

Naciones Unidas
Comisión Económica
para América Latina

Banco Interamericano
de Desarrollo

Programa BID/CEPAL
sobre Investigación en
Temas de Ciencia y Tecnología
Monografía de Trabajo N° 12

UN ESQUEMA PARA EVALUAR LA SIGNIFICACION DE
LAS VARIABLES MACROECONOMICAS EN EL ANALISIS DE
DECISION DE INCORPORACION DE TECNOLOGIAS

Adolfo Canitrot

770901

Distr.
RESTRINGIDA
BID/CEPAL/BA/22
setiembre de 1977
ORIGINAL: ESPAÑOL

I. INTRODUCCION

El trabajo que se presenta propone un método para el análisis de las decisiones empresarias con respecto a la tecnología a utilizar. Parte del supuesto de que las empresas se comportan racionalmente con el objeto de hacer máximos sus beneficios a lo largo del tiempo. Dicho comportamiento racional obedece a las restricciones impuestas por las características físicas y técnicas de la producción y por las condiciones económicas -propias y del conjunto- que las empresas enfrentan; esto es, por razones de ingeniería, por razones micro-económicas y por razones macroeconómicas.

La pretensión del trabajo es lograr un esquema unificado donde la operación de los tres tipos de variables: ingenieriles, micro y macroeconómicas pueda captarse simultáneamente. Este esquema, en consecuencia, provee una base analítica para satisfacer el objetivo del trabajo, es decir la integración de las variables macroeconómicas en el análisis de la decisión tecnológica de las empresas.

La tradición desarrollada en el estudio del comportamiento tecnológico de las empresas proviene de la teoría habitual de la firma: el análisis es de naturaleza microeconómica. Este tipo de análisis contiene un supuesto implícito: el de la relativa constancia de las condiciones macroeconómicas en que se desenvuelve la firma. Este supuesto es metodológicamente válido y conceptualmente aceptable en tanto dicha constancia se verifique. En economías estables es probablemente escaso el conocimiento o el valor explicativo adicional que se obtenga por incorporar al estudio de la firma, el estudio de los efectos derivados del juego de las variables macroeconómicas. Pero esta afirmación no se sustenta para el caso de economías como las latinoamericanas, con grados diferentes pero de todos modos, apreciables, de inestabilidad. El trabajo se propone, pues, un esquema descriptivo de las formas en que la operación de las variables macro-

económicas se incorporana las decisiones microeconómicas de las firmas en relación con la elección de tecnología.

El esquema presentado se refiere a la elección en el tiempo entre tecnologías. Puede ayudar a explicar la razón de los ritmos de difusión de tecnologías nuevas, la convivencia entre tecnologías de diferente data, los desfases tecnológicos, la diferencia de estrategias tecnológicas entre firmas, ramas de una industria, o aun entre países. Pero su alcance es limitado. Los costos y beneficios que se evalúan en relación a cada decisión alternativa son descompuestos y juzgados en sus partes, pero son adoptados como tales, como resultantes de disponibilidades de recursos cuya formación no se discute. Así queda fuera del análisis todo el capítulo importante de acumulación de conocimientos y habilidades que tan central es al hecho tecnológico. Fuera también quedan las elecciones tecnológicas que no implican tiempo: ¿hacerlo o mandarlo a hacer?; ¿contratar llave en mano o sólo parte?, etc. Obviamente las condiciones macroeconómicas tienen influencia sobre este tipo de cuestiones no analizadas. El esquema, sin embargo, no las contempla.

El trabajo no pretende originalidad teórica. Los temas han sido largamente analizados en la literatura. Pero el modo de enfocar el problema del cambio tecnológico que propone no se encuentra en la literatura habitual sobre la cuestión. Su mérito relevante pretende ser el de incorporar al análisis del fenómeno tecnológico todo el conjunto de consideraciones de orden macroeconómico que condicionan significativamente el comportamiento de las empresas.

II. RENOVACION VS. MODERNIZACION DEL EQUIPO

En su forma mas general el planteo se refiere a la elección entre estrategias alternativas en el tiempo para alcanzar un determinado objetivo. Una serie de problemas vinculados con el cambio tecnológico pueden ser analizados bajo este enfoque; por ejemplo: la decisión entre estrategias alternativas de mantenimiento, financiamiento de programas de investigación y desarrollo; elección entre el desarrollo de tecnologías propias o adquisición de ajenas; programas de sustitución de asesoramiento externo; determinación de la vida útil de una

línea de producción, etc.

A lo largo del análisis se sigue, sin embargo, la convención de considerar el problema como uno de decidir entre la modernización y la renovación del equipo existente. Esta convención no es arbitraria. Hay dos razones para adoptar este tipo de elección como relevante: en primer lugar porque una parte considerable del proceso de cambio tecnológico acontece por la vía del cambio de equipo; en segundo lugar porque las decisiones de inversión involucradas son, por su magnitud y naturaleza, las más proclives a reflejar los efectos derivados de las variaciones en las condiciones macroeconómicas.

La elección entre alternativas de modernizar o renovar el equipo se supone planteada para un establecimiento en marcha. Esto supone que la empresa elige a partir de una situación en que posee un equipo y su correspondiente tecnología en uso, y evalúa la posibilidad de adoptar otro equipo y eventualmente otra tecnología, decisión que impone ciertos costos, uno de los cuales es el resultante de prescindir de los beneficios que emergerían si continuara el equipo actual en uso. Este es un caso diferente del que se presenta cuando la elección se efectúa entre dos alternativas tecnológicas, previa a la adquisición de los equipos correspondientes a cada una de ellas. Al enfocar el problema de la primera manera se deja aparentemente de lado el análisis de la generación de cambio tecnológico vía nuevas plantas de producción la cual es una fuente importante del mismo, en particular en las industrias de proceso, y se apunta hacia las empresas y plantas en marcha. Alguna evidencia parcial muestra que esta segunda fuente de generación de innovaciones es tanto o más importante que la primera, para el agregado y para casi todas las ramas industriales, al menos si se usa como indicador de progreso el avance en la productividad de la mano de obra. Sin embargo, el análisis que se efectúa es aplicable, con modificaciones menores, al caso de elecciones tecnológicas desde cero.

Como consideración adicional para justificar la relevancia de la elección entre renovación y modernización del equipo, debe tenerse en cuenta que en los países de latinoamérica, es excepcional el caso de

empresas que se hallan en condiciones de crear tecnología de frontera en el ámbito internacional. Lo corriente es que las empresas compren y adapten tecnologías existentes. Puede visualizárselas como enfrentadas a un catálogo de alternativas tecnológicas ante el cual deben tomar su decisión pero, con la particularidad de que actualmente poseen en uso una de ellas.

III. 1. LA FORMULA DE DESCUENTO

Siendo la elección entre renovar o modernizar el equipo un problema que requiere comparar los gastos originales de inversión y los ingresos y costos esperados en el futuro, el instrumento analítico a utilizar es la fórmula de descuento:

$$\sum_{j=1}^n \frac{Y_j - C_j}{1 + r)^j} = 0 \quad (1)$$

o, alternativamente

$$VP = \sum_{j=1}^n \frac{Y_j - C_j}{1 + i)^j} \quad (2)$$

donde:

Y_j ingresos en el período j ($j=1\dots n$)

C_j costos en el período j

r tasa de retorno

i tasa de interés

VP valor presente de la corriente de ingresos y gastos.

La fórmula es de carácter general y se aplica tanto a la renovación como a la modernización del equipo. Puede incluir los costos de tramitación, adquisición del equipo, su transporte, montaje, prueba, beneficios emergentes del uso, costos de funcionamiento, mantenimiento y reparación, valor de reventa, etc.

Por ejemplo:

$$VP = - \sum_{j=1}^k \frac{I_j}{1 + i)^j} + \sum_{j=k+1}^n \frac{Y_j - C_j}{1 + i)^j} + \frac{R_n}{(1 + i)^n} \quad (3)$$

siendo $(1\dots k)$ el período de maduración de la inversión I_j ; $(k+1)$

el momento de puesta en marcha; n el horizonte de planeamiento;

R_n el valor de reventa en el momento n .

III. 2. EL MOMENTO DE RENOVAR EL EQUIPO

El problema de renovación o modernización del equipo puede ser planteado en términos de estrategias puras o estrategias mixtas. El segundo es el caso mas general. En el momento t_0 el empresario tiene delante de sí el período $(t_0 - t_n)$ y debe seleccionar la tecnología a aplicar durante ese intervalo. Una estrategia mixta es aquella en la cual se incluye un subperíodo de uso del equipo actual (modernizado o no) y un segundo subperíodo de uso del nuevo equipo. La elección se refiere a determinar cual es el momento: si $\ell = t_0$, la renovación del equipo se hace de inmediato; si $\ell = t_n$ no hay renovación, se utiliza el equipo usado durante todo el intervalo entre t_0 y t_n . Estos dos últimos casos corresponden a estrategias puras.

Consideremos la determinación del momento óptimo ℓ^* de renovación del equipo. La fórmula a aplicar es:

$$VP = -\sum_{j=1}^{k_1} \frac{I_j^M}{(1+i)^j} + \sum_{j=k_1+1}^{\ell} \frac{Y_j - C_j}{(1+i)^j} - \sum_{j=\ell-s}^{\ell+k_2} \frac{I_j^R}{(1+i)^j} + \sum_{j=\ell+k_2+1}^n \frac{Y_j - C_j}{(1+i)^j} \quad (4)$$

En esta fórmula distinguimos cuatro subperíodos:

- $(1 \dots k_1)$ período de maduración de la inversión I^M en modernización
- $(k_1+1 \dots \ell)$ período adicional de funcionamiento del equipo usado.
- $(\ell-s \dots \ell+k_2)$ período de maduración de la inversión I^R en renovación: (la inversión comienza $\ell - s$ períodos antes de que termine de operar el equipo antiguo).
- $(\ell+k_2+1 \dots n, m)$ período de funcionamiento del equipo nuevo hasta el horizonte de planeamiento n , con un período adicional $m-n$ de uso previsible del equipo nuevo hasta su agotamiento.

En suma, se parte de la idea de que primero se efectúa la modernización del equipo en uso para su utilización durante un cierto período al cabo del cual se renueva.

Para determinar el momento óptimo ℓ^* de renovación del equipo definamos un plan tecnológico en el intervalo $(t_0 - t_n)$ tal que el

equipo antiguo modernizado se utiliza en el subperíodo $(t_0 - \ell)$ y el equipo nuevo en el subintervalo $(\ell - t_n)$. Suponemos que $(t_0 - t_n)$ es el plazo adicional de duración física del equipo antiguo modernizado, de modo que la renovación del equipo se debe producir como máximo en el momento t_n . Reconocemos, además, que en la evaluación del equipo nuevo, se incluyen los ingresos y gastos resultantes de su operación, aun más allá de t_n , indicando con t_m un horizonte móvil que tiene en cuenta la duración física previsible de este equipo y el momento en que este inicia su funcionamiento.

En primer lugar es necesario verificar si $\ell^* \neq t_0$, o sea, si hay lugar para aplicar la modernización en una primera etapa o si, contrariamente, la renovación debe hacerse al principio. Para ello hay que comparar los valores presentes de ambos planes en el momento t_0 . El valor presente del plan de renovación V_0^R , cuando se aplica en el momento t_0 es

$$V_0^R = \sum_{j=1}^{m-n} \frac{(Y_j - C_j)^R}{(1+i)^j} \quad (5)$$

A medida que la iniciación de este plan se aleja del momento t_0 su valor se descuenta según el factor $\frac{1}{(1+i)}$ de modo que si se sitúa en ℓ se obtiene:

$$V_{\ell,0}^R = \beta^\ell V_0^R = \frac{1}{(1+i)^\ell} V_0^R \quad (6)$$

variando a medida que ℓ se traslada desde t_0 a t_n :

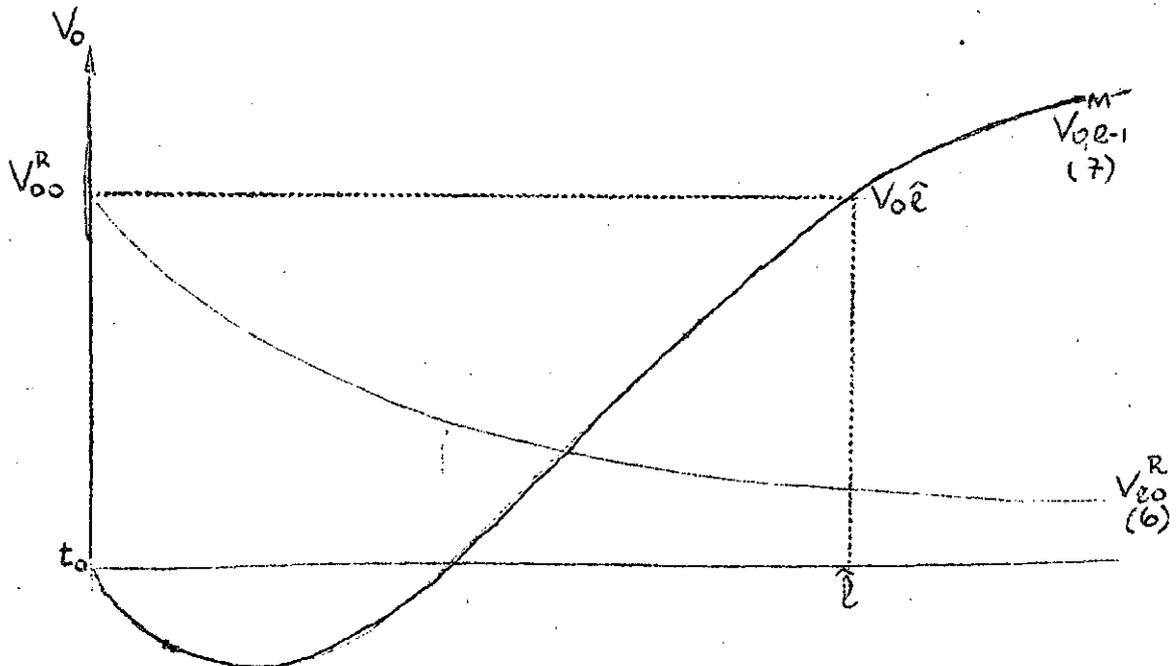
El valor presente del plan de modernización en el momento t_0 , V_0^M depende del número de períodos que dure dicho plan. No tiene un valor fijo, va cambiando a medida que se extiende su plazo de vigencia.

$$V_{0,\ell-1}^M = \sum_{j=1}^{\ell-1} \frac{(Y_j - C_j)^M}{(1+i)^j} \quad (7)$$

variando a medida que ℓ se traslada de t_0 a t_n .

Ambas expresiones (6) y (7) pueden graficarse:

Gráfico 1



Según se observa $V_{0, \hat{t}-1}^M$ tiene al principio valores negativos correspondientes a los primeros períodos donde se efectúan los gastos de modernización del equipo. Como el gráfico muestra, si el programa de utilización del equipo modernizado contempla un lapso menor a $\hat{t} - t_0$, el valor de $V_{0, \hat{t}-1}^M < V_{00}^R$, no vale la pena ponerlo en práctica. Para valores de $\hat{t} > \hat{t}$, en cambio, se debe iniciar el plan tecnológico con la modernización. En consecuencia la elección inicial depende del tiempo previsto de duración del equipo en uso modernizado.

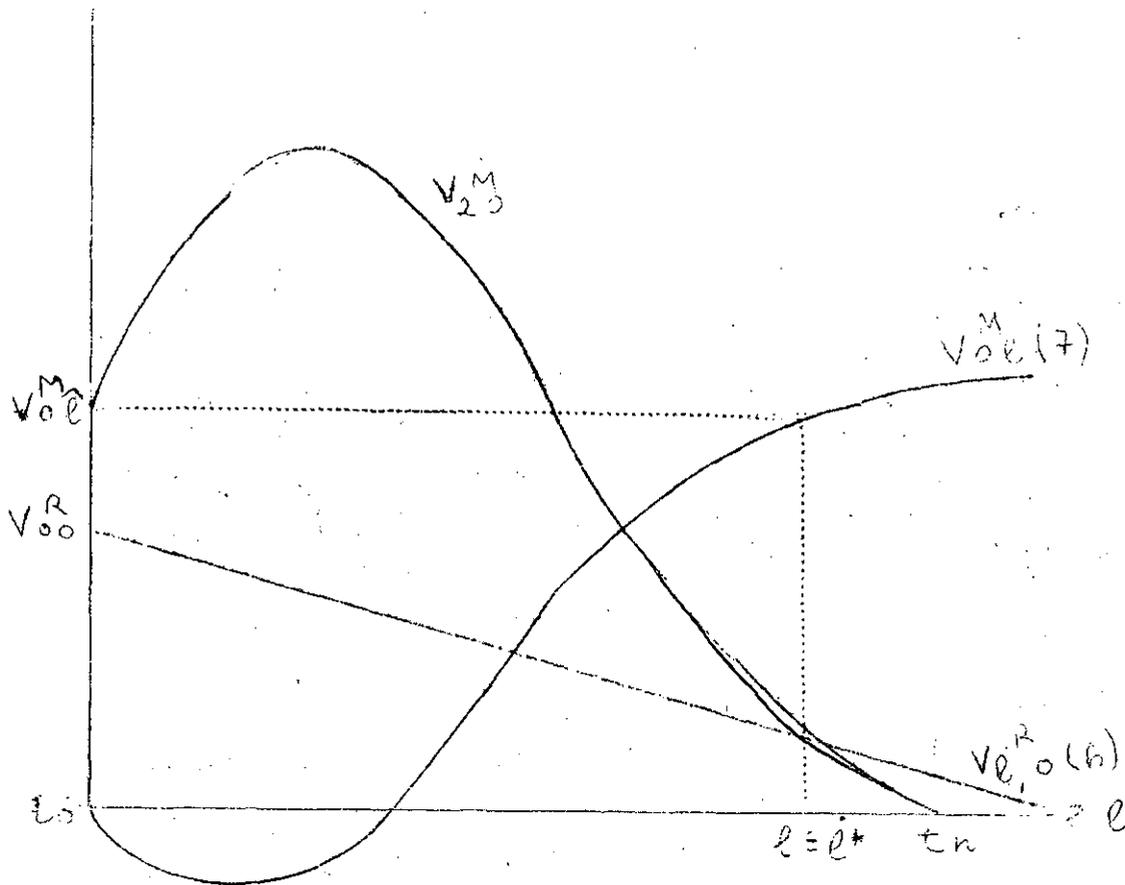
Corresponde, en consecuencia, determinar el valor \hat{t}^* , óptimo, en que se efectúa la renovación del equipo. Para ello es necesario comparar, en cada momento \hat{t} del intervalo $t_0 - t_n$, el valor presente de ambos planes considerando las corrientes de gastos e ingresos que corresponden a cada uno desde allí hasta el futuro. La renovación se produce en el momento en que el valor presente del plan de renovación supera al valor presente del equipo modernizado en uso. La fórmula (6) para $V_{\hat{t}}^R$, o proporciona el valor presente del plan de renovación en el momento \hat{t} cuando se la evalúa desde t_0 . El valor presente del equipo modernizado en uso, en el momento \hat{t} , cuando también se lo evalúa desde t_0 es:

$$V_{\ell,0}^M = \sum_{j=0}^n \frac{(\alpha_j - C_j)^M}{(1+i)^j} \quad (8)$$

La expresión (8) se representa gráficamente por una parábola con valores crecientes durante los primeros periodos en que sucesivas evaluaciones del valor presente van dejando atrás los gastos de modernización -estos quedan en el pasado y dejan de computarse- para caer luego a medida que ℓ se acerca a t_n .

La solución al problema de hallar el ℓ^* óptimo para la renovación del equipo se muestra en el gráfico 2.

Gráfico 2



En el gráfico se observa que el momento de renovación ℓ^* es aquel en que $V_{\ell,0}^R = V_{\ell,0}^M$, o sea el momento a partir del cual el valor presente del plan de renovación supera al de la continuación del uso del equipo antiguo modernizado. Obsérvese que $\ell^* = \hat{\ell}$ puesto que

$V_0^M \hat{\ell} > V_0^R$, o sea, que en el momento t_0 el valor del equipo en uso modernizado utilizándolo hasta $\hat{\ell}$ es mayor que el valor del equipo nuevo de implantárselo en dicho momento t_0 . Si, por el contrario, el valor $V_0^M \hat{\ell} < V_0^R$, convendría llevar a cabo la renovación del equipo en t_0 ($\ell^* = t_0$).

III. 3. LA INFLUENCIA DE LA TASA DE INTERES

La solución descrita en el gráfico 2 depende de los valores I_j, Y_j, C_j, i , de las fórmulas (6), (7) y (8). Las variables I_j, Y_j y C_j se refieren específicamente a las condiciones propias de los equipos y tipos de producción involucrados, aunque reflejan indirectamente la operación de variables macroeconómicas: los precios relativos y las expectativas con respecto al futuro. La tasa de interés i es directamente, una variable macroeconómica. Analicemos los efectos sobre la decisión tecnológica de un cambio en esta variable.

Cuando la tasa de interés desciende es de esperar un corrimiento del valor $\hat{\ell}$ hacia el origen. Ello se debe a que, en general, el corrimiento de la función $V_{\ell,0}^R$, o hacia arriba es mayor que el correspondiente a la función $V_{\ell,0}^M$. La causa es que el período promedio de duración de la función $V_{\ell,0}^R$, o -que es el de la duración completa del equipo nuevo- es mayor que el período remanente de duración del equipo en uso en el momento ℓ considerado. En consecuencia la elasticidad-interés de $V_{\ell,0}^R$ tiende a ser mayor que la de $V_{\ell,0}^M$.

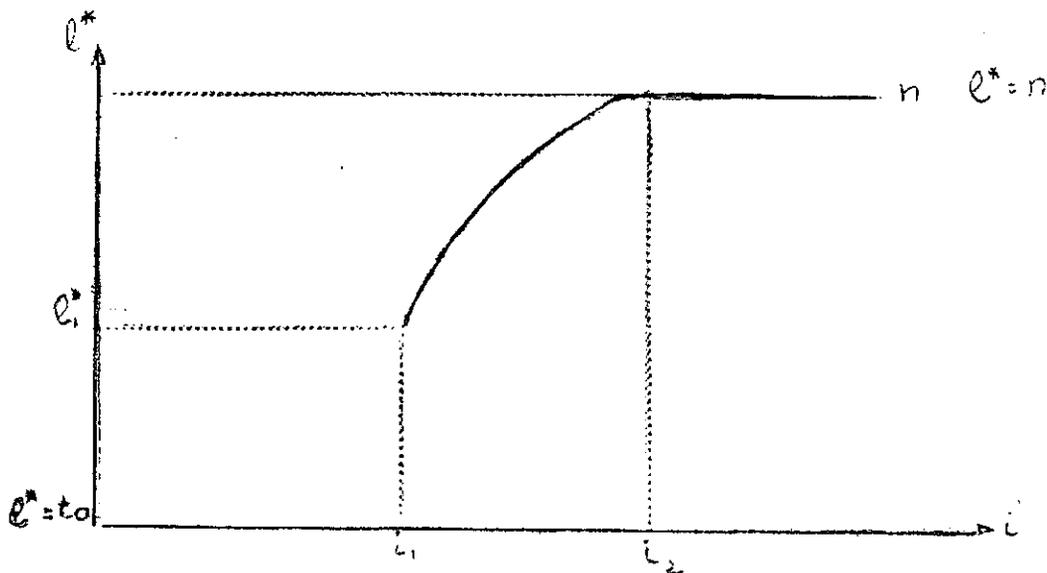
Es de esperar también, por la misma razón, que el efecto hacia arriba de una menor tasa de interés sea mayor para V_0^R que para $V_0^M \hat{\ell}$ de donde se favorecería la posibilidad de una adopción de la decisión de renovar desde el principio. Esta es una consecuencia segura, sin embargo, si se adoptan dos supuestos:

1) $I^R > I^M$ y 2) $(Y_j - C_j)^R > (Y_j - C_j)^M$; o sea, que la alternativa de renovación es más intensiva en el uso de capital que la alternativa de modernización. Esto significa que la función $V_{\ell,0}^R$ es más elástica a los cambios en la tasa de interés que la función $V_0^M \hat{\ell}$.

Por lo tanto se puede plantear una función $\ell^*(i)$ que es creciente: a mayor i , mayor es el tiempo ℓ^* que debe transcurrir

para que sea óptimo el momento de renovar el equipo. La función, sin embargo, es discontinua: mientras i descende $\hat{e} = e^*$ se traslada hacia el origen pero en un cierto momento $V_0^R > V_0^M$ de modo que e^* salta al valor t_0 ($e^* = t_0$) aun cuando $\hat{e} > t_0$. La racionalidad de este salto obedece al hecho de que el programa de modernización del equipo usado debe tener un número mínimo de períodos de ingresos netos positivos que justifiquen los ingresos negativos de los primeros períodos donde los gastos de inversión son dominantes. Esto se traduce en los valores negativos de la función V_0^M en los primeros períodos. La forma de la función $e^*(i)$ es la indicada en el diagrama.

Gráfico 3



para $0 < i \leq i_1$, el óptimo es $e^* = 0$ (renovar el equipo desde el principio)

para $i_1 < i < i_2$ el óptimo está entre 0 y n $0 < e^* < n$

para $i \geq i_2$ el óptimo es $e^* = n$ (no renovar: mantener el equipo antiguo modernizado).

Obsérvese que a la tasa de interés i_1 , da lo mismo renovar el equipo en $e^* = t_0$ ó en e_1^* . Puede darse el caso que $i_1 = i_2$, para $i < i_1$, conviene renovar el equipo desde el inicio; para $i = i_1 = i_2$ cualquier alternativa es equivalente; para $i > i_2$

conviene no renovar en el período y esperar a n cuando el equipo antiguo debe ser reemplazado por razones de su deterioro físico.

III.4 LA INCERTIDUMBRE Y EL PERIODO DE PLANEACION

Hay varias razones de incertidumbre que afectan los valores de la fórmula (4): pueden variar los Y_j , o los C_j , o los I_j , o los períodos de maduración k_1 y k_2 . Esto puede resultar de cambios en los precios relativos -incluidos los salarios- o de cambios en la demanda, o ritmos distintos de avance en la inversión, etc.

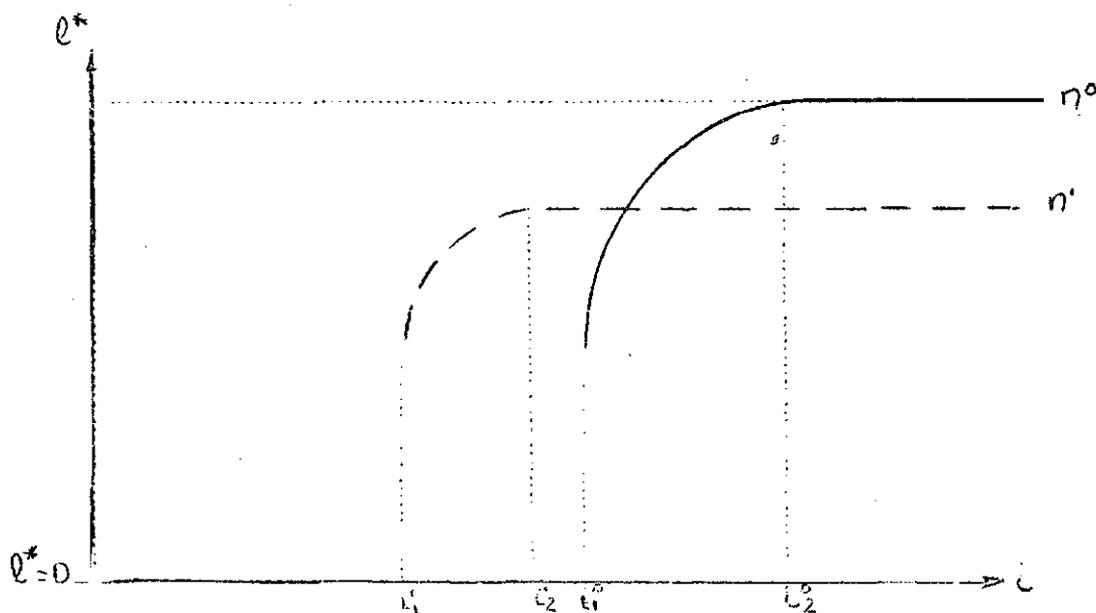
Los valores medios esperados de cada una de esas variables -esperadas en el momento 0 de confeccionar el plan- tienen una distribución estocástica. Cuanto mayor la incertidumbre mayor es la varianza de la distribución. Uno puede suponer además que la incertidumbre es mayor cuanto mas lejano es el futuro -es decir, los valores esperados tienen distribuciones de mayor varianza cuanto mas lejos estén en el futuro-. Como dice Hicks en Valor y Capital, si se supone que los agentes económicos son adversos a tomar riesgos, los compradores adicionan al valor medio esperado en un período futuro el valor de la desviación standard de la distribución mientras que los vendedores se lo restan. Luego en la fórmula (4) las I_j y las C_j se hacen mayores y las Y_j menores, cuanto mayor es la incertidumbre y cuanto mayor es la lejanía al futuro. Los valores presentes de ambas alternativas y en consecuencia del plan en su conjunto, disminuyen.

Supongamos que para un período j el valor $(Y_j - C_j)$ es positivo. Un aumento de la incertidumbre suficientemente alto hace que ese valor sea cero o negativo. A partir de allí el período j no aporta al valor presente de la alternativa estudiada o si lo hace es en un sentido negativo. Como las distribuciones tienen varianza creciente según la lejanía del futuro, a medida que la incertidumbre crece se van eliminando del plan períodos sucesivos que vienen del futuro al presente. El período de planeación se acorta con la incertidumbre. Esta es la justificación del proceder de las empresas que fijan un período de retorno de la inversión -"pay-off period"- tanto menor cuanto mayor es la incertidumbre.

En sus efectos, en relación con la elección de alternativas técnicas, el aumento de la incertidumbre opera en el mismo sentido que el aumento de la tasa de interés: tiende a favorecer relativamente la incidencia del futuro cercano con respecto al futuro lejano. Como el proyecto de renovación del equipo es más intensivo en el uso de capital que el de modernización, esta prevalencia de lo inmediato sobre lo mediano le es antagónica; pierde prioridad con respecto al otro. Entonces, el aumento de la incertidumbre no sólo reduce el horizonte de planeamiento n , sino que alarga la extensión del período Q^* (o sea aleja el momento óptimo de cambio del equipo).

En relación a la tasa de interés este efecto de la incertidumbre puede observarse en la siguiente representación:

Gráfico 4



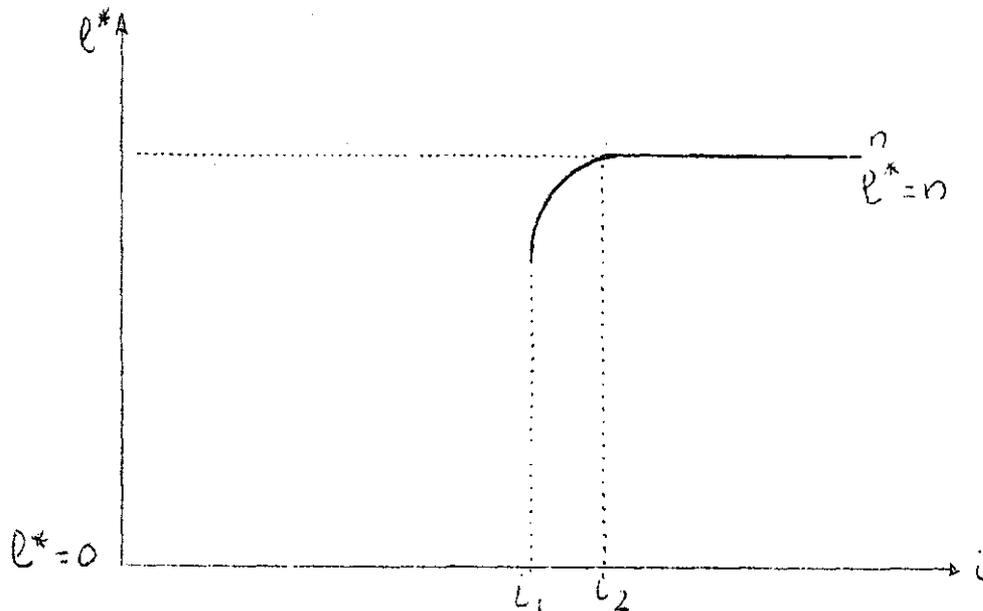
El aumento de la incertidumbre reduce n , i_1 e i_2 . Esto significa que los proyectos de renovación del equipo, para cualquier momento del tiempo en que se hayan planeado necesitan una tasa menor de interés -ante el aumento de incertidumbre- para resultar rentables.

III. 5. LA RELEVANCIA DE LA ESTRATEGIA PURA

La elección del momento ℓ^* -en el cual se cambia el equipo- cuando $0 < \ell < n$, implica una estrategia mixta: primero modernización y luego renovación. La práctica habitual es elegir, desde el momento 0 por una o por otra alternativa para todo el período de planeación ($\ell^* = 0$ ó $\ell^* = n$). A estas las llamamos estrategias puras. Se puede ahora ensayar una justificación de este procedimiento.

Si se supone que ℓ^* (el momento óptimo de cambio) es muy sensible a los cambios en la intensidad de la incertidumbre -o en las propensiones de los empresarios a tomar riesgos- entonces el intervalo $i_2 - i_1$, de tasas de interés entre las cuales se adoptan estrategias mixtas, es muy reducido. En el diagrama

Gráfico 5



de modo que la elección se hace entre $i < i_1$ e $i > i_2$ con toda probabilidad. El caso visto anteriormente en el cual $i_1 = i_2$ es sólo una situación extrema.

III. 6. LA ALTERNATIVA DE NO INNOVAR

Hasta ahora se consideraron dos alternativas: modernizar o

renovar el equipo. Existe siempre una tercera: no hacer nada, dejar todo como está. Como ésta es la alternativa menos intensiva en inversión su incorporación al análisis podría hacerse considerando un primer período de inacción previo a las inversiones de modernización, y estudiarse la fecha óptima t^* en que estas inversiones empezacen. El estudio sería similar al visto aunque más complicado. No es seguro, por otra parte, que esa mayor complicación provea más claridad. Por eso es preferible un tratamiento alternativo.

El método es deducir de los valores presentes de cada alternativa los beneficios cesantes que se hubieran obtenido de no adoptar ninguna de ellas. La elección entre alternativas tiene sentido en la medida en que ambas tengan al menos un valor presente positivo -una vez hecha la deducción- a lo largo de los valores de Q dentro del horizonte de planeación. Si sólo una alternativa alcanza algún valor positivo no hay nada que elegir: esta es la única alternativa posible. Si ninguna alcanza valores positivos -ningún valor positivo- lo mejor es no innovar.

Dada la incidencia negativa de la incertidumbre y del incremento de las tasas de interés sobre ambas alternativas la solución de no innovar se ve favorecida con ellas.

IV. LA COMPARACION ENTRE ESTRATEGIAS PURAS

A efectos de completar lo expuesto, vamos a discutir el caso mas convencional de elección entre estrategias puras.

Sean dos proyectos alternativos $P_A \{I_A, C_A\}$ y $P_B \{I_B, C_B\}$ tal que en cada período j $I_{Aj} > I_{Bj}$ y $C_{Bj} > C_{Aj}$ (puede haber períodos excepcionales en que esta condición no se cumpla). En suma, el proyecto A es el más intensivo en inversión.

Se suponen ingresos iguales en ambos proyectos: sólo se comparan costos. Si además hacemos I_A e I_B puntuales (por simplicidad), la fórmula

$$I_A - I_B = \sum_{j=1}^n \frac{C_{Bj} - C_{Aj}}{(1+r^*)^j} \quad (9)$$

da los valores de la tasa de retorno r^* para la cual ambas alternativas tienen el mismo valor presente en el momento 0.

IV. 1. CAMBIOS EN i

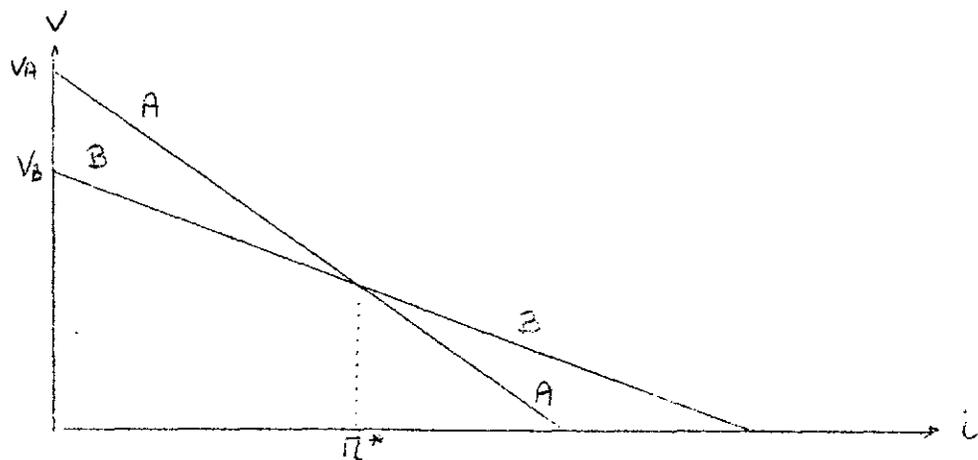
Para $i < r^*$:

$$I_A - I_B < \sum_{j=1}^n \frac{C_{Bj} - C_{Aj}}{(1+i)^j}$$

o sea, los costos adicionales descontados que implica el proyecto B son mayores que la diferencia inicial de inversión. Para $i > r^*$ ocurre lo contrario.

Luego para $i < r^*$ conviene el proyecto A (más intensivo) y para $i > r^*$ conviene el proyecto B.

Gráfico 6



En consecuencia: a mayor tasa de interés se hacen más favorables los proyectos menos intensivos (el futuro cuenta menos).

IV. 2. CAMBIOS EN EL HORIZONTE DE PLANEACION n . (INCERTIDUMBRE)

$$\text{Si } I_A - I_B = \sum_{j=1}^n \frac{C_{Bj} - C_{Aj}}{(1+r^*)^j}$$

para $n_1 < n$ resulta:

$$I_A - I_B > \sum_1^{n_1} \frac{C_{Bj} - C_{Aj}}{(1 + r^*)^j}$$

el acortamiento del período de n a n_1 favorece al proyecto B (menos intensivo). Para hallar la nueva tasa de retorno de indiferencia r^{**} tal que:

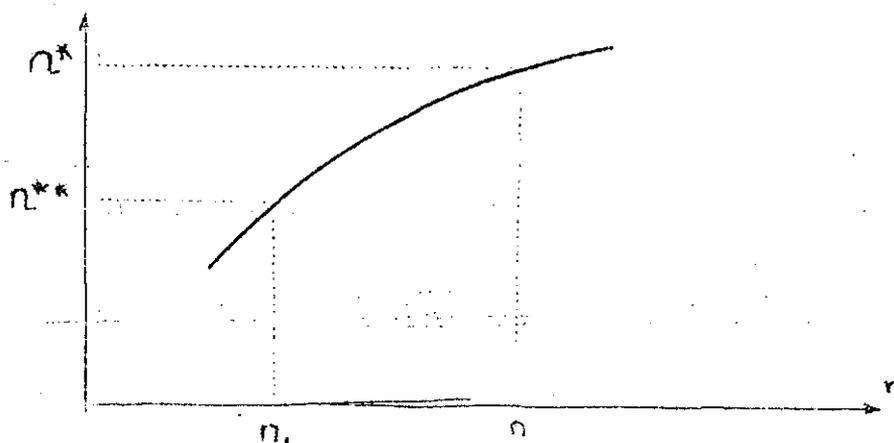
$$I_A - I_B = \sum_1^{n_1} \frac{C_{Bj} - C_{Aj}}{(1 + r^{**})^j}$$

es necesario que $r^{**} < r^*$. Luego la tasa de retorno de indiferencia r^* cambia en el mismo sentido que el horizonte de planeamiento n . Si n crece, r^* crece, y viceversa.

La caída de r^* a r^{**} cuando n baja a n_1 hace que cambie el orden de preferencia entre los proyectos A y B para las tasas de interés ubicadas entre r^* y r^{**} .

Para $r^{**} < r^*$ en el caso del horizonte n se prefería el proyecto A (más intensivo); en el caso del horizonte n_1 , se prefiere el proyecto B. Es decir que el acortamiento del horizonte de planeación favorece los proyectos menos intensivos. El diagrama muestra la función $r^*(n)$.

Gráfico 7



IV. 3. CASO DE INVERSION NO PUNTUAL

Por simplicidad suponemos que el período (1....k) de maduración de ambas inversiones alternativas es el mismo. Luego

$$\sum_{j=1}^k \frac{I_{Aj} - I_{Bj}}{(1+r^*)^j} = \sum_{j=k+1}^n \frac{C_{Bj} - C_{Aj}}{(1+r^*)^j} \quad (10)$$

llamemos I al primer término y C al segundo. Como en C, r está elevada a valores j mayores que los que corresponden a I, las variaciones de C cuando r cambia son mayores que las variaciones de I. O sea:

$$\left| \frac{dI}{dr^*} \right| < \left| \frac{dC}{dr^*} \right| \quad (\text{ambas derivadas son negativas}).$$

Luego, si adoptamos un período $n_1 < n$ (dejando k constante) resulta

$$\sum_{j=1}^k \frac{I_{Aj} - I_{Bj}}{(1+r^*)^j} > \sum_{j=k+1}^{n_1} \frac{C_{Bj} - C_{Aj}}{(1+r^*)^j}$$

para iguales ambos términos hay que reducir r^* a r^{**} ($r^{**} < r^*$). El resultado es similar al obtenido anteriormente: el acortamiento de n mejora la prioridad de los proyectos menos intensivos.

Supongamos ahora que el período de maduración de las inversiones es k_1 , y que la tasa de retorno r^* es tal que

$$\sum_{j=1}^{k_1} \frac{I_{Aj} - I_{Bj}}{(1+r^*)^j}$$

y consideremos el caso de un acortamiento del período de maduración de k_1 a k_2 tal que $k_2 < k_1$. Luego,

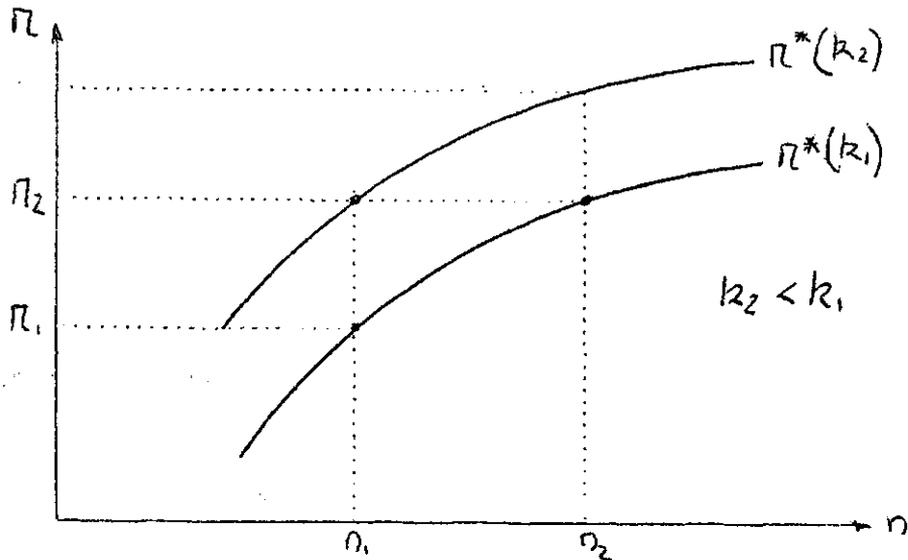
$$\sum_{j=1}^{k_1} \frac{I_{Aj} - I_{Bj}}{(1+r^*)^j} < \sum_{j=k_2+1}^n \frac{C_{Bj} - C_{Aj}}{(1+r^*)^j}$$

Para igualar ambos términos es necesario elevar r^* a r^{***} ,

esto favorece relativamente la prioridad de los proyectos mas intensivos en inversión.

En el gráfico 8 se resumen los efectos simultáneos de cambios en el período de maduración k y en el horizonte de planeamiento n .

Gráfico 8



Según se observa una reducción en el período de maduración de k_1 a k_2 es equivalente, en términos del valor de la tasa de retorno de indiferencia, a una expansión del horizonte de planeamiento de n_1 a n_2 .

IV. 4. CAMBIOS EN PRECIOS RELATIVOS

Para evaluar la influencia de los cambios en precios relativos sobre la decisión tecnológica es necesario ponderar su efecto sobre las variables I_j , Y_j y C_j . Esto requiere incorporar el análisis dentro de un cuadro global de relaciones que permitan determinar la forma de las funciones que definen el valor de dichas variables. Es necesario además, conocer la estructura de relaciones entre los precios, para saber cuales de ellos pueden fijarse independientemente y cuales son endógenos. En suma, la evaluación del efecto de los cambios en precios relativos requiere un modelo detallado del conjunto

de la economía.

Como esto cae fuera de los límites conceptuales de este trabajo vamos a adoptar, a modo de ejemplo, unas pocas hipótesis simplificadas para observar como los cambios en precios relativos afectan la decisión tecnológica. Consideremos tres precios: el precio de los bienes de capital (P_k), el precio de la mano de obra no calificada (W_n) y el precio de la mano de obra calificada (W_c). Supongamos que la I^R , inversión en renovación del equipo, depende fundamentalmente del precio de los bienes de capital y que estos son importados. De esa manera la inversión I^R es relativamente independiente de los valores W_n y W_c ; supongamos también que I^M , la inversión en modernización, es dependiente del precio de la mano de obra calificada W_c , reflejando con ello el efecto del aprendizaje local; finalmente supongamos que los costos corrientes de operación C_j son dependientes del precio de la mano de obra no calificada W_n .

Aun en su extrema simplificación el análisis puede servir para obtener una primerísima idea del posible efecto sobre la decisión tecnológica de las políticas de tasa de cambio y protección arancelaria, las políticas de salarios y del conjunto de políticas que afectan el ritmo de aprendizaje tecnológico local.

Para el análisis utilizamos la versión simplificada de la fórmula (9), con inversiones de maduración instantánea.

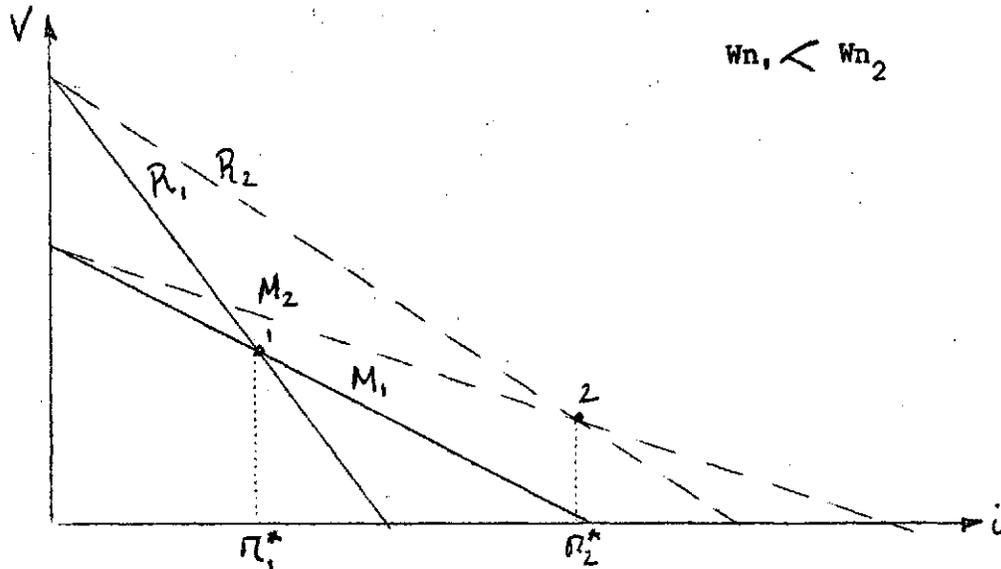
a) Aumento del precio relativo de la mano de obra no calificada W_n .

En la fórmula (9)

$$I^R - I^M = \sum_{j=1}^n \frac{C_j^M - C_j^R}{(1+r^*)^j}$$

el incremento de W_n eleva al aumento del término $(C_j^M - C_j^R)$ por ser $C_j^M > C_j^R$.

Gráfico 9



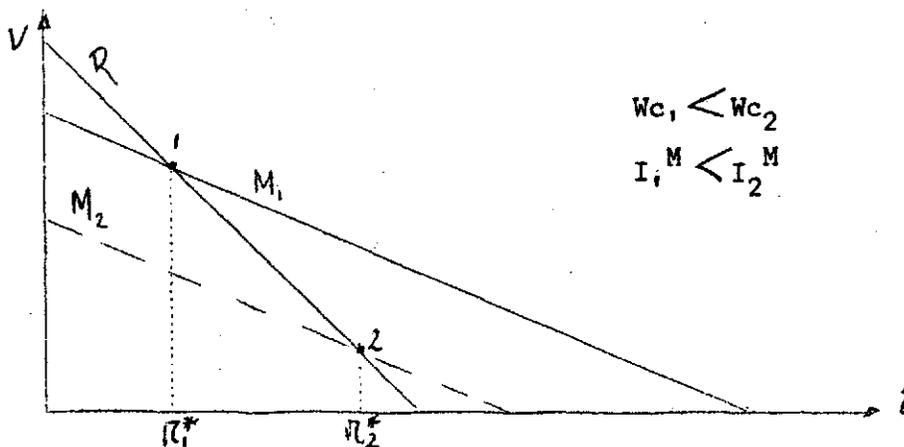
Cuando W_n , aumenta a W_{n_2}

$$I^R - I^M < \sum_{j=1}^n \frac{(c_j^M - c_j^R)_2}{(1+r^*)^j}$$

de modo que para igualar r^* debe aumentar a r_2^* . Esto favorece los proyectos de renovación relativamente a los de modernización.

b) Aumento del precio relativo de la mano de obra calificada W_c .
 Dados los supuestos adoptados el aumento de W_c incrementa el valor de I^M .

Gráfico 10



Como consecuencia del incremento de I^M resulta:

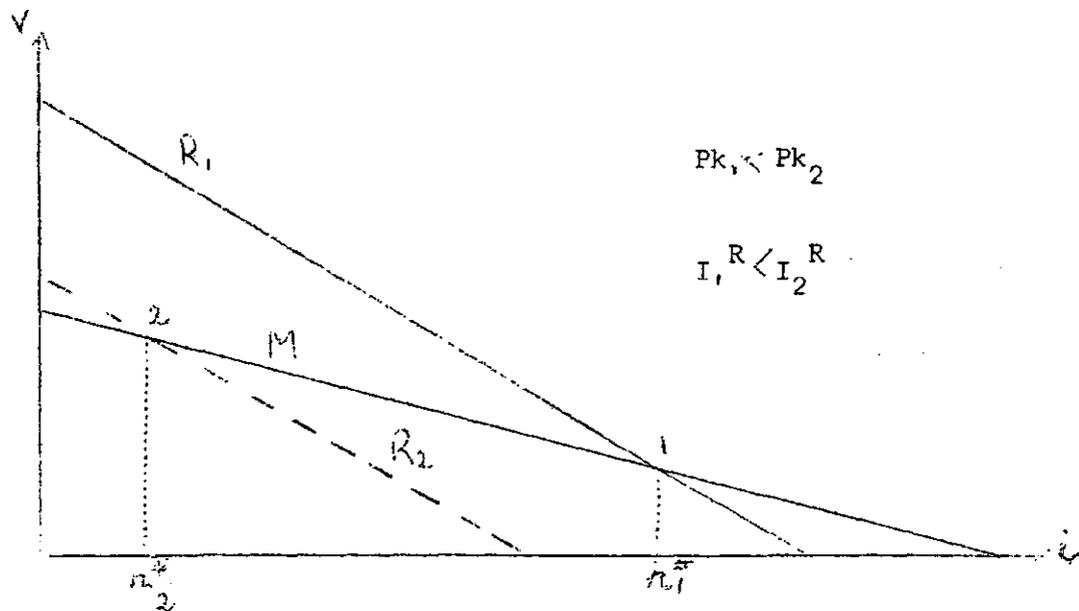
$$I^R - I_2^M < \sum_{j=1}^n \frac{C_j^M - C_j^R}{(1+r,*)^j}$$

luego, para igualar $r,^*$ debe aumentar a r_2^* . El aumento del precio de la mano de obra calificada tiende a favorecer los proyectos de renovación en relación a los de modernización.

c) Un aumento en el precio de los bienes de capital P_k (como consecuencia, por ejemplo, de un aumento relativo de la tasa de cambio extranjero).

Dados los supuestos adoptados el aumento de P_k incrementa el valor de I^R .

Gráfico 11



Como consecuencia del incremento de I^R resulta:

$$I_2^R - I_M > \sum_{j=1}^n \frac{C_j^M - C_j^R}{(1+r,*)^j}$$

luego, para igualar, $r,^*$ debe descender a r_2^* . El aumento del precio de los bienes de capital favorece los proyectos de modernización

relativamente a los de renovación.

V. LA INFLUENCIA DE LAS VARIABLES MACROECONOMICAS

En la exposición precedente se tomó en cuenta el efecto de tres variables macroeconómicas: 1) el grado de incertidumbre; 2) la tasa de interés; y 3) los precios relativos. Cada una de ellas resume a su vez un grupo de variables ligadas a decisiones de política económica y a las condiciones generales de funcionamiento de la economía. El grado de incertidumbre se refiere a las expectativas de los agentes económicos con respecto al futuro y a las condiciones económicas y políticas que pueden afectar la decisión tecnológica. La tasa de interés refleja la influencia del mercado financiero. Los precios relativos toman en cuenta las políticas de precios y salarios, la tasa de cambio, y la estructura impositiva.

Restan, sin embargo, algunas variables macroeconómicas no tomadas en cuenta en el análisis. De ellas, la principal es la tasa de crecimiento de la economía, cuyo efecto sobre el cambio tecnológico se ejerce principalmente, vía la incorporación de nuevas necesidades productivas.

La virtud del modelo presentado es la de presentar la operación de todo el conjunto de variables en un solo esquema compacto tal cual se evidencia en los diagramas utilizados. La decisión se resume en la determinación de una variable: la tasa de retorno de equilibrio en la decisión a los valores de la tasa de interés. Es concebible -si existiera un modelo económico subyacente- la elaboración de un diagrama similar donde la variable de definición sea un particular precio relativo. Pero es más directo resumir en la tasa de retorno r^* todo el conjunto de variables que afectan la decisión tecnológica.

Teóricamente basta reconocer si r^* es mayor o menor que i para saber si la decisión es a favor de renovar o de modernizar el equipo. Esta conclusión depende estrictamente del supuesto de absorber toda la influencia de la incertidumbre a través de cambios en el horizonte de planeación. Aunque este es el procedimiento más conveniente -ajustar el período de reembolso- no es universal.

Un procedimiento alternativo es requerir una r^* mas alta, manteniendo el período de reembolso lo cual implica adicionar a la tasa de interés que efectivamente se paga un plus para la cobertura del riesgo.

Hecha esta salvedad el esquema propuesto ofrece un criterio pragmático inmediato para determinar cuales decisiones tecnológicas son pasibles de verse afectadas por los cambios en las variables macroeconómicas y cuales no. Supongamos que el rango histórico de variación de la tasa de interés en una determinada economía sea $(i_{\min} \dots i_{\max})$. Esta variación refleja el cambio de condiciones macroeconómicas en lo que se refiere al comportamiento monetario, financiero y a las relaciones de ahorro e inversión. Consideramos ahora el valor de r^* . Este valor está determinado por las características propias de la innovación, por las específicas de la empresa en que esta se aplica y por las condiciones macroeconómicas referentes a precios relativos y a expectativas. Todos estos determinantes son pasibles de variaciones y sujetos, consecuentemente, a algún grado de incertidumbre. Obsérvese que aun la incertidumbre con respecto al rendimiento estrictamente técnico de la innovación queda comprendida. Todo ello da lugar a un rango de variación de los valores de r^* que puede ser identificado por el intervalo $(r^*_{\min} \dots r^*_{\max})$. ¿En qué caso puede decirse que la decisión de innovar tecnológicamente es sensible a los cambios en las variables macroeconómicas?: Cuando ambos intervalos de variación $(i_{\min} \dots i_{\max})$ y $(r^*_{\min} \dots r^*_{\max})$ se superponen. En esa situación ya sea una modificación en las relaciones de precios o en las tasas de interés o en las expectativas con respecto al futuro, es pasible de alterar la decisión tecnológica de renovar en lugar de modernizar el equipo o viceversa. En el caso opuesto, o sea cuando los valores de r^* en el intervalo $(r^*_{\min} \dots r^*_{\max})$ se encuentran íntegramente por abajo o por encima de los valores del intervalo $(i_{\min} \dots i_{\max})$, la decisión de innovar es inmune a la influencia de los cambios en las variables macroeconómicas.

¿Qué significa inmunidad concretamente? Quiere decir que hay una alternativa tecnológica dominante en todo el espectro de los valores previsibles de la tasa de interés. Por ejemplo: la inversión en un equipo de bajo costo relativa a la inversión total, cuya función

es complementaria a la del conjunto de los equipos de la empresa, o a la operación de la mano de obra -el caso de una herramienta- tiene rendimientos muy altos - al permitir el funcionamiento del conjunto- y en consecuencia una r^* muy elevada en comparación con los costos y rendimientos que demandaría su reparación y modernización. En ese caso la compra del equipo nuevo es rentable, sin duda alguna, es decir cualquiera sea el estado de las variables macroeconómicas. En el caso opuesto de inmunidad se puede dar el ejemplo -habitual en las industrias de proceso- de costos de renovación muy elevados, emergentes no sólo de la inversión en sí en el equipo, sino también de la interrupción del proceso productivo, tal que la r^* es muy pequeña -o negativa- y la alternativa claramente dominante es la de modernización del equipo en uso. En ambas situaciones es muy poco probable que la modificación de las variables macroeconómicas pueda alterar la elección entre caminos tecnológicos alternativos.

Es posible preguntarse cuan realista es este criterio de decisión que, en última ratio subordina los criterios de elección a determinar si r^* es mayor o menor que i , la tasa de interés. Una larga tradición pragmatista paskeynesiana tiende a subvaluar la importancia de la tasa de interés en sus efectos sobre las decisiones empresarias. Una primera línea de defensa del criterio expuesto es afirmar que esa tradición basa fundamentalmente su argumento en la incertidumbre involucrada en la determinación de r^* . Pero la incertidumbre -causada tanto por razones técnicas como por económicas de orden micro o macro- es tomada en cuenta en el intervalo de variación de r^* . De modo que a los efectos del análisis el empresario actúa como si implícitamente tomara en cuenta la relación entre r^* e i aun cuando no se plantea el problema de tal manera en una forma explícita. Pero, en segundo lugar, el valor de r^* , es una expresión de los requerimientos de rentabilidad de la decisión tecnológica y, en consecuencia, apunta directamente a la consideración dominante en el comportamiento de los empresarios.

V. 1. LA INFLUENCIA DE LAS VARIABLES DE LARGO PLAZO

En el análisis de largo plazo la incidencia predominante sobre las decisiones tecnológicas es la de los precios relativos. El típico

análisis de largo plazo es el que corresponde a comparaciones entre países o entre épocas distintas en un mismo país. Un análisis puro es aquel que elimina el efecto posible de otras variables seleccionando para la comparación una misma innovación dentro de la misma industria.

Retomemos el análisis del modelo simple de tres precios considerado en IV.4. Consideremos el precio de los bienes de capital (P_k), el precio de la mano de obra no calificada (W_n) y el precio de la mano de obra calificada (W_c).

En los países productores de equipos de nueva tecnología las relaciones entre estos precios tienden a ser estables. Ello se debe a que en la producción de bienes de capital los costos de ambos tipos de mano de obra representan directa e indirectamente, vía insumos, componentes principales del costo total. La proporción es estable en la medida en que los beneficios no experimentan variaciones importantes, lo cual es infrecuente. Asimismo los costos de modernización de equipos en uso comprenden también los costos de ambos tipos de mano de obra. De ese modo las relaciones entre costos de renovación, de modernización y de operación tienden a ser estables. En el tiempo se van alterando por cambios en el grado de imperfección de los mercados y por el progreso técnico en las propias industrias productoras de bienes de capital.

La estabilidad de estas relaciones permite elaborar un cierto patrón de comportamiento referente a las decisiones tecnológicas. La magnitud del intervalo de variación de los valores de r^* , ($r^*_{\min} \dots r^*_{\max}$) es mínima y excepto en extremas condiciones recesivas o inflacionarias también lo es la del intervalo de los valores de i , ($i_{\min} \dots i_{\max}$). Esa es la causa por la cual en la literatura sobre decisiones de innovación tecnológica emergente de los países industrializados la atención al efecto de las variables macroeconómicas sea mínima y el análisis se concentre sobre las variables microeconómicas y de ingeniería.

La situación es diferente en los países importadores de tecnología porque el precio de los bienes de capital es, en gran medida, independiente del costo de la mano de obra. Hay equipos de producción

nacional y también gastos en mano de obra nacional (transporte, instalación, prueba, etc) aun para equipo extranjero; pero una parte considerable del costo de inversión depende del precio internacional del equipo, de la tasa de cambio y de los aranceles que se aplican a su importación, y esto es mas marcado en el caso de equipo de tecnología reciente.

En ausencia de una relación de dependencia entre el precio de los bienes de capital y de la mano de obra de tipo microeconómico opera primordialmente una relación de tipo macro. Pero esta relación carece de la condición inherente de estabilidad que caracteriza a la otra. De hecho esta relación suele ser altamente inestable; basta observar para comprobarlo las fluctuaciones históricas de la relación entre la tasa de cambio y el salario nominal en la mayor parte de los países latinoamericanos. Pueden además distinguirse períodos en los cuales se aplican aranceles altos a la importación de bienes de capital y otros en los que esta importación se hace libremente o aun se subsidia. Tampoco debe ignorarse la existencia de numerosas situaciones particulares donde se aplican políticas ad-hoc. En suma, esta disparidad de políticas y la inestabilidad resultante de los precios de bienes de capital hace muy difícil definir conceptualmente el nivel de estos precios. Una teoría de su definición necesariamente requiere dar un paso atrás y situarse frente al problema de los determinantes en la elaboración de la política económica. De este modo -dado que el precio de los bienes de capital es "elegido" en el contexto de una determinada política económica- se incorpora al análisis de decisión todo un conjunto de elementos de orden mas general, incluidos los de carácter social y político.

La determinación del precio de la mano de obra tanto calificada, W_c , como no calificada, W_n , tiene, en cambio, una naturaleza mas estructural. La relación entre esos precios refleja primordialmente la abundancia relativa de cada tipo de mano de obra. Es de esperar, en consecuencia que excepto en períodos muy expansivos, los países con una experiencia industrial mas extensa y compleja, sean aquellos cuya mano de obra calificada sea relativamente mas barata. La relación W_c/W_n -precio de mano de obra calificada a no calificada- debería ser descendente con el grado de desarrollo de cada economía. En esas

condiciones deberían verse favorecidas -en los países de mayor desarrollo industrial- aquellas operaciones que requirieran un uso relativo mayor de mano de obra calificada; es decir, a priori, es de esperar en estos países una propensión mayor hacia la alternativa de modernización. Hay numerosos ejemplos de que esto es así. La opción de modernización -así como la de construir localmente el equipo requerido, o de llevar a cabo tareas de I y D - surge y se afirma en países donde la mano de obra calificada está disponible. Esto resulta claro en el análisis de la sección IV.4 b): una reducción del precio de la mano de obra calificada tiende, ceteris paribus, a reducir el valor de r^* , y en consecuencia a favorecer los proyectos de modernización.

Esta afirmación de carácter general, sin embargo, merece ser condicionada. El condicionamiento se refiere a la definición de mano de obra calificada y no calificada. El grado de calificación está directamente relacionado a la tarea que se pretende hacer; fundamentalmente al grado de novedad y complejidad de esta tarea. De modo que el concepto de calificación suele tener un carácter muy específico. Esto no implica desconocer que exista permeabilidad en el aparato productivo en cuanto a la difusión de capacidades y aptitudes de uso universal generadas en el conjunto de una sociedad industrial. Pero requiere clasificar innovaciones y ramas de actividad según la disponibilidad de mano de obra específicamente calificada. En muchos casos esa calificación surge de aptitudes desarrolladas in situ por un equipo técnico durante determinado tiempo y que son, por así decirlo, immanentes en relación con el resto de las actividades productivas incluidas a veces las de la propia rama industrial. En otros casos hay aptitudes altamente desarrolladas en actividades tradicionales, artesanales y de carácter pre-industrial, cuya consideración obliga a calificar los conceptos agregados de abundancia o escasez de un determinado tipo de mano de obra.

Hechas estas salvedades la consideración general aun sigue en pie. En países importadores de tecnología donde existe una experiencia industrial afirmada, la relación entre el precio de los bienes de capital y el costo de la mano de obra calificada suele ser relativamente alto. Esto puede deberse tanto a las políticas arancelarias

proteccionistas que motivan un precio mayor de los bienes de capital, o a la relativa abundancia de mano de obra calificada, o a ambos efectos a la vez. Ese mayor precio relativo lleva a valores de r^* menores y, en consecuencia, a favorecer las alternativas de utilización y modernización del equipo antiguo. Se explica, de esa manera, la perduración rentable en esos países de tecnologías que en otros de mayor desarrollo industrial han sido dejadas en el pasado. Paradójicamente, en países de muy reciente desarrollo industrial, es frecuente observar una absorción mayor de tecnologías de última hora. En términos del análisis efectuado en la sección IV. 4 este es el resultado de una relación P_k/W_c relativamente baja -como en el caso de países de alto desarrollo- determinada tanto por políticas no proteccionistas de importación de bienes de capital -no hay nadie a quien proteger- como por el alto precio de la mano de obra industrial con calificación. El efecto es el de proporcionar valores altos de r^* y, en consecuencia, de favorecer la alternativa de compra de equipo nuevo.

Este comportamiento aparentemente paradójico puede ser observado cuando se compara el uso de tecnologías en ciertas ramas de la actividad económica entre los países del cono sur de América Latina, con una tradición industrial que arranca previamente a la primera guerra mundial, y los del área del Caribe, de mas reciente industrialización. Un ejemplo es la persistencia en los primeros hornos eléctricos Siemens-Martin en la siderurgia, hornos que han perdido vigencia en el resto del mundo industrial y que no se instalan en las nuevas plantas de los países de menor desarrollo. Otro es la vigencia casi universal de técnicas constructivas tradicionales, previas a la utilización de elementos modulares y de los equipos destinados a montarlos, que en cambio son adoptados en los países del Caribe. Numerosos ejemplos provee el sector servicios donde el temprano proceso de urbanización ha dado lugar al desarrollo de un espectro extenso de calificaciones. Un caso muy nítido es el de la diferente estrategia tecnológica adoptada por las mismas empresas tabacaleras -de origen americano o inglés- en cada tipo de país: en tanto en las ubicadas en los países del Caribe se adoptó la última tecnología existente, en las del Cono Sur, se continuó con la utilización de maquinarias de dos o tres décadas de antigüedad que habían sufrido

varias modernizaciones a cargo del equipo técnico de sus ex-propietarios.

V. 2. LA INFLUENCIA DE LAS VARIABLES EN EL CORTO PLAZO

En los países que han iniciado el proceso de industrialización en el último medio siglo, apoyado en la expansión de su propio mercado interno, una característica casi universal, es la inestabilidad del comportamiento económico. Tanto los precios relativos, como el nivel de actividad, como el sentido de la política económica experimentan fluctuaciones de amplitud no observada en países de más antigua industrialización. Esto es claro en el ejemplo de Argentina, Chile, Brasil y, en menor medida, en la mayor parte de los países de América Latina.

La razón última de esta inestabilidad reside en las dificultades de forzar el proceso de acumulación de capital constreñido por la escasez de recursos propios de las empresas y por las desventajas de competitividad con que se inician. En cada paso se debe resolver un doble problema: el de transferir forzosamente los ingresos hacia los sectores prioritarios en detrimento de los demás y el de crear al mismo tiempo un mercado suficientemente expansivo como para garantizar la rentabilidad de la operación. A este problema, de por sí difícil, se agrega el de la resistencia de los grupos postergados que económicamente se manifiesta en el fenómeno de la inflación y políticamente en la formación de poderosas coaliciones opositoras a la política vigente. De allí la relativa brevedad de cada uno de los esquemas de acumulación. La retransferencia de ingresos hacia los sectores previamente pospuestos se acompaña, en el paso siguiente, por una nueva ordenación política y un replanteo de la estrategia económica. Eso da lugar al típico comportamiento espasmódico de esas economías.

Dentro de este contexto, en cada situación de corto plazo se manifiestan, no sólo las políticas destinadas a resolver los problemas coyunturales de que se trate -inflación, déficit de balanza de pagos, recesión, etc.- sino también aquellas que propocnen una solución definitiva al proyecto de largo plazo. Hay un contenido largo-placista incorporado a las políticas de corto plazo expresado en las

medidas destinadas a alentar a ciertas actividades productivas y desalentar a otras.

En estas condiciones la situación de expectativas de las empresas queda confinada esencialmente, en el corto plazo. Lo que interesa evaluar es la orientación y la duración probable de la política económica en vigencia. La aceleración de la inflación es un indicio de su debilidad y un preanunciamiento de su sustitución. Los datos que proveen los indicadores económicos cumplen menos la función de indicar cual es la probable evolución de la economía en el futuro mas o menos inmediato -la cual es su función aceptada- como de informar sobre el estado de salud de la conducción político-económica y de sus posibilidades de perduración.

El conjunto de estas consideraciones se agrupa en la evaluación de la variable incertidumbre de la que se hizo uso en el análisis formal del problema de decisión. Como se mostrara en III.4 el efecto de un aumento en el grado de incertidumbre es postergar las decisiones de incorporar nuevo equipo y con él la introducción de tecnología de mas reciente data. A su vez, como se viera en IV.2 este mismo aumento favorece las alternativas menos intensivas en el uso de capital, los proyectos de modernización del equipo antiguo sobre los de renovación con equipo nuevo, y el uso de recursos y capacidades propias con preferencia a la contratación externa.

Son estas razones las que favorecen la aparición de los desarrollos tecnológicos supletorios, tan característicos de los países industrializados de América Latina. Prevenidos por la aleatoriedad de los programas económicos contra el alto riesgo de las inversiones que dependen de rendimientos en el largo plazo, las empresas crean una cantidad de capacidades tecnológicas destinadas a sustituirlas: adaptaciones, cambios, mejoras, tretas y hasta sortilegios. 1/ Hay toda una cultura industrial criolla consecuente, basada mas en el ingenio y el oficio que en la ciencia, destinada a la elaboración de esa tecnología supletoria. Detrás de ese fenómeno visible, que linda

1/ Un ejemplo notable es el de la planta siderúrgica de Acindar en Rosario estudiada por Phillip Maxwell.

con la artesanía, y de las razones técnicas que lo justifican, subyace la misma razón básica que condiciona todo el comportamiento económico: la debilidad de los agentes y la precariedad de los instrumentos de acumulación de capital.

La dependencia de las decisiones tecnológicas que implican gastos de inversión elevados con respecto a la orientación y duración esperada de la política económica vigente puede ser ejemplificada de un modo muy patente por el comportamiento de las fábricas de cemento argentinas. La tecnología de dichas plantas se halla en la primera línea internacional. El proceso de renovación tecnológica, sin embargo, no es continuo, ocurre a saltos. Esos saltos tienen lugar en los momentos en que se inician períodos de aplicación de políticas de estabilización por parte de gobiernos autoritarios de orientación de derecha. Estas inversiones se postergan durante todo el período previo de orientación populista para hacerse de golpe en el momento en que, paradójicamente, se inicia un intervalo de recesión de la actividad económica.

Pero la dependencia con respecto a la política económica se manifiesta de modo más concreto y material que el ideológico o psicológico que sugiere este ejemplo. Dado que la inestabilidad es un fenómeno de corto plazo cabría pensar que los proyectos de largo plazo se enfrentarían con un grado de incertidumbre bastante menor. Aparentemente es más fácil predecir cuál será el estado económico de uno de estos países en el año 2000 que pronosticar que ocurrirá en el año próximo. Es menos arriesgado, por ejemplo, estimar el volumen de demanda de acero en 10 ó 15 años y aun el precio probable, que hacerlo con referencia a la política que aplicará el Estado con respecto al acero, no sólo dentro de 10 años, sino en el interín y aun en el año siguiente. Por eso la rentabilidad inmediata -dos o tres años cuando más- de cualquier proyecto es la que define. Para horizontes de planeación tan limitados la tasa de retorno sólo puede ser positiva si se cuenta con enormes subsidios. En particular los proyectos son impracticables si se efectúan con préstamos a tasas de interés positivas. La dependencia de la decisión de encarar el proyecto con respecto a la política económica toma así un carácter muy concreto: la realización del proyecto se hace o no de acuerdo al monto de subsidios que se obtienen. Esto es válido fundamentalmente

para proyectos de largo plazo e inversiones de gran envergadura, pero en menor medida se aplica también a las restantes.

V. 3. LA TASA DE INTERES

Al considerar la tasa de interés como variable se resume el total de condiciones financieras que enfrentan las empresas. No hay una única tasa de interés para cada empresa. Estas pueden disponer de sus propios fondos y de créditos obtenidos dentro y fuera del mercado institucional.

El mercado de capitales, en economías como las aquí tratadas, no es único ni transparente. Así como en cada "modelo" de acumulación se fuerzan las relaciones de precios para favorecer los sectores elegidos como prioritarios así también el mercado institucional financiero se orienta en favor de los mismos. Su característica es la aplicación de tasas de interés relativamente bajas a sus operaciones de captación y préstamo de fondos. Esto sin embargo da lugar a la vigencia de mercados extrafinancieros, a tasas de interés mayor, que atienden al resto de la actividad económica.

En estas condiciones la tasa de interés que enfrentan las empresas es una función creciente de sus necesidades de fondos. En primer lugar las empresas recurren al mercado institucional donde pagan las tasas mas bajas, luego a los fondos propios, cuyo costo de oportunidad está dado por la tasa de interés extrainstitucional y finalmente a los créditos extrainstitucionales -proveedores, por ejemplo- donde se adicionan, además, las primas por riesgo (esta prima es creciente a medida que aumenta el coeficiente de endeudamiento de las empresas).

El mercado institucional es un mercado racionado con exceso de demanda. Discrimina en el otorgamiento de créditos según su destino, según el renglón de actividad y según las calificaciones de los demandantes de acuerdo con criterios emergentes de la orientación de la política económica y de las prácticas de las instituciones financieras. Estos criterios no son siempre los mismos. Además es un mercado de oferta variable, característica, esta última, derivada de su limitada capacidad de captación de fondos privados, que lo hacen depender de la mayor o menor inclinación del Banco Central a alimentarlo por vía

del mecanismo de redescuento.

Estas dos características del comportamiento del mercado financiero institucional tienen consecuencia sobre la decisión tecnológica de las empresas estableciendo situaciones diferenciales. En los casos en que la decisión de renovar el equipo se halla respaldada por la financiación proveniente del mercado institucional es de una adopción mucho mas probable que cuando dicho respaldo no existe; la menor tasa de interés favorece la alternativa de renovación relativa a la de modernización del equipo en uso. El criterio aplicado al racionamiento de los créditos afecta pues directa y diferencialmente la decisión tecnológica. La extensión de la política del redescuento determina, a su vez, épocas de crédito fácil o difícil y es una de las variables importantes que regulan el ritmo espasmódico de la innovación tecnológica.

El proceso de indexación del valor de las deudas que ha tenido lugar últimamente en América Latina ha moderado, en gran medida, la diferencia entre el mercado institucionalizado y el no institucionalizado. La empresa se mueve ahora en un contexto de tasas de interés positivas aunque perdura la incertidumbre con respecto al nivel de dichas tasas. Para créditos sin indexar a tasas de interés suficientemente altas como para sobrepasar la tasa esperada de inflación, como es práctica habitual en los mercados no institucionalizados, el riesgo del empresario radica en la eventualidad del pago de tasas reales de interés muy altas; para créditos indexados el riesgo deriva de la disparidad negativa entre el nivel de incremento de los precios que recibe la empresa y los índices por los cuales se revalúan sus deudas. En ambos casos la tasa de interés real percibida por los empresarios es superior a la que resulta simplemente de restar a la tasa nominal el valor medio de las expectativas de alza de precios. En esas condiciones es de esperar una reducción en el ritmo de incorporación de nuevo equipo. Naturalmente esta conclusión está condicionada a que las expectativas de beneficios de las empresas no se incrementen.

De todos modos la tasa de interés es uno entre los posibles instrumentos de política económica. Aquellas inversiones en equipo que, por razones de la baja confiabilidad de las expectativas de

beneficios, requerían tasas de interés negativas, van a reclamar, en compensación por la política de créditos indexados, otros subsidios adicionales que las hagan posible. Desde el punto de vista analítico estas medidas compensatorias pueden incluirse en el modelo como afectando los valores de r^* y de i alternativamente.

VI. COMPORTAMIENTOS DIFERENCIALES EN LA ACTIVIDAD PRODUCTIVA

La observación del estado de la tecnología en el conjunto de la estructura productiva, particularmente en el sector industrial, revela comportamientos diferentes entre ramas de actividad y entre empresas de una misma rama. Por ejemplo, es evidente que la proximidad de la tecnología utilizada en el país a la frontera internacional es diferente según sectores. Hay algunos donde se aplican las técnicas de última difusión mundial (por ejemplo en la industria del cemento); en otras, en cambio, las empresas continúan desempeñándose rentablemente con equipos pertenecientes a tecnologías generadas varias décadas atrás y que, en países de alta industrialización, han desaparecido desde hace tiempo. Otro ejemplo de comportamientos diferenciales es el de la mayor o menor heterogeneidad tecnológica entre las empresas de una misma rama de la producción, según sea la rama de que se trate. Hay sectores donde todas las empresas tienen una tecnología uniforme mientras que en otros se observa un muestrario de tecnologías de generaciones diferentes.

En principio es obvio que las empresas no son iguales y que lo normal es que tengan comportamientos distintos. Todo el capítulo de estudios de organización industrial está destinado a investigar las razones técnicas y micro y macroeconómicas determinantes de esas diferencias. En ese sentido la conducta tecnológica no es sino una parte del todo. Pero sin dejar de reconocer la complejidad de la cuestión y la inevitable parcialidad de un análisis efectuado dentro de los límites de este trabajo, se procura exponer algunas hipótesis de carácter genérico en base a las variables aquí utilizadas: el tipo de producto, la naturaleza del mercado, el grado de concentración, la calificación de la mano de obra, la tasa de crecimiento, etc.

El primer tema es el de los precios relativos. Esta es la variable tradicionalmente utilizada en el análisis estático para explicar el uso simultáneo de técnicas diferentes. Su aplicabilidad es clara cuando se trata de comparar empresas de una misma industria en países diferentes. Pero como ya se mostrara al tratar previamente el tema, los precios relativos se determinan en el contexto de un esquema de políticas económicas que responden a un cierto modelo de funcionamiento y expansión de la economía en su conjunto. Por ejemplo, al comparar el espectro de diferentes tecnologías utilizadas en la industria siderúrgica en Latinoamérica es necesario referirse, finalmente, a variables como el carácter de la propiedad de las empresas, la distribución del ingreso, el grado de apertura de la economía, y de la rama en particular, la tasa de crecimiento, etc. Este análisis va a mostrar, que independientemente de las razones de orden microeconómico que hayan operado en cada una de las decisiones tecnológicas, el resultado final, que muestra diferentes distribuciones de técnicas en uso según los países, responde en último caso, al modo en que aquellas variables macroeconómicas se hayan ordenado. Esto es principalmente válido en la industria siderúrgica por el rol central que ella cumple en cualquier proceso de desarrollo económico.

El efecto de los precios relativos sobre la técnica elegida actúa en algunos casos no directamente, sino a través de su influencia sobre la escala de producción. El ejemplo apropiado aquí es el de la industria de construcción de viviendas. Este es un sector interesante por muchos conceptos. En primer lugar es un sector donde la decisión tecnológica es prácticamente inmune a las variaciones de corto plazo en las variables macroeconómicas pero con una clara dependencia estructural respecto del nivel de largo plazo de algunas de esas variables. La construcción es, además, un ejemplo frecuente de persistencia de técnicas tradicionales en condiciones de competitividad con las nuevas técnicas. Un índice significativo es, en varios países, el de la inmutabilidad a lo largo del tiempo, de la productividad por hombre ocupado. En este caso la relación definitoria es entre el precio de la tierra urbana y el precio de la mano de obra. No se trata de sustitución entre capital y trabajo, porque las técnicas más modernas no solo ahorran trabajo

sino también capital -y este aun en mayor proporción- en tanto permiten una mayor rapidez en la realización de la obra y con ello una disminución del tiempo de inactividad del capital que se va acumulando como obra misma. Se trata de que el aumento del precio de la tierra urbana, relativa al del trabajo, inhibe crecientemente la utilización de técnicas intensivas en el uso de equipo que solo es rentable en escalas de producción suficientemente altas. Aquí surge la economía del lote que condiciona la elección tecnológica y que permite la persistencia rentable de las técnicas tradicionales así como el carácter abierto del sector a nuevas empresas y la alta elasticidad de la oferta a costos constantes. Ahora bien, superar las limitaciones que impone el lote a la escala de producción depende por un lado del precio de la tierra urbana y por el otro de la capacidad de la economía de canalizar los fondos necesarios para solventar el financiamiento adecuado a la magnitud de dicha escala, y es en este punto donde se pone de manifiesto la incidencia de las variables macroeconómicas estructurales. Porque si bien el fenómeno del lote es universal, en sociedades altamente desarrolladas no es infrecuente observar que aun con precios altos de la tierra se reúne el financiamiento que permite llevar a cabo programas extensivos de renovación urbana, mientras que en sociedades de incipiente industrialización, con ciudades relativamente pequeñas, esto también es posible porque el precio de la tierra urbana -no quizás en el centro mismo pero a corta distancia- es suficientemente bajo como para hacer posible su financiamiento. Diferente es el caso de las economías medias con asentamientos y distribución de la propiedad urbanos de larga data y capacidades de financiación limitadas. Estos son típicamente los países donde se verifica "el atraso técnico de la construcción".

La variable precios relativos no es la única. El análisis formal de la primera parte de este trabajo ha servido para mostrar cómo esa variable opera en conjunto con otras habitualmente excluidas en el análisis estático. La variable expectativas ha sido considerada. Se la asocia a la incertidumbre, porque en economías como las aquí estudiadas, la incertidumbre es un componente

principal de la función de expectativas.* Es por eso que esta función ha sido analizada en el contexto del corto plazo. Sin embargo, si la inestabilidad económica es un fenómeno persistente, o simplemente recurrente, y la función de expectativas refleja siempre, en consecuencia, un grado relativamente alto de incertidumbre con respecto al futuro, es de esperar que la inestabilidad se incorpore como una variable estructural de largo plazo. ¿Qué diferencias en respuesta tecnológica resultan en países con distinto grado de inestabilidad económica?

Una respuesta a esta pregunta surge de la comparación de comportamientos de una determinada industria en distintos países. La variable incertidumbre opera junto con las variables consideradas antes y su evaluación debe sujetarse a la prueba empírica. Pero tanto para la elección de la industria como para una mayor comprensión del fenómeno conviene antes plantear las condiciones que hacen que dicha variable sea más o menos relevante según la rama industrial que se analice.

La cuestión que se plantea es determinar qué grado de protección ofrecen las propias condiciones económicas o los arreglos institucionales contra las variaciones impredecibles en las relaciones de precios o los cambios en el nivel de actividad. Una primera condición se refiere al mercado: hay ramas de la industria con alta elasticidad de demanda que experimentan fuertes fluctuaciones en su nivel de actividad ante modificaciones en los precios relativos; los proveedores del Estado sufren de la inestabilidad propia de un sector público con innata tendencia a ampliar el déficit fiscal; sectores como el agropecuario, o los de exportación, cuyos precios son administrados en función de variables -como la distribución de ingresos, por ejemplo- que no pueden controlar, tienen dificultades de absorber incrementos de costos. Todas estas son situaciones donde la inestabilidad es un componente crónico de las decisiones empresariales. La resultante es una política conservadora en materia de inversiones y de tecnología, excepto que mediante arreglos

* En otras palabras: la varianza de la función expectativas es tan o más importante que su valor medio.

institucionales se concierte algún mecanismo de protección (los sobrepuestos a los proveedores estatales, los créditos de fomento a los productores agropecuarios, los subsidios a la exportación, etc.)

Un ejemplo de la adopción de políticas conservadoras tecnológicas en relación con una experiencia de inestabilidad lo provee la industria frigorífica. Los frigoríficos se encuentran en una situación sandwich entre los precios de exportación dependientes de los mercados de exportación y la tasa de cambio de moneda extranjera, por un lado, y los precios de ganado determinados por el mercado interno, por el otro. Como ambos mercados son en gran medida independientes, la industria enfrenta una crónica incertidumbre con respecto a la relación entre sus precios y costos. La oferta tuvo tradicionalmente una estructura oligopólica conformada por un corto número de establecimientos de propiedad inglesa y norteamericana. A este hecho se atribuyó la política extremadamente conservadora de las empresas, en particular en lo referente a productos finales y tecnología. Cuando el mercado mundial de carne cambió abruptamente, a mediados de la década del 60, con la incorporación masiva de los países continentales europeos, desplazando la venta de cuartos congelados por los cortes, estos frigoríficos no pudieron adaptarse a las nuevas condiciones y quebraron. Fueron sustituidos por una cantidad de frigoríficos menores con diversos grados de especialización. El hecho es que estos nuevos frigoríficos sufrieron al poco tiempo, las mismas condiciones de inestabilidad que enfrentaron los antiguos, con una respuesta similar conservadora en la conducta tecnológica, a pesar de la desaparición de las características fuertemente oligopólicas de la oferta.

La industria automotriz, si bien enfrenta una demanda elástica al ingreso, y en consecuencia sufre ciclos de actividad marcados, tiene a su favor la inelasticidad precio de su oferta, la que junto con su estructura oligopólica le permite cubrirse con beneficios superiores de la incertidumbre que aquella produce. La relativa moderación del proceso de avance tecnológico es menos una característica local que un fenómeno universal en la industria. Este caso ilustra sobre un elemento de juicio que intrínseco a cada rama productiva, ha sido dejado de lado en el análisis precedente: el de

La velocidad de expansión de la frontera tecnológica internacional. El hecho de que la atención se centre sobre aquellos sectores donde está en marcha un proceso de cambio tecnológico significativo no debe hacer olvidar que estas son situaciones excepcionales y que una parte considerable de la actividad productiva la tecnología está relativamente estabilizada.

La industria textil es uno de los casos mas interesantes con referencia al efecto de la inestabilidad económica sobre la estructura tecnológica de la industria. La demanda es elástica al precio y al ingreso y, en consecuencia la rama tiende a un comportamiento inestable. Una parte de las variaciones de precios son absorbidas vía el control de la industria sobre el mercado de la principal materia prima, el algodón, de ese modo la industria transmite las fluctuaciones del precio del mercado final al productor de la materia prima. Esta compensación es parcial en tanto no cubre a las firmas de las variaciones en el nivel de actividad; hay además un precio mínimo del algodón determinado ya sea por regulación gubernamental o por el precio de exportación. En esas condiciones los beneficios de las empresas presentan una amplia vulnerabilidad a los cambios en las condiciones macroeconómicas. Pero este panorama no es uniforme a lo largo de esta industria. La rama textil se caracteriza por la presencia de un núcleo central de empresas integradas * de mayor tamaño y un extenso número de establecimientos medianos y pequeños. Hay una tendencia a la especialización a medida que disminuye el tamaño de la empresa. En las fases depresivas del ciclo las empresas mayores avanzan sobre el mercado de las periféricas, paliando así las fluctuaciones de su propia demanda, pero agudizando las de las restantes. La inestabilidad aumenta hacia el menor tamaño. La conducta tecnológica es consecuentemente distinta: el período de planeamiento de la inversión tiende a reducirse con el tamaño; las empresas mayores, ceteris paribus, favorecen la renovación del equipo mientras que las menores se inclinan hacia la modernización o, aun, hacia el mantenimiento del equipo en uso. Situaciones parecidas pueden

* La integración comprende hilandería y tejeduría. En los casos de empresas mayores incluye tintorería y, muy excepcionalmente desmotado (algodón).

encontrarse en la industria del azúcar y del papel. El resultado es la existencia de una estructura tecnológica heterogénea con equipos de distintas generaciones operando simultáneamente en la industria.

Este fenómeno de heterogeneidad tecnológica está favorecido, además, por la existencia de un mercado de segunda mano del equipo productivo. El funcionamiento de este mercado no está garantizado en cualquier tipo de equipo, es mas bien una excepción. La condición necesaria -aunque no suficiente- para la existencia de dicho mercado es la posibilidad técnica de utilizar el equipo para fines diferentes *. Esos fines pueden ser, o diferentes productos, o diferentes calidades o mercados. En general el equipo atraviesa un proceso de degradación en el objetivo a que se lo aplica pasando de tareas con especificaciones mas rígidas y tolerancias menores a otras donde los requerimientos se reducen. El efecto de la operación de este mercado es favorecer la renovación del equipo hacia las tecnologías mas modernas en las empresas de primera línea, transfiriendo el equipo usado a las menores. Este proceso es pasible de observación en las industrias metalmeccánicas y en las textiles. Como resultado se implanta un patrón de heterogeneidad tecnológica, el cual en último caso, no es sino el reflejo de la heterogeneidad de la estructura de la oferta sintetizada en la existencia simultánea del núcleo central y de la periferia de empresas en la rama.

En la industria tabacalera la inestabilidad de la demanda, determinada tanto por las fluctuaciones en su nivel como por las políticas de precio impuestas periódicamente por el gobierno, también contribuye a una estrategia tecnológica conservadora. Los períodos de renovación de equipo han coincidido con los momentos de expansión de la demanda -que no son frecuentes- pero el fenómeno predominante es el de las fluctuaciones. Como la oferta de la industria es un oligopolio cerrado, lo característico de su estructura tecnológica es, por un lado la homogeneidad, y por el otro el distanciamiento con

* En un trabajo separado perteneciente a esta serie se analizan las condiciones de funcionamiento del mercado de equipo de segunda mano Ver: Canitrot: El mercado de segunda mano. Monografía del Programa BID/CEPAL de Investigaciones en temas de Ciencia y Tecnología.

respecto a la tecnología de frontera.

Como contraste, la industria del cemento, que es también un oligopolio cerrado, tiene una estructura tecnológica homogénea pero cercana a la frontera internacional. Hay dos variables cuyo distinto comportamiento explica esta diferencia; la primera es la tasa de crecimiento de la producción; la segunda es el grado de información del mercado al cual se atiende. La demanda de cemento es también fluctuante y con cierta intensidad, pero las fluctuaciones se manifiestan en un contexto de rápido crecimiento de largo plazo, de modo que hay un requerimiento de ampliación de capacidad que conlleva la incorporación de nuevas técnicas. Pero además el demandante de cemento, ya sean las empresas constructoras o, indirectamente, el sector público, es un comprador informado que reclama el producto de la tecnología mas avanzada. Opera así una variable tecnológica a la cual no se hizo referencia: la renovación del equipo productivo es consecuente a la renovación del producto que se lanza al mercado. En este tipo de decisión -que puede ser analizada por extensión con el instrumental teórico expuesto previamente- el corto plazo es relevante. La cuestión no es decidir la renovación o no, sino el momento mas adecuado para introducirla. En la industria del cemento ese momento es casi inmediato al conocimiento de la existencia de la innovación dado el alto grado de información de los demandantes. Contrariamente, en la industria del tabaco, la decisión puede ser postergada durante mucho tiempo. La introducción del cigarrillo con filtro, que no requería sino adaptar los equipos se hizo rápidamente luego de su aparición en los E.E.U.U.; los cigarrillos de bajo contenido de brea y nicotina, que exigen renovarlos, se pospone hasta tanto el público se informe plenamente de algún modo o el gobierno lo exija.

La disponibilidad de mano de obra calificada es, como se mostró, una variable fundamental en la elección tecnológica. Pero es difícil aplicar esta variable al análisis del comportamiento diferencial de las empresas sin un tratamiento detallado de cada caso particular. El concepto de calificación tiene un componente específico y ad-hoc en cada actividad y técnica, que deja muy limitado espacio para la generalización. La mayor calificación del personal favorece

en principio la conservación de la tecnología existente porque permite adaptar y mantener el equipo en uso dentro de condiciones de mas alta rentabilidad. No es claro, en cambio, si esa mayor calificación fomenta o no la incorporación de técnicas nuevas. Eso depende del grado en que el conocimiento esté localizado en la técnica preexistente o se pueda transmitir a la nueva. Para saberlo es necesario ir a cada caso en particular.

Para terminar, la variable mas importante: el sentido y sesgo de la política económica. Esta define sectores prioritarios y otros que no lo son de acuerdo con el modo de crecimiento desbalanceado previamente descrito. La suma de subsidios fiscales y crediticios, de aseguramiento de mercados y de garantías de rentabilidad por encima de un mínimo, permiten a los sectores definidos como prioritarios superar todas limitaciones y eventos desfavorables que pudieran demorar la incorporación de nueva tecnología. En ocasión de grandes proyectos esos subsidios, aseguramientos y garantías se transforman en requisitos indispensables para la implantación de la nueva tecnología. La magnitud de estos privilegios está potenciada, como se ha dicho, por la previsible brevedad de su vigencia. Los sectores prioritarios rotan. Pero si existe un sesgo de largo plazo es a favor de las industrias nuevas, las que así se llaman dinámicas, las que sustituyen importaciones. Por un tiempo estas industrias muestran el ritmo mas veloz de cambio tecnológico. No necesariamente este ritmo continua en adelante. Tampoco hay razón para asociar esa condición prioritaria con un manejo técnico eficiente de la tecnología incorporada.

