beneficios de la investigación dirigida a  $\beta g (K_L, L)$  son generalmente susceptibles de apropiabilidad privada y en consecuencia resulta de importancia la consideración del papel de las compañías de insumos agropecuarios en el proceso de generación y difusión de este tipo de innovaciones. La tarea de análisis de este proceso consistiría en este caso en especifi-

car cuales son los mecanismos de mercado que guiarían la asignación de recursos en investigación por las firmas privadas, el papel complementario de organismos públicos como el INTA y la respuesta del productor rural en el proceso de adopción.

Por otra parte, los beneficios generados en la investigación orientada hacia  $\alpha f(K_T, T)$  no son en su mayor parte susceptibles de apropiabilidad privada, y en consecuencia los mecanismos de decisión para la asignación de recursos gubernamentales a actividades de investigación y desarrollo dirigidas a este tipo de innovaciones adquiere relevancia primordial. En lo que sigue de este trabajo concentraremos nuestra atención fundamentalmente en la inducción de innovaciones de este tipo en las cuales la inversión pública aparece como condición necesaria para su desarrollo.

Por último, la función de producción propuesta permite separar la doble contribución del sector agropecuario al crecimiento económico del país en forma de excedente exportable por la subfunción  $\alpha f(K_T, T)$  que incorpora los insumos que incrementan los rendimientos y en forma de excedente de trabajo por la subfunción  $\beta g(K_L, L)$ .

#### IV. *Generación y difusión del cambio tecnológico en el sector agropecuario argentino.*

Hemos visto que los procesos de decisión que llevan a la inducción de innovaciones siguen dos canales diferentes de acuerdo con la posibilidad de apropiación privada de los beneficios de la investigación.

Para innovaciones mecánicas, y también para innovaciones biológicas congruentes con el paquete de técnicas prevaleciente en el sector los beneficios podrán ser apropiados privadamente, y en consecuencia, las compañías de insumos agropecuarios cubrirán el grueso de los requerimientos de inversión para generar estas innovaciones. El problema de asignación óptima de recursos a investigación y desarrollo por firmas supuestamente maximizadoras de beneficios ha sido estudiado por Nordhaus [11] y Lucas [28].

Las innovaciones químicas, las agronómicas y las consistentes en paquetes integrados de nuevas tecnologías serán generados fundamentalmente vía inversión pública en investigación y desarrollo. En tal situación, los criterios que guían la inversión pública en estas actividades, los canales por los cuales la investigación es orientada hacia la satisfacción de la *demandada actual* de innovaciones por parte de los productores, la forma en que puede conceptualizarse una demanda por innovaciones de la comunidad como un todo, vía objetivos sectoriales de política económica, la forma de manifestación de esta última, fundamentalmente a través de la existencia o no de una política sistemática dirigida a los insumos agropecuarios, la consistencia (o inconsistencia) cualitativa y cuantitativa de ambas demandas, estos y otros problemas que surgen al considerar el uso de fondos públicos para financiar el funcionamiento de centros de investigación no orientados a la captación de beneficios monetarios, creemos que no han sido totalmente esclarecidos en la literatura económica (Nelson [21], Schultz [22]).

El trabajo de Hayami y Ruttan [4] ubica la eficiencia de los mecanismos de oferta y demanda de innovaciones en el centro de su teoría de desarrollo agropecuario:

“Las innovaciones que ahorran los factores caracterizados por una oferta inelástica, o por menores desplazamientos en su oferta, aparecen como más beneficiosas para el productor agropecuario. Los productores son inducidos por cambios en los precios relativos hacia la búsqueda de alternativas técnicas que ahorran el factor de producción crecientemente escaso. Presionan a las entidades públicas de investigación para que se desarrolle la nueva tecnología, y también demandan de las compañías de insumos agropecuarios técnicas incorporadas en insumos modernos con los cuales substituir los factores escasos. Investigadores científicos y empresarios responden poniendo a disposición de los productores nuevas posibilidades técnicas y nuevos insumos que permiten al productor substituir los factores crecientemente abundantes por aquellos crecientemente escasos, guiando de esta forma la demanda de los productores por reducción de costos unitarios en una dirección socialmente óptima”.

En el modelo de Hayami y Ruttan, la generación de innovaciones es estudiada en la forma reducida de oferta y demanda y no en la forma estructural al nivel de la función de decisión de productores rurales por un lado e investigadores científicos y administradores públicos por el otro. Su enfoque resulta satisfactorio si pensamos que han trabajado en un contexto de estática comparativa, sin estar particularmente orientados hacia la especificación del sendero dinámico de ajuste generado por la continua interacción de decisiones individuales de adopción y decisiones privadas (firmas) y sociales (sector público) de innovación. Creemos que dicha especificación resulta importante porque la existencia de desfases en la generación de innovaciones que serían consistentes con los precios relativos prevalecientes puede mantener el uso de recursos en el sector agropecuario lejos de una situación de óptimo social.

El primer paso en la especificación de un modelo socioeconómico de innovación inducida consiste en distinguir entre demanda latente y demanda actual por innovaciones. Si los beneficios esperados son maximizados, un cambio en los precios y/o un cambio en la CPI dará origen a una *demanda latente* por innovaciones no apropiables correspondiendo a la función de producción neoclásica tangente al punto 2 ó 3 en el Gráfico I. Tal como hemos señalado, menor stock de conocimiento científico, precios mayores y más variables para los insumos agropecuarios no tradicionales y mayores costos de innovación, desplazarán la demanda latente hacia tecnologías tradicionales alejándonos de cambios tecnológicos radicales.

1. La demanda latente es entonces aquella que *dentro del esquema de innovaciones inducidas* llevaría el desarrollo agropecuario hacia un sendero tecnológico socialmente óptimo. Por su parte, la *demanda actual* es la que en el corto plazo guía la asignación de recursos en investigación y desarrollo. Ya hemos caracterizado en la sección anterior la demanda latente por nuevas tecnologías. El segundo paso consiste en especificar el proceso de decisión que está detrás de la demanda actual de innovaciones.

La misma se va a materializar esencialmente bajo tres aspectos:

- i) un flujo de información del sector agrícola a las estaciones experimentales y otros organismos de investigación.
- ii) un flujo de información de los organismos superiores de decisión en política económica a las mismas entidades del sistema de investigación agropecuaria.
- iii) el presupuesto dedicado a investigación, en su tamaño absoluto y en las restricciones para su asignación entre las distintas alternativas de investigación.

La cuestión crucial aquí es determinar dentro de i) y ii) de donde proviene la demanda que en definitiva va a afectar el tamaño y la asignación de los fondos a investigación, constituyendo aparte una fuente de información para los investigadores acerca del tipo de innovaciones requeridas para el sector agropecuario.

En lo que se refiere a la demanda proveniente de los organismos superiores de decisión en política económica, hemos de postular la virtual inexistencia de una política tecnológica de largo plazo instrumentada en forma sistemática, o sea la virtual inexistencia de una demanda por tecnologías proveniente del sector público (supuestamente representativo del bienestar general), demanda esta que sería derivada de metas económicas globales o sectoriales.

Quedamos entonces con la demanda originada en el sector agropecuario. La prevalencia de esta demanda sobre la del sector público es importante por dos razones. Una es que distintas tecnologías afectan diferencialmente al excedente del productor y al excedente del consumidor (que en este caso acrecería a la comunidad como un todo vía incremento en el excedente exportable). En consecuencia la prevalencia de la demanda por innovaciones originada en el sector agropecuario tiende al desarrollo de tecnologías que incrementen el excedente del productor, y no necesariamente el excedente del consumidor (o excedente exportable en nuestro caso).

La otra razón es que sabemos que los intereses de los distintos productores agropecuarios no están igualmente representados, y que típicamente existe cierta predominancia de los grandes productores. La demanda de innovaciones que aparece reflejada a través del tamaño y la asignación de los fondos de investigación derivará de la maximización de utilidad de estos intereses agropecuarios predominantes. Algo similar ocurrirá con la información transmitida a los investigadores científicos, ya que, los grandes productores, típicamente más educados, son los que mantienen mayor contacto con los investigadores en las estaciones experimentales (Obstchatko

y de Janvry [25]). En consecuencia, la representación desigual de los productores frente a la generación de innovaciones tecnológicas pueden llevar a situaciones suboptimales de uso de los recursos en el sector agropecuario. Postularemos, en consecuencia, que la demanda actual para innovaciones resulta de la maximización de la función de utilidad de los intereses agropecuarios predominantes. Debemos entonces intentar especificar esta función de utilidad; lamentablemente no tenemos antecedentes en este sentido, ya que economistas y sociólogos se han concentrado usualmente en el problema de adopción más que en el problema de generación de innovaciones (Griliches [10], Brander y Strauss [18], Haven [19], etc.), en la ocurrencia del cambio tecnológico en lugar de en la demanda por el mismo (intentos de medición ex-post), en la innovación por firmas privadas más que en su realización por entidades públicas (Mansfield [8], Minesian [7], Nordhaus [11]), y en la demanda latente en lugar de en la demanda actual (Hicks [12], Ahmad [3], Kennedy [2], Fellner [14], Salter [13]).

Dos elementos deben sin lugar a dudas entrar en esta función de utilidad: ganancias esperadas y aversión a riesgo. La revisión histórica realizada por Rosenberg [20] de los mecanismos de inducción de innovaciones nos acercan a especificaciones de otros dos elementos que entran en el proceso de decisión: uno de ellos es presión económica, el otro congruencia.

En sus conclusiones Rosenberg señala:

“Es factible, por otra parte, que posibilidades de deterioro o empeoramiento real con respecto a cierto estado previo sean un mecanismo de enfoque de atención más poderoso que posibilidades no bien definidas de mejoras. Puede haber razones psicológicas que expliquen porqué tal circunstancia de empeoramiento o su perspectiva galvanice a aquellos afectados en una respuesta más positiva y decisiva de lo que harían movimientos potenciales hacia estadios mejores en una situación de no deterioro. La misma clase de asimetría que Duesenberry postuló para unidades de consumo confrontadas con la necesidad de ajustarse a una revisión hacia abajo en sus ingresos puede darse para los que tienen el poder de decisión en el control de los recursos para explorar el horizonte tecnológico. *Tal comportamiento asimétrico puede ser tratado más apropiadamente por un modelo de comportamiento y respuesta empresarial de 'satisfacción', donde las alternativas tecnológicas son exploradas solo cuando la posición de beneficios de la firma declina por debajo de cierto nivel mínimo aceptable.* En cualquier caso, resulta claro que amenazas en contra de una posición establecida, han servido frecuentemente como inductores poderosos para el cambio tecnológico”.

En consecuencia, nosotros definimos presión económica como beneficios negativos o declinantes, y éstos tenderán a aparecer como elementos inductores de innovaciones. Si la presión económica actúa en realidad como un mecanismo de enfoque de atención acelerando la tasa de cambio tecnológico, debe ser porque existe un objetivo que domina al de maximización de beneficios léxicográficamente y que es, a su vez, dominado por el objetivo de eliminar dicha presión económica. Para determinar este objetivo inter-

medio entre presión económica y maximización de beneficios, volvamos a la literatura sobre innovaciones.

Rosenberg menciona que “finalmente, un importante denominador común para estos ejemplos históricos es la persistencia con la cual las firmas atacaron lo que, en cierto momento, consideraron como la restricción más relevante en sus operaciones. Esto sugiere que puede ser posible formular un enfoque microeconómico del cambio tecnológico en términos de cuellos de botella. Si deseáramos entender la clase de problemas a los cuales es muy probable que el personal técnico competente dedique su atención, llegaríamos a concentrar nuestra atención en su inevitable preocupación con los problemas cotidianos planteados por la tecnología existente. Podríamos invocar lo que March y Simon llaman la ley de Gresham del planeamiento que puesta en forma esquemática implica la proposición de que la rutina diaria elimina el planeamiento. Si prestáramos mayor atención a los cursos de acción dejados de lado por esta rutina cotidiana, podríamos obtener una mayor comprensión del proceso de cambio tecnológico”.

En forma similar, Nelson [33] y Eckaus [23] han indicado que las “innovaciones son en su mayoría producidas por un refinamiento paso a paso del estado de las artes corrientemente conocido”.

La implicación de esto es que la demanda actual por innovaciones está fundamentalmente guiada a mejorar diseños ya existentes y a inducir innovaciones que sean compatibles con la proporción de factores prevalciente, provisto de que no existe presión económica. Llamaremos a éste el objetivo de congruencia.

Recapitulando, tenemos hasta ahora tres elementos que parecen entrar en el mecanismo de decisión de innovaciones inducidas: congruencia, que domina maximización de beneficios léxicográficamente cuando no hay presión económica; y presión económica, que domina congruencia, también léxicográficamente. Si introducimos además un objetivo de aversión al riesgo, en la forma de una restricción de supervivencia que también domina congruencia (tal como un alto grado de probabilidad de tener ganancias no negativas), tendremos la siguiente función de utilidad léxicográfica:

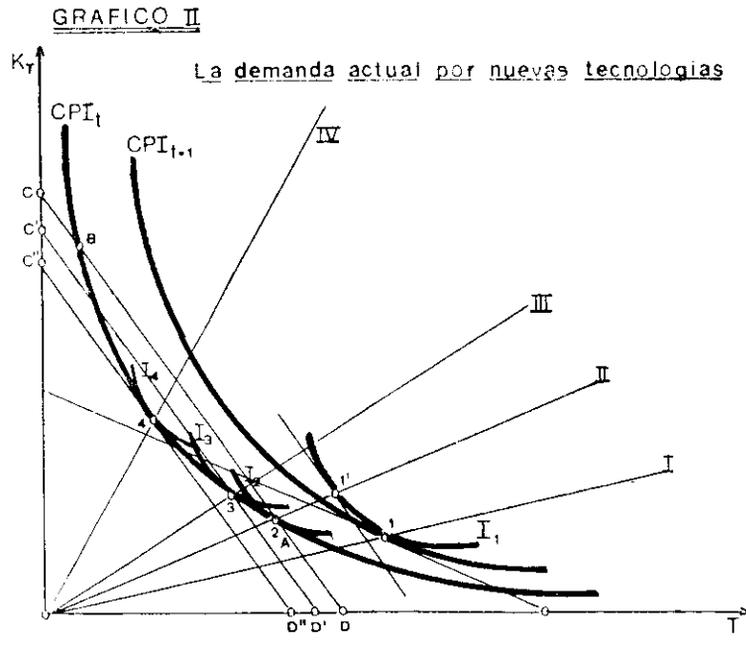
$$UL \left\{ E(\pi) \geq 0 ; P_r(\pi \geq 0) = \alpha ; \text{máx. congruencia} ; \text{máx. } E(\pi) \right\}$$

donde  $\pi$  denota beneficios.

La demanda actual de innovaciones resultará entonces, de la maximización de esta función de utilidad correspondiente a los intereses agropecuarios predominantes. Debemos mencionar en este punto que mientras la generación de innovaciones no apropiables es caracterizada aquí como el resultado de un proceso socioeconómico, las decisiones de adopción son ubicadas en el marco individual de cada productor y en este caso (como veremos más adelante) la maximización de beneficios proveerá el elemento fundamental (aunque no único) a considerar.

Con esta salvedad pasemos a considerar algunas de las implicaciones iniciales del uso de esta función de utilidad para la *demandas actual* de innovaciones.

Para ello seguimos con las líneas de razonamiento ya utilizadas en el Gráfico I y pasamos ahora a trabajar con el Gráfico II, donde tenemos  $K_T$  en lugar de  $X$  en el eje de las ordenadas. En primer lugar beneficios positivos y no declinantes son objetivos prioritarios; en consecuencia, la parte de  $CPI_t$  que satisface este objetivo dominante es aquella que se encuentra por debajo de  $CD$  (es decir, el arco delimitado por  $A$  y  $B$ ). Este segmento de la curva  $CPI_t$  puede ser restringido en forma adicional por el objetivo de aversión a riesgo. Una vez que se elimina presión económica, asegurándose por otra parte el objetivo supervivencia, la congruencia máxima con la proporción de factores prevaleciente aparece como objetivo prioritario. Por último, con las restricciones precedentes se maximizarán beneficios.



Si el nuevo costo unitario es  $CD$  (siguiendo con el razonamiento ya visto en el Gráfico I), la generación de la nueva isocuanta  $I_2$  va a eliminar la presión económica aún existente en  $1'$ , va a ser congruente con la proporción de factores  $II$ , y va a maximizar beneficios esperados dentro de esta restricción de congruencia.

Por otra parte, si la nueva línea de costo unitario fuera  $C'D'$  la eliminación de la presión económica impondrá el cambio de la proporción de factores de  $II$  a  $III$ , es decir, en este caso habrá que sacrificar congruencia para cubrir el objetivo prioritario de eliminar la presión económica. La demanda actual que surge de la función de utilidad corresponderá a la tecnología dada por la isocuanta  $I_3$ . En consecuencia, presión económica desplaza la deman-

da actual fuera de los límites impuestos por congruencia. Sólo si la línea unitaria de costo fuera  $C''D''$ , coincidirían la demanda actual y la demanda latente en la tecnología  $I_4$ .

Un aspecto interesante del mecanismo de decisión implicado en esta función de utilidad es que mientras que en la mayoría de los casos genera un desfase entre demanda actual y latente, implicando cierto costo social, la interacción entre decisiones de innovación y decisiones de adopción, como veremos más adelante, va a generar un sendero de ajuste dinámico en la demanda actual, tal que esta última va a convergir hacia el punto socialmente óptimo de demanda latente.

Todos los factores que hemos señalado como influyendo en los desplazamientos de la demanda latente actúan también para la demanda actual, pero esta última va a ser también afectada por:

- i) la representatividad de los intereses agropecuarios predominantes de cuya función de utilidad se deriva la demanda actual por innovaciones. Cuanto más representativos sean estos intereses más débil será el objetivo congruencia, ya que el mismo incluirá un mayor espectro de proporciones de factores. Si, por contraste, los intereses agropecuarios están dominados por grandes productores van a prevalecer los requerimientos de congruencia con un cociente de  $X/T$  bajo, y en consecuencia, con tecnologías tradicionales;
- ii) el grado de interacción entre productores, investigadores científicos y administradores. Hayami y Ruttan [4] señalan que: "La interacción dialéctica entre productores rurales, investigadores científicos y administradores va a ser probablemente más efectiva cuando los productores se encuentran agrupados en asociaciones locales o regionales políticamente efectivas (parte de la demanda). La respuesta del sector público en programas de investigación y extensión va a ser mayor cuando el sistema de investigación agropecuaria sea altamente descentralizado como en los Estados Unidos (parte de oferta)".

Finalmente, para culminar con demanda, quisiéramos calificar en dos sentidos la función de utilidad utilizada. En primer lugar, somos conscientes de las dificultades implicadas en el manejo del concepto de congruencia, en realidad no pensamos que el mismo pueda ser considerado estrictamente como un objetivo en sí mismo, pero si pensamos que su inclusión en la función de utilidad nos permite captar un fenómeno en cierta medida observable que explica en gran parte los desfases entre demanda actual y demanda latente. En segundo lugar, y estrictamente relacionado con lo anterior, resulta claro que la dominación léxicográfica es la relación más restrictiva que podemos definir entre congruencia y maximización de beneficios; en realidad, creemos que existirá cierto grado de sustitutibilidad entre ambos, es decir, podemos encontrar niveles de beneficios y flujo de información, tales que el productor se encontraría dispuesto a salir de la tecnología tradicional, de la rutina del método de producción que ya conoce. De todas maneras, al igual que en la calificación anterior, la inclusión de esta relación

de dominación total nos permite enfatizar el desfase entre demanda latente y actual del cual, por otra parte, tenemos algunas evidencias empíricas (de Janvry [24], de Janvry y Obstehatko [25]).

Estamos, entonces, usando un elemento de contenido normativo, tal cual es la función objetivo en sentido positivo, es decir, pretendiendo con ella conceptualizar aspectos del comportamiento de un sector de productores que van a explicar en gran medida la dirección que sigue la investigación.

Culminada la especificación de la demanda actual, señalemos algunos aspectos de la oferta de innovaciones que completan el marco de generación de nuevas tecnologías.

2. Dada la especificación precedente de la demanda actual, completaremos el cuadro de generación de tecnologías cubriendo brevemente algunos aspectos de la oferta de innovaciones.

Tal como anticipamos tendremos dos componentes en dicha oferta: uno dado por las firmas privadas y el otro correspondiente al sector público. El primer componente de la oferta de innovaciones derivará del comportamiento económico de firmas privadas, en particular, de aquellas que proveen de insumos al sector agropecuario. Resulta obvio que dicho componente aparecerá sólo si la naturaleza interna de la innovación, la estructura legal-institucional y/o la estructura de la industria son tales que posibilitan a estas firmas la apropiabilidad de ciertos beneficios para la inversión en determinados tipos de investigación. Provisto que la innovación es apropiable, su oferta por parte de las firmas privadas va a ser esencialmente guiada por el retorno esperado para la inversión requerida en las correspondientes actividades de investigación<sup>3</sup>. Por su parte el sector público en el caso de innovaciones apropiables va a complementar la inversión privada, y finalmente, en el caso de innovaciones no apropiables va a asumir absoluta prevalencia, ya que será la única fuente potencial de oferta para este tipo de innovaciones.

La demanda actual guiará la asignación de recursos a investigación por tipo de tecnología, y la determinación del tamaño del presupuesto dedicado a investigación agropecuaria en las entidades públicas; asimismo, proveerá un flujo de información dirigido hacia los investigadores científicos. En Argentina, la institución que tiene la responsabilidad de "producir" nuevas tecnologías para el sector agropecuario, y en consecuencia, la fuente más importante, sino la única, de la oferta pública de innovaciones, es el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), cuyas actividades son financiadas por un impuesto de 1,5 % sobre el valor de las exportaciones agropecuarias.

Oslak, Sábato y Roulet [40] han indicado en su trabajo que la falta de directivas explícitas y concretas por parte del gobierno, han llevado a la Dirección del INTA a discutir y elaborar los objetivos de su propia activi-

<sup>3</sup> Para una verificación de esta hipótesis en el caso de semilla híbrida de maíz en Argentina ver: MARTÍNEZ, JUAN CARLOS [9] Cap. IV.

dad; estando por otra parte la iniciativa para los proyectos de investigación y/o extensión, y en consecuencia la demanda de fondos correspondiente originada básicamente al nivel de las estaciones experimentales.

Es decir, la iniciativa surge de los investigadores y extensionistas del INTA que se encuentran expuestos a las influencias del contexto agropecuario en el cual deben desenvolverse.

En resumen, el sistema actual de planeamiento en INTA no está necesariamente basado en un sistema de prioridades racionalmente establecido, sino mas bien en un proceso de acumulación de iniciativas y decisiones acerca de las mismas.

Por otra parte, existe cierta evidencia empírica, que indica que la mayor parte de los productores en estrecho contacto con las agencias del INTA son precisamente los productores mas grandes<sup>4</sup>. Esto resulta consistente con la hipótesis mantenida en la sección anterior acerca del sesgo hacia los intereses agropecuarios predominantes, presente en la demanda actual de innovaciones.

No es nuestro propósito extendernos en mayores detalles en el tratamiento de la oferta de innovaciones agropecuarias; pensamos que las consideraciones precedentes contribuyen a sustentar nuestra hipótesis de que el sistema público de investigación agropecuaria será lo suficientemente flexible como para permitir la canalización de los fondos de investigación en la dirección indicada por la demanda actual.

3. Una vez que las nuevas técnicas son puestas a disposición del sector agropecuario por las firmas privadas o por las instituciones públicas de investigación agropecuaria la *adopción* de dichas técnicas en el sector va a depender de una decisión individual dentro de cada empresa rural, la cual estará *esencialmente* gobernada por el objetivo de maximización de beneficios.

Una vez que se materializa la disponibilidad real de la nueva técnica la tasa de adopción va a ser condicionada por una serie de factores económicos y no económicos, actuando los primeros como condiciones necesarias para la materialización del proceso de adopción.

Como factores económicos tenemos los beneficios esperados de la aplicación de la nueva técnica y la aversión a riesgo. Los estudios empíricos de Griliches [10], Mansfield [8] y Martínez [9] entre otros dan cierta evidencia empírica sobre el primero de estos factores. Griliches [10] y Martínez [9] han explicado para Estados Unidos y Argentina respectivamente, diferencias regionales en el uso de semilla híbrida durante el período de adopción, como función de las diferencias en la magnitud absoluta de beneficios esperados. Dichos beneficios son en parte determinados por los precios relativos de factores y productos finales y en parte por la situación de preadopción de la empresa (Salter [13], Darlymple [26]), como el nivel de capacitación de la mano de obra, o el tipo de stock de capital existente. Por su parte, si prevalece la aversión a riesgo, la existencia de este último retardará el proceso de adopción. Tal como los beneficios el riesgo será en parte función de un conjunto de factores externos a la empresa (tales como variabilidad de los precios, disponibilidad de distintos tipos de seguro agríco-

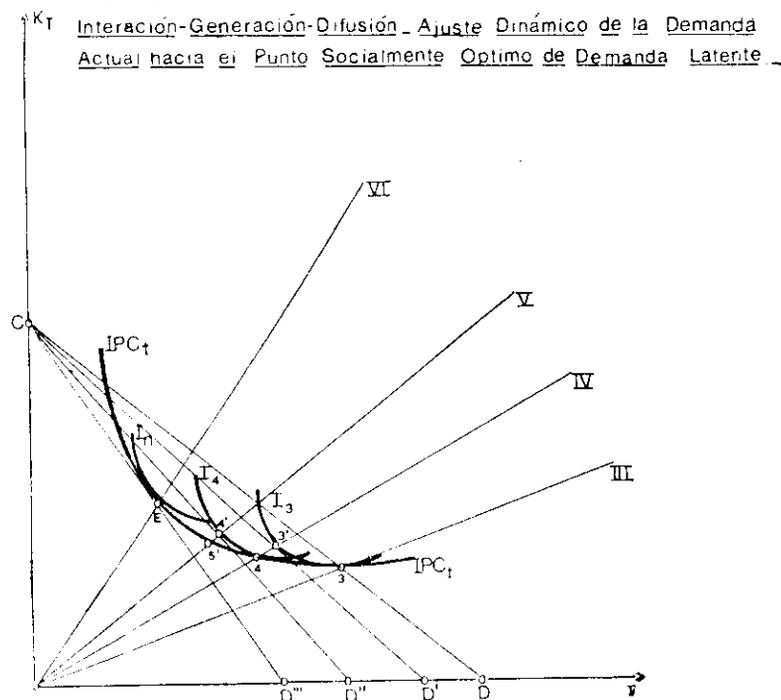
<sup>4</sup> Ver por ejemplo: OBSTCHATKO, EDITH S. [29] y TANDECIARZ, IGNACIO C. [41].

la, disponibilidad y calidad de la información) y también dependerán de factores específicos de la tecnología en cuestión (tales como susceptibilidad a variaciones climáticas, divisibilidad de la inversión).

Los factores no económicos son en gran parte "reducibles" a factores económicos y pensamos que estos últimos prevalecerán en última instancia en el proceso de adopción. De todas maneras, podemos mencionar algunos factores adicionales que pueden ser de importancia, tales como el tamaño de la explotación, la forma de tenencia de la tierra, el grado de interacción de la nueva tecnología con las técnicas de producción prevaleciente, el sesgo en materia de acceso a información, crédito y educación, etc.

4. Con los elementos precedentes podemos ahora ver con mayor detalle cual sería el *sendero de ajuste* producido por la interacción generación-adopción de tecnologías que en última instancia haría desaparecer la brecha entre demanda actual y latente llevando la economía a un punto óptimo de generación y uso de nuevas tecnologías.

GRAFICO III



El proceso es ilustrado en el Gráfico III. En principio supongamos que el costo unitario es  $CD$  y que ha sido generada la tecnología representada por la isocanta  $I_3$  de acuerdo con la descripción ya hecha en el Gráfico II. Una vez que la tecnología  $I_3$  está disponible se sucederá el proceso de adop-

ción por el cual los productores tenderán a desplazarse sobre la isocuanta  $I_3$  hacia la izquierda del punto 3 en búsqueda de posiciones de máximo beneficio, con  $\pi > 0$ . Si tal como supusimos en la Sección III, la oferta de tierra es absolutamente inelástica, con cierta elasticidad de oferta para los restantes factores (en particular para  $K_T$ ) y una alta elasticidad de demanda para algunos productos finales, los beneficios positivos serán capitalizados en el valor del factor cuya oferta es inelástica, es decir, aumentará el precio de la tierra hasta eliminar dichos beneficios, desplazándose los productores más hacia la izquierda sobre la isocuanta  $I_3$  hasta que por sucesivos ajustes se llegue al punto 3' con un costo unitario igual a  $C'D'$  y  $\pi = 0$ . En este punto la demanda por innovaciones, guiará la asignación de recursos en investigación y desarrollo de tal forma que se generará la tecnología indicada por la isocuanta  $I_4$ , ya que la misma es congruente con la proporción de factores prevaleciente en 3' y maximiza los beneficios esperados, satisfaciendo en consecuencia la maximización de la función léxicográfica de utilidad. Una vez disponible la tecnología  $I_4$ , y provisto cierto tiempo para su adopción, los productores tenderán a desplazarse hacia 4' maximizando beneficios y provocando ajustes adicionales en el precio de la tierra que llevarán al equilibrio de corto plazo en 4', siendo ahora  $CD''$  la línea de costo unitario, y nuevamente  $\pi = 0$ . Pero este punto al igual que el 3 no es un punto de equilibrio final, ya que la demanda actual por innovaciones presionará por la generación de la tecnología  $I_5$  que estará disponible luego de cierto período, repitiéndose de esta forma el proceso detallado precedentemente y convergiendo la demanda actual hacia la demanda latente por la tecnología  $I_n$ , donde el sector alcanza una posición de equilibrio estable en el punto  $E$  donde la línea del costo unitario es tangente a la curva de posibilidades de innovación.

Recapitulando, la introducción de presión económica y congruencia en el proceso de decisión para la generación de innovaciones genera un desfasaje entre la demanda actual y la demanda latente, pero esta brecha entre ambas tiende a desaparecer por la interacción del proceso de generación y el proceso de adopción vía un comportamiento empresarial en la adopción de las tecnologías ya disponibles y los consecuentes ajustes provistos por el mecanismo de mercado.

El mecanismo propuesto resulta similar en su parte conceptual a la dinámica del "treadmill" tecnológico propuesto en un contexto de demanda inelástica para productos agrícolas (Cochrane [27]). En el mismo, nuevas tecnologías que reducen los costos medios son adoptadas por algunos productores en busca de beneficios, desplazando la oferta hacia la derecha; con la demanda inelástica habrá una fuerte baja en los precios y lo mismo ocurrirá con los beneficios de los restantes productores que aún no han adoptado la nueva tecnología, forzándolos en última instancia a su adopción para bajar sus costos y mantener su posición de ingreso; la renta de los primeros adoptadores desaparece y se ven, entonces, inducidos a buscar otras oportunidades tecnológicas. En esta búsqueda presionarán a las firmas privadas y a las estaciones experimentales por innovaciones adicionales. En este modelo, una minoría de productores en búsqueda de mayores ganancias puede

lanzar a la totalidad del sector en un curso permanente de desequilibrio con cambio tecnológico constantemente acreciendo al mismo.

Para Argentina, un país esencialmente abierto al mercado internacional, enfrentando una demanda altamente elástica al menos para algunos de sus productos, el mecanismo de "treadmill" tecnológico no tendría sentido, al menos en la versión descrita por Cochrane.

La similitud que mencionamos entre el modelo de Cochrane y el propuesto en el presente trabajo se limita al hecho de que ambos presentan en un juego dinámico elementos coercitivos en interacción con maximización de beneficios. El "treadmill" tecnológico existirá en nuestro modelo vía el mercado de tierras, aunque con propiedades muy distintas al descripto por Cochrane.

Supongamos que nuevas técnicas reductoras de costos medios son adoptadas por cierto número de productores. Como resultado de ello, se elevará para estos últimos la tasa de retorno de los recursos invertidos en la explotación. Si el mercado de capitales estaba previamente en equilibrio, este incremento en la tasa de retorno deberá ser capitalizado en el valor de la tierra para que el mercado de capitales vuelva a una situación de equilibrio. Los adoptadores presionarán sobre el mercado de tierras elevando el precio de las mismas hasta que las tasas de retorno estén nuevamente a la par con costos de oportunidad. A medida que los valores del factor tierra se incrementan, el costo de oportunidad de la tenencia de tierra aumenta, y lo mismo ocurre con el flujo de ganancias de capital. El efecto sobre los beneficios dependerá de la magnitud de la tasa de incremento del valor de la tierra ( $\Delta$ ) relativa al costo de oportunidad del capital ( $r$ ). Si  $r > \Delta$  (tal como es usualmente) disminuirán los beneficios de los productores propietarios y arrendatarios que no modifiquen su asignación de recursos. Esto puede ser ilustrado de la siguiente forma: si el precio de la tierra aumenta a una tasa constante  $e$  igual a  $\Delta$ , los beneficios en el primer período serán,

$$\pi_1 = PY - (r + \delta) P_K K - (r - \Delta) P_t T$$

donde:

$P$ ,  $P_K$ ,  $P_t$  denotan precio del aumento final, capital y tierra respectivamente y  $\delta$  nos da la tasa de depreciación del capital.

por su parte, los beneficios en el segundo período serán

$$\pi_2 = PY - (r + \delta) P_K K - (r - \Delta) (1 + \Delta) P_t T$$

En consecuencia  $\pi_2 - \pi_1 = -\Delta (r - \Delta) P_t T$  es negativo si  $r > \Delta$ . El costo de uso y valor de renta de la tierra se ha incrementado de  $(r - \Delta) P_t T$  a  $(r - \Delta) (1 + \Delta) P_t T$ .

En consecuencia, la adopción de nuevas tecnologías por algunos productores incrementa el valor de la tierra y deteriora la posición de ingreso de los no adoptadores. La diferencia básica entre el "treadmill" tecnológico de Cochrane materializado vía el mercado de productos finales, y el presente modelo en que el "treadmill" tecnológico opera vía el mercado de tie-

rras, es que, mientras en el primero se afecta la posición de ingreso líquido de los no adoptadores, en el segundo se afecta la posición de ingreso no líquido de los productores propietarios de tierras. Cambios en el costo de la tierra representan cambios en los costos de oportunidad y no en los costos monetarios (salvo que se trate de productores que deban comprar la tierra, ya sea porque se están expandiendo o porque recién ingresan al sector; o de productores arrendatarios que deban renovar sus contratos).

La percepción de un deterioro en el ingreso no líquido va a ser sin lugar a dudas más lenta que la percepción del cambio en el ingreso líquido. No obstante hay categorías de productores en los cuales el impacto va a ser inmediato: una está dada por aquellos productores que ingresan al sector y tienen que comprar la tierra a precios mayores, y otra por los arrendatarios que tienen que renovar sus contratos a un costo de uso superior. Aunque en menor grado, esto va a ser verdad para los productores que expanden sus actividades comprando nuevas tierras. Como resultado de ello, el grado de heterogeneidad tecnológica generado por el "treadmill" vía mercado de tierras será sin lugar a dudas mayor que en el modelo de Cochrane.

En resumen, puede existir un "treadmill" tecnológico, aún cuando la demanda de productos finales sea elástica; este "treadmill" ocurrirá a través del mercado de tierras en lugar de actuar vía el mercado de productos finales (provisto que la oferta de tierra es absolutamente inelástica); y su impacto es de más largo plazo en la tasa de adopción. No obstante, el mismo puede ser acelerado por un impuesto a la tierra que puede utilizarse como sustituto de otras formas de imposición en el sector agropecuario.

Cualquiera que sea la forma del "treadmill" tecnológico, las fuerzas de mercado imponen en el modelo un mecanismo coercitivo de cambio sobre el sector agropecuario. En consecuencia, la tecnología aparece como un agente poderoso de cambios estructurales y de comportamiento. En el contexto argentino, la generación de paquetes tecnológicos de alto retorno económico puede generar diseconomías de escala y forzar una mayor dedicación a la explotación, actuando en la dirección de un proceso de reforma agraria que puede ser acelerado por un sistema impositivo que introduzca un impuesto a la tierra, sustituyendo con el mismo todos los otros impuestos que gravan al sector.

#### V. *Algunas evidencias empíricas del desfase entre demanda actual y latente*

Considerando específicamente el sector cercalero y el de cría, en un intento de interpretar su estancamiento relativo en términos de nuestro modelo de innovaciones inducidas, necesitamos mostrar con alguna evidencia empírica:

- i) que los precios relativos prevalcientes generan en dichos sectores una *demanda latente* por tecnologías ahorradoras de tierra e incrementadoras de rendimientos;

- ii) que la falta de adopción de estas tecnologías se debe a su inexistencia, es decir, a la *no disponibilidad real* de las mismas para su adopción por los productores individuales por falta de investigación agronómica y económica e información en esta dirección;
- iii) que las nuevas técnicas ahorradoras de capital son *incongruentes* con las proporciones de factores prevaletentes en las explotaciones representativas de los intereses agropecuarios predominantes. Consecuentemente, como no hay presión económica, no tenemos una demanda actual por estas tecnologías, dirigida hacia el sistema público de investigación agropecuaria. Y, en consecuencia, tendremos una orientación de la investigación alejada de innovaciones ahorradoras de tierra.

Los trabajos de de Janvry [24] y de este último y Obstchakto [25] presentan evidencias en este sentido referidas en el primer caso a la tecnología de fertilizantes en maíz y trigo y en el segundo trabajo a un conjunto de técnicas modernas en la cría de ganado.

Sabemos que el uso de fertilizantes es prácticamente nulo en el sector de cereales. Para estimar el potencial presente de esta tecnología, de Janvry ajustó funciones de producción a datos experimentales de respuesta a fertilizante en maíz y trigo, permitiendo interacción entre fertilizante y fertilidad natural del suelo, ya que deberá esperarse una respuesta menor cuando la fertilidad natural del suelo es mayor. Se estimó entonces la función de producción

$$Y = f(N, F, M, L, X)$$

donde  $Y$  indica rendimiento,  $N$  nitrógeno,  $F$  fósforo,  $M$  fertilidad natural de la tierra,  $L$  un índice estocástico compuesto de variables climáticas y  $X$  otras variables, tales como prácticas culturales, condiciones del suelo, etc. Para el tratamiento del riesgo que los agricultores asumen cuando invierten en fertilizantes, se utilizó una función objetivo léxicográfica en la que el objetivo prioritario era lograr una alta probabilidad ( $= \alpha$ ) de que por lo menos se cubran los costos. La maximización de las ganancias esperadas está dada por

$$\text{máx. } E(\pi_o) = g \left[ \frac{P_N}{P}, \frac{P_F}{P}, M, X/P_r \mid (\pi \geq o) = \alpha \right]$$

donde

$P_N$  es el precio del nitrógeno.

$P_F$  es el precio del fósforo.

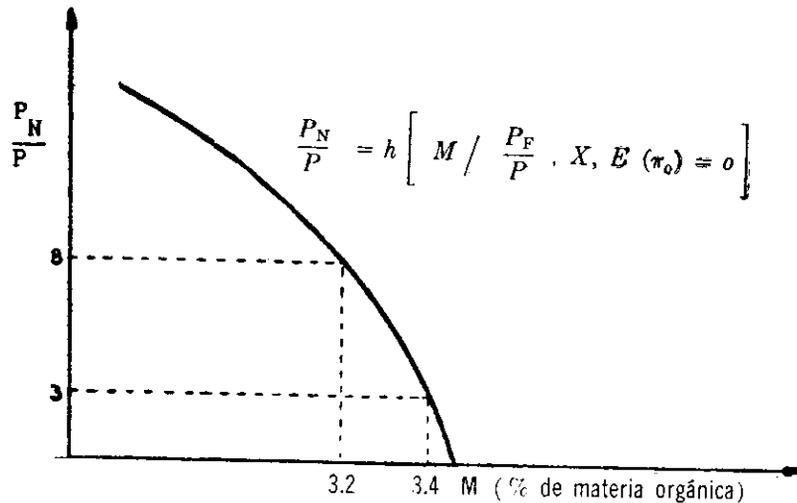
$P$  el precio del cereal considerado.

Se define luego la llamada "frontera de posibilidades de fertilización" como el conjunto de puntos

$$\frac{P_N}{P} = h \left[ M / \frac{P_F}{P}, X, E(\pi_o) = o \right]$$

relación ésta que se ilustra en el gráfico siguiente.

Los beneficios serán positivos dentro de la "frontera" (a la izquierda de la misma) y negativos fuera de ella (a la derecha). El cociente  $P_N/P$  es en la actualidad aproximadamente igual a 8 en Argentina y sería igual a 3 si el precio del nitrógeno fuera el mismo que en Estados Unidos. La curva se desplazará a la derecha con el uso de variedades de semilla mejor adaptadas para su uso con fertilizantes y en general con todas las prácticas culturales  $X$  positivamente asociadas con  $Y$  en la función de producción.



Para inferir algo acerca de la demanda latente de fertilizante en este contexto necesitamos saber cual es la fertilidad natural (se usó porcentaje de contenido de materia orgánica como indicador de la misma) de las tierras en la zona cerealera tradicional. En general, en las explotaciones medianas y pequeñas, tenemos un uso intensivo de la tierra, lo que implica un nivel menor de fertilidad medida por el contenido actual de materia orgánica.

Dichas explotaciones estarían, en consecuencia, ubicadas dentro de la frontera de fertilización, lo que nos indica que aproximadamente la mitad del área sembrada con maíz y trigo se ubica dentro de la frontera de fertilización a los precios relativos corrientes y, por supuesto, mayor sería este porcentaje si consideramos los precios internacionales de fertilizantes. Existe, entonces, una demanda latente para fertilizante a los precios relativos actuales.

Por su parte las explotaciones grandes, típicamente extensivas y con mayores posibilidades de instrumentar patrones de rotación como método "natural" de conservación de la fertilidad del suelo, se ubican en general fuera de esta frontera, no existiendo en este caso un potencial actual para el uso de fertilizantes. No obstante, cabría considerar el hecho de que el patrón de rotación tiene un costo dado por la producción que no se ha logrado por instrumentar el sistema de rotación, este costo del método "na-

tural" de conservación de la fertilidad del suelo podría compararse con el costo de substituir dicho método con la aplicación de fertilizantes químicos.

Sin presión económica y teniendo, entonces, como objetivo dominante la congruencia con la proporción de factores prevaleciente no existe demanda actual por la tecnología del fertilizante derivada de los intereses agropecuarios predominantes. Es así como la investigación en fertilizantes recién comienza en INTA en 1962 sin dársele la prioridad que hubiera merecido. Aún después de la iniciación del programa cooperativo INTA-CIMMYT una inspección ex-post de la locación de los experimentos con fertilizantes nos indica que del total de experimentos en los cuales se controló la fertilidad del suelo (y esto no fue hecho hasta 1966), alrededor del 75 % estaban ubicados fuera de la frontera de fertilización, principalmente porque es más probable que los técnicos trabajen con grandes productores, típicamente educados, en contacto con la estación experimental y dispuestos a ceder la tierra necesaria para el experimento.

Dado que en el análisis de los datos de los experimentos no se tuvo en cuenta la fertilidad del suelo la conclusión inevitable a que se llegaba era que el fertilizante no era una tecnología factible en Argentina, y eventualmente resultaba un "insulto a la tierra".

En consecuencia, la falta de adopción de fertilizantes se debe a la no disponibilidad de la tecnología para su adopción por el productor, debido a su vez a la falta de información e investigación agronómica y económica en esta dirección.

En resumen, existe una demanda latente por fertilizantes; su falta de adopción se debe a la no disponibilidad de la técnica para su adopción por el productor individual y la demanda actual para investigación en fertilizantes es poca o prácticamente inexistente.

Esto contrasta con la situación de otras tecnologías en el mismo sector cerealero, tales como mejoras genéticas incorporadas en nuevas variedades de semillas híbridas y mecanización. De acuerdo con la clasificación que presentamos en la sección III, ambas tienen en común la característica de que los beneficios generados en la investigación son apropiables, siendo por otra parte congruentes con la proporción de factores, intensidad de manejo, y escala prevalecientes en las explotaciones que hemos identificado como representando los intereses agropecuarios predominantes.

Una vez disponibles, la alta tasa de retorno de estas tecnologías, acrecentada en el caso de mecanización por desgravaciones impositivas determinó una rápida adopción de las mismas. En el caso de mecanización, se incrementó la contribución de mano de obra del sector agrícola al resto de la economía, transformando a la agricultura argentina vía cambio tecnológico en una economía de trabajo excedente, sin tener efectos manifiestos en los niveles agregados de producción. En el caso de las semillas híbridas, su difusión ha sido casi total en la zona central maicera (Martínez [9]).

Conclusiones similares a las obtenidas para fertilizantes resultan del análisis del proceso de tecnificación en el área tradicional de cría, donde predominan grandes productores en muchos casos ausentistas. La producción

por hectárea se ha mantenido constante desde 1935 y el uso de técnicas de manejo intensivo, incrementadoras de rendimiento tales como pasturas permanentes, reserva de forraje, pruebas de preñez, destete temprano y vacunación contra la brucelosis, se ha mantenido muy bajo (Obstchatko [29]).

En contraste con esta situación, y tal como ocurrió con el caso de cereales, la región es tecnológicamente avanzada en el uso de mejoras genéticas incorporadas en las razas utilizadas. Tal como en el caso de maíz y trigo las mejoras genéticas han sido rápidamente adoptadas una vez disponibles, habiendo sido generadas por instituciones públicas y privadas. Con referencia a las técnicas de manejo intensivo, el análisis económico de los pocos experimentos que existen (ver Giménez Dixon [30]) y la revisión de la literatura en Obstchatko [29] consistentemente muestran altas tasas de retorno para dichas técnicas, especialmente cuando son combinadas apropiadamente en un paquete integrado. En consecuencia, al igual que en el caso de fertilizantes, existe una demanda latente por estas tecnologías de manejo intensivo.

No obstante, el estudio de Obstchatko [29], muestra que mientras dedicación y tecnificación en manejo intensivo son altamente beneficiosas para los pequeños y medianos productores, no ocurre lo mismo para los grandes productores, típicamente ausentistas.

Como resultado no existe una fuerte demanda actual por investigación en este tipo de innovaciones. En consecuencia, la falta de adopción de estas técnicas proviene de su no disponibilidad en términos de una completa información sobre las mismas, en particular falta de información referente a paquetes integrados de nuevas técnicas, y del sesgo del medio ambiente en el caso del pequeño y mediano productor (acceso a crédito e información, educación). En resumen, la falta de adopción proviene de la falta de *disponibilidad real* de la tecnología tal como en el caso del fertilizante.

## VI. Comentarios Finales

Los modelos de crecimiento que consideran el papel del sector agrícola en el desarrollo económico enfatizan básicamente tres aspectos o etapas de este proceso:

- i) la generación de nuevas tecnologías a través de la inducción de innovaciones, su adopción y el consecuente desarrollo de un excedente económico;
- ii) la transferencia de este excedente entre los sectores de la economía con las implicaciones consecuentes en términos de la distribución del incremento de bienestar;
- iii) la contribución de este excedente al crecimiento económico.

Los modelos de economías duales tales como el de Lewis [34], Ranis y Fei [35] y Jorgeson [36] enfatizan el último de estos aspectos. Owen [38] y Tang [37] tienden a concentrarse en los mecanismos de transferencia y por último, Schultz [22] y Hayami y Ruttan [4] se han concentrado fundamen-

talmente en la generación del excedente dentro de un modelo de desarrollo agropecuario.

Nosotros seguimos a Hayami y Ruttan al enfatizar el proceso de generación de nuevas tecnologías y hemos distinguido entre los mecanismos de decisión referentes al proceso de generación por un lado, y al de adopción por el otro. Es así que mientras la generación de innovaciones no apropiables es resultado de un proceso socioeconómico de asignación de recursos a investigación; la adopción es *fundamentalmente* resultado del comportamiento empresarial de las unidades productoras. En ambos casos, hemos tratado de explicitar el papel de incentivos económicos y presión económica tanto en la generación como en la adopción de nuevas tecnologías.

En nuestro intento de encontrar los determinantes del estancamiento tecnológico del sector agropecuario hemos conceptualizado y comparado lo que hemos dado en llamar demanda latente y actual por innovaciones, explicitando los factores que influirán en los desplazamientos de cada una de ellas. Mostramos de esta forma la tendencia a la existencia de un desfase entre ambas, convergiendo la demanda actual hacia la demanda latente en un proceso de interacción generación-difusión de nuevas tecnologías.

Especificamos que la demanda latente corresponde a una generación óptima de tecnologías dentro de las alternativas planteadas por la curva de posibilidades de innovación y *dados ciertos precios relativos*. Si bien en este trabajo hemos enfatizado el desfase entre esta demanda y la actual, no pretendemos ignorar la importancia de desplazamientos eventuales en la demanda latente, en particular si tenemos en cuenta que en el caso de Argentina los precios relativos de los insumos agropecuarios son en gran medida resultado de la política de sustitución de importaciones. Sin llegar a entrar a considerar costos y beneficios de esta política en términos de sus implicaciones globales, pensamos que, si se acepta a la tecnología como un agente poderoso de cambios estructurales en el sector agropecuario, sería de suma utilidad para la orientación de la política económica, evaluar el impacto de distintos niveles de protección para los insumos del sector que incorporen tecnologías ahorradoras de tierra (en particular para fertilizantes, herbicidas y pesticidas).

El desfase entre demanda actual y latente surge de la introducción de presión económica y congruencia en los mecanismos de decisión para la generación de innovaciones en los cuales juega un papel fundamental la maximización de la función utilidad de los intereses agropecuarios predominantes. No obstante, esta brecha tenderá a desaparecer en largo plazo, por la interacción del proceso de generación y el proceso de adopción vía un comportamiento empresarial en la adopción y los consecuentes ajustes provistos por el mecanismo de mercado.

Las evidencias empíricas que disponemos por ahora, referidas a la tecnología de fertilizante en el sector cerealero tradicional y al uso de técnicas de manejo intensivo en la zona de cría, nos indican la existencia de una demanda latente por las tecnologías que hemos clasificado en la sección III como químicas y agronómicas, es decir, innovaciones fundamentalmente

ahorradoras del factor tierra y definitivamente incrementadoras de rendimientos.

La falta de adopción de estas tecnologías se debe básicamente a la *no disponibilidad real* de las mismas para adopción por los productores individuales, por falta de investigación agronómica y económica en esta dirección.

Esta situación se debe en primer lugar, a la virtual inexistencia de una política tecnológica de largo plazo instrumentada en forma sistemática, o sea, no tenemos una demanda actual de tecnologías proveniente del sector público (supuestamente representativo del bienestar general), demanda ésta que sería derivada de metas sectoriales o globales.

Quedando entonces, con la demanda del sector agropecuario como el componente dominante de la demanda actual, la incongruencia de estas tecnologías con la proporción de factores, escala e intensidad de manejo, prevalecientes en las explotaciones representativas de los intereses agropecuarios predominantes, determinará, en ausencia de presión económica, una orientación de la investigación alejada de innovaciones químicas y agronómicas.

El ajuste dinámico que en el largo plazo tiende a eliminar la brecha entre demanda actual y latente, se dará por un "treadmill" tecnológico vía el mercado de tierras en un juego dinámico de elementos coercitivos en interacción con maximización de beneficios.

La acción de este "treadmill" cuyo impacto es, como dijimos, de largo plazo puede ser acelerado por medidas de política económica tales como un impuesto a la tierra que puede utilizarse como sustituto de otras formas de imposición en el sector; una política tecnológica instrumentada sistemáticamente, que concentre los esfuerzos de la investigación en la generación de tecnologías ahorradoras del factor tierra y una revisión de la política proteccionistas en el sector externo en la medida que la misma afecte el costo de los insumos en los cuales estas tecnologías se hallan incorporadas.

## REFERENCIAS

- [1] BROWN, M., *On the Theory and Measurement of Technological Change*, Cambridge University Press, 1966.
- [2] KENNEDY, CHARLES, "Induced Bias in Innovation and the Theory of Distribution", *Economic Journal* 74, Septiembre 1964, pp. 541-47.
- [3] AHMAD, S., "On the Theory of Induced Invention", *Economic Journal* 76, Junio 1966, pp. 344-357.
- [4] HAYAMI, Y. y RUTTAN, V., "Resources, Technology and Agricultural Development - An International Perspective", mimeo, Department of Agricultural Economics, University of Minnesota, St. Paul, 1970.
- [5] ARROW, K., "The Economic Implications of Learning by Doing", *Review of Economic Studies*, 29, Junio 1962, pp. 155-173.
- [6] GRILICHES, Z., "Research Expenditures, Education and the Aggregate Agricultural Production Function," *American Economic Review* 54, Diciembre 1964, pp. 961-974.
- [7] MINESIAN, J., "Research and Development, Production Functions and Rates of Return", *American Economic Review* 59, Mayo 1969, pp. 80-85.
- [8] MANSFIELD, E., "Industrial Research and Development: Characteristics, Costs and Diffusion of Results", *American Economic Review* 59, Mayo 1969, pp. 65-71.
- [9] MARTÍNEZ, JUAN CARLOS, "On the Economics of Technological Change: The case of the Argentine Agricultural Sector. Tesis Doctoral. Iowa State University, Ames, Iowa, 1972.
- [10] GRILICHES, Z., "Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change", *Econometrica* 25, 1957, pp. 501-522.
- [11] NORDHAUS, W., "Invention, Growth and Welfare: A Theoretical Treatment of Technological Change", Cambridge, MIT Press, 1969.
- [12] HICKS, J. R., *The Theory of Wages*, London, Mc Millan, 1964.
- [13] SALTER, W., *Productivity and Technical Change*, New York, Cambridge University Press, 1960.
- [14] FELLNER, W., "Two Propositions on the Theory of Induced Innovation", *Economic Journal* 71, Junio 1961, pp. 305-8.
- [15] GRILICHES, Z., "The Demand for a Durable Import: Farm Tractors in the United States, 1921-57", in *The Demand for Durable Goods*, A. Harberger ed., University of Chicago Press, 1960, pp. 181-207.
- [16] SEN, A. K., *Choice of Techniques*, Oxford, 1968.
- [17] DÍAZ ALEJANDRO, CARLOS F., "The Rural Sector in the Argentine Growth", Instituto Torcuato Di Tella, Centro de Investigaciones Económicas, Buenos Aires, Noviembre 1967.
- [18] BRANDEN, L. y STRAUSS, M., "Congruence versus Profitability in the Adoption of Hybrid Sorghum", *Rural Sociology* 24, 1959, pp. 381-383.
- [19] HAVENS, A. y ROGERS, E., "Adoption of Hybrid Corn: Profitability and Interaction Effects", *Rural Sociology* 26, 1961, pp. 409-414.
- [20] ROSEMBERG, N., "The Direction of Technological Change: Inducement Mechanisms and Focusing Devices", *Economic Development and Cultural Change*, Octubre 1969.
- [21] NELSON, R., "The Simple Economics of Basic Scientific Research", *Journal of Political Economy* 67, Junio 1959, pp. 297-306.

- [22] SCHULTZ, T. W., *Transforming Traditional Agriculture*, New Haven and London, Yale University Press, 1964.
- [23] ECKAUS, R., "Notes on Invention and Innovation in Less Developed Countries", *American Economic Review* 56, Mayo 1966, pp. 98-109.
- [24] DE JANVRY, A., "A Model Case of Economic Stagnation: The Role of Agriculture in Argentine Economic Development", Trabajo presentado en la Ford Foundation Research Workshop on Problems of Agricultural Development in Latin America, Caracas, Mayo 1971.
- [25] OBSTCHATKO, E. y DE JANVRY, A., "Factores Limitantes del Cambio Tecnológico en el Sector Agropecuario Argentino", *Desarrollo Económico*. Vol. 11, Julio 1971. Marzo 1972.
- [26] DARLYMPLE, D., "Technological Change in Agriculture. Effects and Implication for the Developing Nations", USDA Foreign Agriculture Service, Washington, D.C., April 1969.
- [27] COCHRANE, W., *Farm Prices: Myth and Reality*, University of Minnesota Press, 1958.
- [28] LUCAS, R., "Test of a Capital-Theoretic Model of Technological Change", *Review of Economic Studies*, April 1967.
- [29] OBSCHATKO, EDITH, "Factores Limitantes a la Introducción de Cambio Tecnológico en el Sector Agropecuario", Tesis de Magister, escuela para graduados en Ciencias Agropecuarias, Castelar, 1971.
- [30] GIMÉNEZ DIXON, JORGE, "An Economic Analysis of Range Improvement in the Cattle Breeding Area of Buenos Aires Province", Ph. D. Thesis, Michigan State University, 1969.
- [31] KATZ, JORGE, "Transferencia de Tecnología, Aprendizaje Local y Crecimiento económico (la experiencia industrial argentina en la década de los años 1960)", Instituto Torcuato Di Tella, Septiembre 1971.
- [33] NELSON, R., "The Economics of Invention: A Survey of the Literature". *The Journal of Business*, April 1959.
- [34] LEWIS, W., "Economic Development with Unlimited Supplies of Labor". Agarwala and Singh (eds.). *The Economics of Underdevelopment*. Oxford 1958.
- [35] RANIS, J. y FEI, G., "A Theory of Economic Development". *AER* 51: 1961.
- [36] JORGENSEN, D., "Surplus agricultural Labor and the Development of a Dual Economy". *Oxford Economic Papers*. Nov. 1967.
- [37] TANG, A., "Agriculture in the Industrialization of Communist China and the Soviet Union", *JFE*. Dec. 1967.
- [38] OWEN, W. F., "The Double Developmental Squeeze on Agriculture". *AER*, March 1966.
- [39] SECKLER, DAVID, "Reflexions on Managment, Scale, and Mechanization of Agriculture", Proceedings of the Western Agricultural Economics Association, Tucson, Arizona, July 1970.
- [40] OSLAK, OSCAR; SABATO, JORGE y ROULET, JORGE E., "Determinación de Objetivos y Asignación de Recursos en el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Un análisis crítico", Instituto Torcuato Di Tella, Buenos Aires, 1971.
- [41] TANDECIARZ, IGNACIO C., "Productive Efficiency: A Case Study in the Argentine Agricultural Sector", Tesis Doctoral, Universidad de California, Berkeley. 1971.

INDUCCION DE INNOVACIONES Y DESARROLLO  
AGROPECUARIO ARGENTINO

Resumen

Intentamos en este trabajo proveer elementos que contribuyan a la explicación del controvertido tema del estancamiento del Sector Agropecuario Argentino. Encaramos el problema en una nueva perspectiva, yendo "hacia atrás" en el proceso productivo e intentando identificar los factores que influyen la demanda y oferta de innovaciones agropecuarias por parte de instituciones públicas y privadas, y la adopción de la nueva tecnología por el productor rural.

La prevalencia de una situación de estancamiento tecnológico relativo en el sector es conceptualizada a través de un desfase entre lo que hemos dado en llamar demanda latente y demanda actual de innovaciones. Este desfase tenderá a desaparecer mediante un mecanismo de interacción generación-adopción de tecnologías, en un "treadmill" tecnológico que actúa vía el mercado de tierras, imponiendo un elemento coercitivo de cambio en el sector agropecuario a través de un comportamiento empresarial en la adopción de las tecnologías disponibles y los consecuentes ajustes provistos por el mecanismo de mercado. La acción de este "treadmill" tecnológico, cuyo impacto es de largo plazo, puede ser acelerado por medidas de política económica, tales como un impuesto a la tierra, junto con una política tecnológica que concentre los esfuerzos de investigación en innovaciones ahorradoras de tierra como así también una política de precios consistente para los insumos que incorporen dichas tecnologías.

INDUCED INNOVATION AND THE DEVELOPMENT OF  
THE ARGENTINE AGRICULTURE

Summary

We attempt in this paper to provide some alternative explanation of the controversial issue of the stagnation in the Argentine Agricultural Sector. We approach the problem in a new perspective "going back" in the production process and trying to identify the factors underlying the demand and supply of agricultural innovations by public and private institutions, and the adoption of the new technology by the farmer.

The prevalence of a situation of technological stagnation is conceptualized through the existence of a gap between latent and actual demand for innovations. A dynamic mechanism of generation-adoption of technologies will eventually bridge the gap between latent and actual demand, in a land induced technological "treadmill", which will impose a coercitive element of change in interaction with the market mechanism and the behavior of profit seekers farmers. The action of this technological "treadmill", especially of a long run nature, could be accelerated by some measures of economic policy, such as a land tax scheme, an orientation of the research towards land saving technologies, and a consistent price policy directed towards the inputs embodying these innovations.