

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES PARA LA
INDUSTRIA QUIMICA
- INIQUI -

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ECONOMICAS
JURIDICAS Y SOCIALES
AREA DE ECONOMIA

Reunión de Discusión N° 16

Fecha: 17 - 12 - 83

Horas: 16,30

EL CAMBIO TECNOLÓGICO: CONSIDERACION DE ALGUNOS CONCEPTOS TEÓRICOS
Y SUS IMPLICANCIAS EMPÍRICAS *

Néstor Avalué **

A) Conceptualización del cambio tecnológico

Se entiende por tecnología el conocimiento útil perteneciente a la actividad productiva o, alternativamente, el conjunto de técnicas utilizadas en un punto del tiempo.

Se usará indistintamente la expresión cambio tecnológico, progreso tecnológico o adelanto tecnológico (C.T.) para indicar "avances en el conocimiento que mejoran el bienestar a través de incrementos en el ingreso real per capita y, cualitativamente, a través de una mayor posibilidad de elección de bienes"(1). Las formas en que puede presentarse el adelanto tecnológico son variadas: nuevos procesos de producción, nuevos bienes, nuevos métodos de organización (administrativa o de comercialización). No es C.T. la introducción de una técnica no usada aunque sea conocida, ni tampoco la investigación fallida.

Se puede decir que es imposible medir el C.T. en todos los aspectos señalados, pero su característica cuantitativa esencial es que provoca un corrimiento en la función de producción hacia arriba, aunque debe reconocerse que en la práctica es muy difícil distinguir aumentos de producto debidos a movimientos a través de la frontera de producción, de la expansión de

* Este informe forma parte del trabajo de investigación: "El cambio tecnológico en algunas industrias manufactureras. Caso: Derivados del Petróleo".

la frontera debida a cambios en conocimientos.

El C.T. resulta de la combinación de tres conceptos: Investigación y desarrollo, invención e innovación (2).

En investigación y desarrollo existen, a su vez, tres categorías bien diferenciadas:

Investigación básica: Está constituida por las investigaciones originales que se realizan sin objetivos comerciales.

Investigación aplicada: Consiste en la creación de prototipos observando - factibilidad técnica y costos; es decir que se orienta al logro de nuevos conocimientos con objetivos comerciales. Está relacionada a procesos o productos.

Desarrollo: Es la actividad técnica no rutinaria que traslada los hallazgos de la investigación u otro conocimiento científico a los procesos o productos.

La característica de no rentabilidad inmediata hace que la investigación básica esté, fundamentalmente, en manos del Estado (Universidades, fundaciones, institutos de investigación, etc.), quedando la investigación aplicada, en su mayoría, en el sector privado.

Se considera invención el idear nuevas formas de conseguir determinados fines, en el contexto de la producción; incluyéndose los descubrimientos. No es correcto vincular estrictamente la invención al C.T., ya que no siempre se traslada a la producción.

Por su parte, la innovación es la aplicación de la invención cuando se realiza la primera vez. Schumpeter distinguió cinco tipos de innovación: nuevos productos, nuevos procesos, nuevos mercados y métodos de comercialización, cambios en las leyes y cambios en los métodos de organización mercantil.

B) Métodos de medición del cambio tecnológico

En economía, como no ocurre en otras ciencias que son experimentales, la disponibilidad de datos condiciona fuertemente la posibilidad de verificar empíricamente las hipótesis que la teoría desarrolla. Por tal motivo, el C.T. presenta varias formas alternativas de medición que requieren distinta información. Esto hace que algunas sean más directas que otras y por lo tanto, más eficientes. Esos métodos son:

1) Directo o introducción de la tecnología en la función de producción

Se plantea la función de producción de una industria:

$$Q_t = f(L_t, K_t, P_t, T_t)$$

Siendo:

- Q: producción en el período t
- L: servicios del factor trabajo en el período t
- K: servicios del factor capital en el período t
- P: otros insumos usados en el período t (3)

T: son los servicios del stock de tecnología o capital tecnológico en el período t. Este stock es el conjunto de conocimientos técnicos que son utilizadas en la producción y están medidos por su costo, es decir por el monto de todo lo gastado en el desarrollo de las técnicas usadas en la producción. La utilización de T, como factor productivo, se basa en la analogía que tiene con K, en cuanto a la consideración de un stock, logrado como acumulación de gastos, una depreciación por tecnología en desuso y una corrección por subutilización: tecnología "producida" que aún no es usada(4).

no es contradictorio con lo dicho antes?

Este método permite estimar el rendimiento de lo gastado en la investigación y difusión de nuevos conocimientos técnicos, ya través de la comparación de la tasa interna de rendimiento de la tecnología con la del capital *conocer la conveniencia o no de invertir en tecnología*

2) Captación del cambio tecnológico por el mero paso del tiempo

La función de producción considerada es:

$$Q_t = f(L_t, K_t, P_t, t)$$

Se introduce t para captar el cambio en el producto debido al mero transcurso del tiempo. Esta variable mide los efectos del cambio tecnológico. Es menos eficiente que al anterior pues este método no permite calcular el rendimiento de la tecnología.

3) Medición por residuo

adelante

Consiste en estimar el cambio porcentual en la producción debido al ~~evento~~ *evento* tecnológico ocurrido en un período, como la diferencia entre el incremento relativo en la producción y un promedio ponderado de los cambios porcentuales en los insumos de ese período.

$$\bar{A}_t = \bar{Q}_t - (\alpha \bar{R}_t + \beta \bar{L}_t)$$

Siendo: $\bar{A} = \dot{A}/A$; $\dot{A} = \partial A / \partial t$; \bar{Q} , \bar{R} y \bar{L} tienen idéntico significado.

α y β son ponderaciones apropiadas.

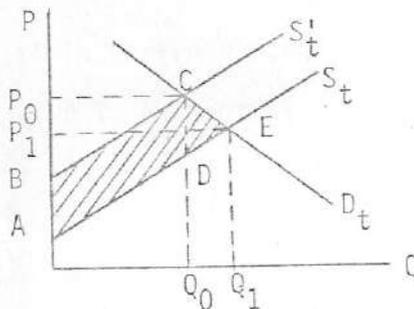
Este método es menos preciso que los anteriores en el sentido de que el residuo capta cambios en la producción debidos a motivos que no son sólo, - cambio tecnológico. Por ejemplo: economías de escala, economías externas, educación y destreza de la mano de obra, etc.

- A su vez, existen otros cuatro métodos para expresar el residuo:(1)
- a) La diferencia entre el valor de productos e insumos medidos a precios constantes.
 - b) El cociente entre índices aritméticos de productos e insumos, también conocido como método SAK por haber sido desarrollado por Schmookler, Abramovitz y Kendrick.
 - c) Se toma el cociente entre índices aritméticos agregados de productos e insumos incorporados en una función de producción lineal homogénea. (6)
 - d) Consiste en calcular la tasa de cambio del residuo como el promedio aritmético ponderado de cambios relativos en coeficientes de insumos entre dos puntos en el tiempo.

4) Desplazamiento de la curva de oferta

Griliches y Peterson han desarrollado fórmulas para estimar el beneficio provocado por el C.T., cuando la información que se dispone es tal que se puede medir la superficie entre las curvas de oferta de antes y después de producido el cambio.

Gráficamente



Q_1 es la cantidad producida en el período t , con la nueva tecnología, al precio P_1 .

Q_0 y P_0 es la cantidad y precio que se hubieran dado en el período t , de haberse mantenido exactamente las condiciones anteriores, en ausencia del cambio tecnológico.

$ABCE$ es el beneficio que la comunidad ha recibido por la existencia de la nueva tecnología. Esta superficie está compuesta por $ABCD$, que indica ahorro de recursos en la producción de Q_0 (que se pueden dedicar a otra actividad) y el triángulo CDE que representa la utilidad neta adicional que surge de disponer de Q_1 en lugar de Q_0 .

Finalmente, si se está hablando de métodos para medir el cambio tecnológico, no se puede dejar de mencionar la corrección por calidad en los insumos; y cuando se puede, también en el producto. Esta es una forma de con

siderar el cambio tecnológico incorporado en ellos.

C) Neutralidad o sesgo del cambio tecnológico

La neutralidad o no neutralidad del C.T. puede ser detectada a través de la participación de los factores en el producto. Cuando la participación relativa de K y L se mantiene constante a través del tiempo, se dice que el C.T. ha sido neutral. Por oposición el C.T. es no neutral y presenta sesgo cuando: a) aumenta la participación relativa de K. Aquí se está en presencia de C.T. con sesgo ahorrador de L (o usador de K), b) aumenta la participación relativa de L. En tal caso se está ante un C.T. con sesgo ahorrador de K (o usador de L). (7) Es decir:

$$\frac{\partial (F_K K / F_L L)}{\partial t} \begin{matrix} \geq \\ < \end{matrix} 0$$

Donde:

- F_K : Productividad marginal del capital
- F_L : Productividad marginal del trabajo

De acuerdo a lo dicho, si la derivada parcial es:

- Igual a 0, el C.T. es neutral
- Mayor que 0, el C.T. es ahorrador de L
- Menor que 0, el C.T. es ahorrador de K

Pero se puede decir aún más sobre la existencia de neutralidad (o sesgo) en el C.T. Hicks, Harrod y Solow han expuesto tres formas alternativas de detectar el tipo de C.T. habido en un período, manteniendo constantes algunas variables y viendo qué condiciones deben cumplirse en otras para que se de C.T. neutral o con algún sesgo, según se mantenga constante o varíe la participación relativa de los factores (8).

Este análisis requiere algunos supuestos:

1. La función de producción es homogénea de grado 1 con K y L como insumos.
2. Existe competencia perfecta en el mercado de factores y en el de productos en el largo plazo. Esto significa que los factores son pagados según el valor de su productividad marginal.

Los tres enfoques alternativos para tratar la neutralidad del C.T. son:

- a) A lo Hicks: Deja constante la relación K/L.
- b) A lo Harrod: Mantiene constante la tasa de interés, y bajo el supuesto implícito de que el precio del producto (Q) es igual a 1, F_K también es

constante, o su tasa de cambio igual a 0.

c) A lo Solow: Mantiene constante la tasa de salario. Hace que F_L no varíe (tasa de cambio de F_L igual a 0), lo cual supone, al igual que en el caso anterior, que el precio de Q es igual a 1. (9).

Estos tres enfoques suponen distinto comportamiento de F_K, F_L, K y L . Para ver cómo actúan, se resuelve la derivada parcial planteada más arriba (primero el cociente y luego los productos); se divide numerador y denominador por el producto de las participaciones relativas de K y L se obtiene:

$$\frac{\bar{F}_K + \bar{R} - \bar{F}_L - \bar{L}}{\beta / \alpha} \begin{matrix} > \\ = \\ < \end{matrix} \begin{matrix} \text{ahorrador de L} \\ \text{neutral} \\ \text{ahorrador de K} \end{matrix}$$

Donde:

$$\bar{F}_K = \dot{F}_K / F_K \quad \text{y} \quad \dot{F}_K = \partial F_K / \partial t \quad ; \quad \text{idem para } \bar{R}, \bar{F}_L \text{ y } \bar{L}$$

$$\beta / \alpha = F_L L / F_K K$$

Con esta fórmula y las consideraciones de Hicks, Harrod y Solow vistas, se llega a las condiciones para que exista neutralidad o sesgo en el C.T., las cuales se exponen a continuación

	Neutralidad	SESGOS	
		Ahorrador de L (Usador de K)	Ahorrador de K (Usador de L)
Hicks: $(K/L)_{k_0}$ $\bar{R} = \bar{L}$	$\bar{F}_K = \bar{F}_L$	$\bar{F}_K = \bar{F}_L + k \frac{\beta}{\alpha}$	$\bar{F}_K = \bar{F}_L - k \frac{\beta}{\alpha}$
Harrod: $i = F_K = k_0; \bar{F}_K = 0$	$\bar{R} = \bar{L} + \bar{F}_L$	$\bar{R} = \bar{L} + \bar{F}_L + k \frac{\beta}{\alpha}$	$\bar{R} = \bar{L} + \bar{F}_L - k \frac{\beta}{\alpha}$
Solow: $w = F_L = k_0; \bar{F}_L = 0$	$\bar{L} = \bar{R} + \bar{F}_K$	$\bar{L} = \bar{R} + \bar{F}_K - k \frac{\beta}{\alpha}$	$\bar{L} = \bar{R} + \bar{F}_K + k \frac{\beta}{\alpha}$

Donde:

k_0 : indica que la variable se mantiene constante

k : es un número positivo

i : tasa de interés

w : tasa de salario

Interpretación del cuadro

Hicks: C.T. neutral significa que la productividad marginal del capital crece a la misma tasa que la productividad marginal del trabajo; o lo que es lo mismo, no se altera la tasa marginal de sustitución ($TMS = F_K/F_L$). Un sesgo ahorrador de trabajo (usador de K) supone un aumento en TMS (F_K es mayor que \bar{F}_L). El sesgo ahorrador de capital provoca una disminución en la TMS.

se puede completar la idea con análisis gráfico mediante curvas de indiferencia.

Harrod: Este enfoque merece algunos comentarios. Para que exista neutralidad debe tenerse en cuenta que:

a) $F_K K/F_L L = \alpha/\beta = k_0$; por condición de neutralidad

Por otra parte:

b) $i = F_K = k_0$; supuesto del enfoque de Harrod

c) $\alpha + \beta = 1$; por el supuesto de función homogénea de grado 1

Por lo tanto, para que se cumpla a), dado c), es suficiente suponer α constante. Entonces, dado b), la consecuencia es que K/Q debe ser constante. Esto se ve mas claro si se tiene presente que:

$$\alpha = F_K \frac{K}{Q}$$

Como, según se ha dicho, F_K y α son constantes, K/Q también debe ser lo.

Nótese que esto surge del supuesto de homogeneidad de la función de producción. De no existir este; para que el C.T. sea neutral a lo Harrod sólo es necesario la condición que aparece en el cuadro, es decir:

$$\bar{K} = L + \bar{F}_L$$

Quiere decir que la tasa de cambio de K debe ser mayor que la de L para compensar $\bar{F}_K = 0$ y mantener así constante la participación relativa de K y L en el producto.

El sesgo ahorrador de L produce un mayor uso de K que el C.T. neutral. Esto se ve en la fórmula del cuadro por el efecto de refuerzo que produce el tercer término de la derecha, ya que k está definido positivo y β/α también.

Solow: El análisis para el enfoque de Solow es similar al hecho precedentemente para el esquema de Harrod sólo que aquí el salario (w), F_L y β juegan el papel de i, F_K y α respectivamente. Los datos del cuadro ayudan a completar el análisis.

Para concluir el tema de neutralidad del C.T. es conveniente presentar una interpretación alternativa expuesta por Beckman y Sato (10). Ellos dicen que neutralidad "implica que las relaciones entre ciertas variables económicas se mantienen invariantes bajo cambio tecnológico". Ello significa que pueden haber varias formas de neutralidad, que dependen de la cantidad de variables entre las que se definen relaciones, y aclaran que no cualquier par de variables establece relaciones lícitas para considerar neutralidad del C.T. Pero lo que se quiere hacer notar acá, es que mencionan los tres enfoques ya vistos y dicen que hay neutralidad:

- a) A lo Hicks, cuando no se altera la relación entre la tasa marginal de sustitución (TMS) y la razón de uso de los factores (K/L).
- b) A lo Harrod, cuando no se altera la relación entre la relación capital-producto (K/Q) y tasa de interés (i)
- c) A lo Solow, cuando no se altera la relación entre la relación trabajo-producto (L/Q) y tasa de salario (w).

Esta forma de ver la neutralidad es una interpretación alternativa que también surge del análisis que se ha hecho precedentemente, como fácilmente se puede verificar.

D) Posibilidad de verificar empíricamente los desarrollos teóricos planteados

El trabajo de investigación del cual forma parte este informe pretende - testar la hipótesis "ha habido cambio tecnológico en la industria derivados del petróleo durante el período más actual para el que se puedan obtener datos", y medirlo con el objeto de determinar su importancia. (11).

Aquí se han planteado cuatro métodos para medir el C.T., cuya aplicación depende, como se dijo, fundamentalmente de la disponibilidad de datos existentes.

El primer método (tecnología como insumo en la función de producción) debe descartarse por la gran dificultad que encierra la actividad bajo estudio, en cuanto a determinar y medir la variable "Tecnología"; ya que no se cuenta con una entidad "productora" de tecnología que luego la industria Derivados del Petróleo use como un insumo más del proceso productivo.

El cuarto (desplazamiento de la curva de oferta) ofrece dificultades del mismo tenor aunque de otra naturaleza. La fórmula a la que se hace referencia al exponer el método incluye, entre otras cosas, las elasticidades de oferta y demanda del producto lo cual supone, por sí solo, otro trabajo de investigación.

En consecuencia, el método que finalmente se siga será el segundo (captación del C.T. por el paso del tiempo) o el tercero (medición por residuo, en cualquiera de sus variantes); o alguna adaptación que se haga de ellos.

En cuanto al tratamiento empírico de la neutralidad o sesgo del C.T. puede pensarse en el siguiente procedimiento:

Se calcula una función

$$Q_0 = f_0 (K_0, L_0) \quad \text{que tendrá}$$

α_0 : participación de K en el producto, en el período 0

β_0 : " " L " " " " " " 0

y simultáneamente

$$Q_1 = f_1 (K_1, L_1) \quad \text{que, a su vez, tendrá}$$

α_1 : participación de K en el producto, en el período 1

β_1 : " " L " " " " " " 1

El C.T. ocurrido en el período bajo estudio (que va de 0 a 1) se puede medir a través del método del residuo. Por su parte, la existencia de sesgo puede ser testada comparando α_1 / β_1 con α_0 / β_0 :

Obviamente este es un esquema muy simplificado en el que hay muchas cuestiones por resolver pero sirve para mostrar una posible línea de trabajo.

Si no se dispone de datos de sección transversal y sólo existen series de tiempo para las variables que intervienen en la función de producción, entonces se podrá calcular

$$Q_t = f_t (K_t, L_t, t)$$

En tal circunstancia, un camino posible a seguir es el planteado por Solow (12), suponiendo neutralidad a lo Hicks, y trabajar con la fórmula:

$$\bar{A}_t = \bar{q}_t - \alpha_t \bar{k}_t$$

Donde:

$$\bar{q}_t = \bar{Q}_t - \bar{L}_t \quad \text{ya que: } q = \frac{Q}{L}$$

$$\bar{k}_t = \bar{K}_t - \bar{L}_t \quad \text{ya que: } k = \frac{K}{L}$$

\bar{A}_t = tasa porcentual de cambio tecnológico ocurrido en el período t.
 α_t = participación de K en Q

La aplicación de este método, conlleva también una serie de problemas a con

siderar, pero acá sólo se pretende plantear otra posible línea de trabajo.

E) Tareas futuras

Desde el punto de vista teórico queda aún por tratar algunos problemas de especial interés tales como: el tipo de función de producción con la que se trabajará (Cobb-Douglas, C.E.S., translogarítmica); el problema de la agregación y medición de las variables y consideración de la hipótesis de incorporación de C.T.. Existen algunos otros temas conexos, pero seguramente el próximo informe trate los tres temas mencionadas.

En cuanto a la parte de disponibilidad de datos, los resultados de la exploración realizada hasta el momento (en la que se ha llegado a las principales fuentes disponibles), prácticamente han hecho descartar la idea de localizar el estudio en el NOA, ya que no existen datos regionalizados para las variables a usar en el trabajo.

Además, desde ya se está viendo que la obtención de una serie de tiempo de la variable capital, imprescindible para la realización del trabajo, implicará una ardua tarea pues no se encuentra en ninguna de las publicaciones que se ha tenido oportunidad de consultar.

Una vez esclarecido los punto teóricos mencionados (sobre los que ya se esta trabajando) y determinada la disponibilidad real de información, el modelo teórico sobre el que se trabajará surgirá casi de inmediato y con él, ya elaborado los datos definitivos, la obtención de los resultados.

REFERENCIAS

- 1) KENNEDY, C., and Thirlwall, A., "Surveys in applied economics: Technical progress", The economic journal, March 1972, pag. 12
- 2) Idem, pag. 43
- 3) El problema que plantea la medición de las variables se verá posteriormente.
- 4) Una análisis más detallado de este punto puede verse en: del Rey, E.C., Análisis de costos y beneficios de la estación experimental agrícola de Tucumán, U.N.T., F.C.E., I.I.E., R. de Disc. N° 1, 1967. pags. 9/12
- 5) Domar, Evsey D., "On the measurement of technological change", The economic journal, December 1961, pag. 710.
- 6) Este método podría tratarse del expuesto como la forma general de medir el residuo. La duda surge pues Domar se lo atribuye a Solow, autor de aquel, pero habla de "ratio between an aggregate arithmetic index of output and inputs" y el método expuesto como general consiste en una diferencia entre tasas de cambio. Ambos métodos coinciden en que se trabaja con una función lineal homogénea y pertenecen a Solow.
- 7) La expresión "ahorrador de trabajo/capital" se usa para transmitir la idea que contiene la expresión inglesa "labor/capital-saving"; del mismo modo "usador de trabajo/capital" traduce la expresión "Labor/capital-using". Obviamente, tal traducción está sujeta a modificación.
- 8) Este desarrollo se ha hecho siguiendo las exposiciones, no siempre consistentes entre sí, que sobre el tema se encuentran en Nadiri, Beckman y Sato, y Ferguson (Ver bibliografía).
- 9) Este caso no está desarrollado en la bibliografía consultada. Se lo plantea acá por analogía con el enfoque de Harrod.
- 10) Beckmann M.J. and Sato, Ryuzo, "Aggregate production functions and types of technical progress: A statistical analysis", The american economic review, March 1969, Volumen LIX, Number 1, pag. 90.
- 11) Con posterioridad también se incluirá en el estudio: Industrias Químicas y Alimentos y Bebidas.
- 12) SOLOW, R.. "El cambio tecnológico y la función de producción agregada". Lecturas de Macroeconomía, 2° Edición, Recopilador: M. G. Mueller (Barcelona, C.E.C.S.A., 1974).

BIBLIOGRAFIA

- BECKMANN, M.J. and SATO, Ryuzo, "Aggregate production functions and types of technical progress: A statistical analysis", The American economic review, March 1969, Vol. LIX, N° 1, Pag. 88/101.
- DEL REY, Eusebio Cleto, Análisis de costos y beneficios de la estación experimental agrícola de Tucumán, (Informe preliminar), U.N.T., F.C.E., I.I.E., Reunión de discusión N° 1, 1967.
- DOMAR, Evsey D., "On the measurement of the technological change", The economic journal, December 1961, Vol. LXXI, N° 284, pag. 709/729.
- FERGUSON, C.E., The Neoclassical Theory of Production & Distribution, Cambridge University Press, 1979.
- KENNEDY, Charles and THIRLWALL, A.P., "Surveys in applied economics: Technical progress", The economic journal, March 1972.
- NADIRI, M. Ishaq, "Some approaches to the theory and measurement of total factor productivity: A survey", Journal of economic literature, December 1970, Vol. VIII, N° 4 Pag. 1137/1177.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
 DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ECONOMICAS,
 JURIDICAS Y SOCIALES

A R E A D E E C O N O M I A

REUNIONES DE DISCUSION

<u>Nº</u>	<u>Fecha</u>	<u>Autor</u>	<u>Título</u>
5	28-5-81	Eduardo David Antonelli	"Una Nota sobre las Teorías Neoclásica y Keynesiana de la Determinación del Empleo y la Renta" II.
6	7-7-81	Eusebio Cleto del Rey	"Cálculo de la Duración de una Carrera Universitaria".
7	3-8-81	Guillermo Juan Lloret	"El Costo Directo de Estudiar una Carrera Universitaria".
8	1-10-81	Rita Lavín Figueroa	"El Costo de la vida: un concepto económico y otro estadístico".
9	29-10-81	Eusebio Cleto del Rey	"Un Método de Evaluación Aplicable al Examen Escrito".
10	23-12-81	Eduardo David Antonelli	"Estimación del PBG de la Provincia de Salta".
11	18-3-81	Eduardo David Antonelli	"El modelo Keynesiano de Economía abierta".
12	12-4-82	Rita Lavín Figueroa	"Comparaciones entre el índice de precios al consumidor de la ciudad de Salta y otros índices de precios".
13	29-4-82	Eusebio Cleto del Rey	"Problemas de Cómputo de la Corrección por Sesgo en el Caso Lognormal".
14	3-6-82	Eduardo Antonelli	"Las Etapas de la Producción en una Firma".
15	19-8-82	Eduardo Antonelli	"El Modelo Keynesiano con Dinero y Divisas como Insumos"
16	14-12-82	Néstor Avalle	"El cambio tecnológico. Consideración de algunos conceptos teóricos y sus implicancias empíricas"