

# EL CAMBIO TECNOLÓGICO Y LA ECONOMÍA NEOCLÁSICA

JOSÉ GALLEGO

*Unidad de Tecnologías, Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín.*

Recibido para revisar 24 de Junio de 2002, aceptado 6 de Febrero de 2003, versión final 11 de Febrero de 2003.

**RESUMEN:** Este texto desarrolla algunos argumentos críticos a la teoría neoclásica estándar de la producción y selección de técnicas. En la primera parte se presenta en forma didáctica dicha teoría; ésta asume como principio lógico orientador al agente racional, en este caso el productor, que procura lograr siempre el máximo posible cuando realiza su acción productiva. La segunda parte del texto formula una crítica a esta concepción desde la perspectiva de la teoría evolucionista del cambio tecnológico.

**PALABRAS CLAVES:** Cambio Tecnológico, Función de Producción, Isocuanta, Elasticidad de Sustitución, Progreso Técnico, Crítica Racional.

**ABSTRACT:** This text develops some critical arguments to the neoclassical standard theory of the production and selection of techniques. The First part presents didactically this theory which assumes as its logical director principle to the rational people, in this case the producer, that tries to gain always the maximum when the productive action is done. Second part of the text presents a critical to this conception from the perspective of the evolutionary theory of technological change.

**KEYWORDS:** Technological Change, Production Function, Isocuant, Elasticity of Substitution, Technical Progress, Rational Critic.

## 1. INTRODUCCIÓN

“El nivel de la tecnología, es una variable *latente* no observada que se postula de ordinario para inferirla de los datos en forma marginal” (*Griliches*).

Este trabajo presenta, en su primera parte, la teoría neoclásica estándar de la selección de técnica de producción. El principio lógico orientador de esta teoría es el supuesto de agente racional (en este caso, el empresario productor), que procura lograr siempre el máximo económico posible en el desarrollo de sus acciones; el empresario es racional, en este contexto, si optimiza la asignación de sus recursos escasos, al elegir de un conjunto disponible, la técnica óptima para maximizar los beneficios. El cambio tecnológico es el resultado de este proceso de maximización. En la segunda parte del texto, se efectúa una crítica a esta concepción desde la

perspectiva de la teoría evolucionista del cambio tecnológico. Este enfoque considera el cambio tecnológico, no como proceso de elección racional, que asume la tecnología como algo que no requiere ser explicado, sino como el producto del proceso de variación y selección. La tesis desarrollada en esta parte, consiste en la calificación de la teoría neoclásica estándar de estéril para la explicación del fenómeno del cambio tecnológico.

## 2. LA TECNOLOGÍA DE LA EMPRESA EN LA VISIÓN NEOCLÁSICA

En la producción capitalista, el móvil es la ganancia. El capital entra en funcionamiento, no porque la mercancía (su valor de uso) satisface

una necesidad, sino porque el valor de cambio realizado posibilita su reproducción ampliada. En esta perspectiva, el capital es una relación social y la empresa, una forma organizativa compleja para la generación de valor y explotación del trabajo. Actualmente "el mundo está dirigido por inversionistas internacionales y corporaciones transnacionales que buscan rendimientos de corto plazo, que hacen tratos con gobiernos extranjeros con la única preocupación de crear empleo en el país y lograr *status* de productores de categoría mundial, así la remuneración del trabajo sea pobre" (Machado, 1998). En contraste con lo anterior, el Pensamiento Neoclásico define la empresa como una entidad técnica, cuya principal actividad es transformar inputs (factores) en outputs (productos) y, al ser dirigida por un empresario racional, procura la maximización del beneficio en la asignación eficiente de los recursos escasos. Al privilegiar el problema de la escasez, el interés neoclásico se centra en el análisis de las decisiones de la empresa, para alcanzar la eficiencia económica; así mismo, en la teoría neoclásica de la empresa, lo importante es como ésta elige los niveles de inputs y outputs para lograr la maximización del beneficio.

## 2.1 La descripción de la tecnología

Como tecnología (San Martín, 1990), la Escuela Neoclásica entiende al caudal o cuerpo dado de información y conocimiento que pueden ser aplicados a la producción de bienes y servicios; es decir, el saber de la empresa sobre las diferentes posibilidades de producción que son, a su vez, los planes de producción físicamente posibles descritos por los ingenieros. La descripción del conjunto de posibilidades de producción es un problema perteneciente a la ingeniería; el problema económico consiste en la selección de la mejor combinación de inputs para la obtención de un nivel dado de output. Esta definición considera la tecnología como un factor exógeno y disponible a la empresa, al suponer su presencia, lista para ser adquirida. La selección de la mejor tecnología posible obedece a los criterios y a la restricción de la maximización del producto.

El concepto básico para comprender la descripción neoclásica de la tecnología, es el de posibilidades de producción (Varian, 1994). Éste se define como "el conjunto de todos los planes de producción tecnológicamente viables", esto es, el inventario que hace el ingeniero de todos los procesos productivos tecnológicamente viables. Aclarar este concepto requiere de la definición de los términos producción neta y plan de producción. La producción neta es la diferencia entre output e inputs (diferencia que puede ser positiva o negativa); a la colección de producciones netas se denomina plan de producción. Del conjunto de planes de producción, sólo un subconjunto es tecnológicamente viable, y es esta parte la que conforma el conjunto de producción tecnológicamente viable para la empresa, es decir, el conjunto de posibilidades de producción.

Ahora bien, tecnológicamente viable para la empresa significa que existe o puede existir el proceso de transformación, o sea, la existencia inmediata o mediata del proceso de producción. Esta opción de existencia conduce a diferenciar el corto plazo y el largo plazo. En el corto plazo, no todos los procesos de transformación son inmediatamente viables, es decir posibles a la empresa, implicando que algunos inputs sean fijos; en el largo plazo todos los inputs son variables y, por ello, todos los procesos de transformación viables (posibles). Por lo tanto, en el corto plazo tenemos un conjunto de posibilidades de producción restringido a aquellas opciones que son "inmediatamente viables" a la empresa, esto es, planes de producción compatibles con inputs fijos y variables).

La anterior descripción de la tecnología, es representada formalmente por (Varian, 1992) de la siguiente manera:

- Plan de producción: el vector  $y$  en  $R^n$ ; con  $y$  como conjunto de producciones netas.
- Conjunto de posibilidades de producción de la empresa:  $Y$  subconjunto de  $R^n$ ; es el conjunto de acciones tecnológicamente viables para el agente productor.
- Conjunto de posibilidades de producción restringido:  $Y(\bar{y}) = \{y \text{ en } Y: y = \bar{y}\}$ . Colección

de acciones en el corto plazo que involucran inputs fijos y variables; son las tecnologías "inmediatamente viables" y sobre las que caería la elección racional de productor al resolver el problema económico.

Un caso especial del conjunto de posibilidades de producción restringido es el conjunto de cantidades necesarias de factores, que en su frontera inferior, en la igualdad estricta, especifica una isocuanta. Para el caso de la empresa que produce un único bien este conjunto se representa como:

- $V(Y) = \{x \text{ en } R_+^n : (Y, -x) \in Y\}$ . En este caso  $x$  es un vector de inputs, que toma valores en los reales positivo, e  $(Y, -x)$  es combinación de producciones netas.  $V(Y)$  significa el conjunto de inputs que al menos generan el nivel  $Y$  de producción. Grupo de técnicas que como mínimo ofrece el mismo nivel de producción.

Acilaremos ahora el concepto de isocuanta. Éste se define como el conjunto de combinaciones de inputs que exactamente generan el nivel de producción  $Y$ . Cada combinación de inputs, vector  $x$ , es un método técnicamente eficiente en la producción de  $Y$ . La isocuanta se representa por:

- $Q(Y) = \{x \text{ en } R_+^n : x \in V(Y) \text{ y } x \notin V(Y') \text{ cuando } Y' > Y\}$

La herramienta neoclásica para el estudio del cambio tecnológico es la función de producción. Ésta es una construcción abstracta que pretende expresar las reglas técnicas mediante las cuales se transforman los inputs en outputs; como función para cada vector de inputs, se obtiene, a través de alguna regla de transformación, un nivel de producción  $f(x)$  perteneciente a los reales. Se supone que la función de producción presenta rendimientos marginales decrecientes en el corto plazo. Su representación es la siguiente:

- $f(x) = \{Y \text{ en } R : Y \text{ es el nivel máximo para } -x \text{ en } Y\}$

El último elemento descriptivo de la tecnología es el conjunto de planes de producción tecnológicamente eficiente. Un plan de producción es tecnológicamente eficiente si no existe otro que produzca un mayor nivel de producción con la misma cantidad de inputs o, igualmente, si no existe otro plan de producción que genere el mismo nivel de output con menos inputs, hecho realizado con mejores técnicas. Este conjunto se representa por medio de la función de transformación  $n$ -tupla para  $R^n$  que, como frontera de posibilidades de producción, muestra alternativas de producción total mediante el empleo de todos los inputs con las mejoras técnicas a su disposición. Formalmente se representa por:

- $T: R^n \rightarrow R \Leftrightarrow T(y) = 0$ .

La anterior descripción es un esfuerzo por relacionar las tecnologías concretas con las posibilidades de producción. Para los propósitos del análisis económico neoclásico, la tecnología así descrita cumple las siguientes propiedades o supuestos.

### 2.1.1 Monotonía

Si el vector de inputs  $x$  pertenece al conjunto de cantidades necesarias de factores  $V(Y)$ , si otro vector de inputs  $x' \geq x$ , se concluye que  $x'$  pertenece a  $V(Y)$ . Si  $x' \geq x$ , significa que  $x'$  tiene como mínimo la misma cantidad de inputs que  $x$  (es el caso de la igualdad estricta), así, entonces,  $x'$  es una manera viable de obtener el nivel de producción  $Y$ ; si  $x$  es posible,  $x'$  también lo es. En este caso, el conjunto  $V(Y)$  es monótono. La monotonía igualmente se aplica al conjunto  $Y$ .

### 2.1.2 Convexidad

Se supone que los conjuntos  $V(Y)$  e  $Y$  son convexos. En el caso del conjunto de cantidades

necesarias de factores, dado dos factores  $x$  y  $x' \in V(Y)$ , al multiplicar cada factor por el término  $\lambda$ , tenemos que  $\lambda x + (1 - \lambda) x' \in V(Y)$ ; es decir  $V(Y)$  es un conjunto convexo. Al cumplirse esta propiedad se generan funciones de producción cuasi-cóncavas e isocuantas convexas. Formalmente, una función de producción es cuasi-cóncava en una región si cumple

$$f[\lambda x^1 + (1 - \lambda) x^2] \geq \min[f(x^1), f(x^2)]$$

una función de producción es cóncava si

$$f[\lambda x^1 + (1 - \lambda) x^2] \geq [\lambda f(x^1) + (1 - \lambda) f(x^2)]$$

y será estrictamente cóncava si se verifica la desigualdad. En el caso de las funciones convexas verifican la desigualdad

$$f[\lambda x^1 + (1 - \lambda) x^2] \leq [\lambda f(x^1) + (1 - \lambda) f(x^2)]$$

Intuitivamente, si una función en su dominio da lugar a una colina es cóncava, si forma un valle es convexa. La ventaja de estas propiedades consiste en que una vez desarrolladas las condiciones de primer orden, la concavidad estricta reemplaza las condiciones de segundo orden como condición suficiente para un máximo relativo (en un subconjunto de su dominio), y la convexidad estricta para un mínimo relativo; se asegura así que la solución existe y es única (Chiang, 1987).

### 2.1.3 Regularidad

Se supone, además, que existe por lo menos una manera de obtener un nivel de producción cualquiera, es decir  $V(Y)$  es un conjunto no vacío y tiene su frontera.

## 2.2 La conducta racional del empresario

El empresario es racional, en este contexto, si obtiene el máximo nivel de producción posible de un vector de inputs, dada la restricción de su presupuesto. Determinar el máximo condicionado

es el procedimiento para la selección de la mejor tecnología de producción. Sin embargo, la descripción anterior de la tecnología es demasiado general como para poder decir algo; para el análisis debemos suponer una aplicación, por medio de una regla específica, del vector  $x$  de inputs en el conjunto de posibilidades de producción. Las transformaciones más usadas por los economistas son las funciones de producción Cobb-Douglas y las de elasticidad de sustitución constantes CES. Utilizando el enfoque neoclásico estándar, suponemos una función Cobb-Douglas con dos inputs, capital ( $K$ ) y trabajo ( $L$ ), que genera un output homogéneo (es decir, un producto idéntico en precio y calidad al producto de otro empresario en competencia perfecta), es ésta además continua y su primera y segunda derivada existen; no se considera el caso de producción conjunta. En la categoría  $K$  se suele incluir a la maquinaria, equipo, materia prima, tierra, etc;  $L$  se asume como hora-trabajo.

En la maximización de la producción (y selección de técnica de producción) el concepto fundamental es el de sustitución. Éste es la posibilidad de sustituir un factor, aumentando el nivel del otro, sin que la producción cambie de nivel; para su ilustración se recurre a la isocuanta. Bajo este supuesto, el problema económico consiste en elegir aquella combinación de inputs (capital y trabajo) que posibilite alcanzar la curva de isocuanta más alta (mayor producción posible) dada la restricción presupuestal (la ecuación de balance o isocosto).

El modelo matemático es el siguiente

- Función de producción Cobb - Douglas:

$$f(x) = q = L^\alpha K^\beta;$$

suponemos que  $\alpha + \beta = 1$ .

Esta función es homogénea de grado 1, con rendimientos constantes a escala y estrictamente cóncava (ya que

$$F_{ll}, F_{kk} < 0; F_{ll} F_{kk} - F_{lk}^2 > 0) \text{ (ver Nota 1).}$$

Esta función origina isocuantas que delimitan conjuntos convexos de requerimientos de inputs (ver Nota 2).

- La isocuanta se construye suponiendo un nivel dado de producción (es constante), para obtener distintas combinaciones de  $L, K$  que originan ese nivel de output fijo. La ecuación se obtiene despejando  $K$  de la función de producción; ésta es:

$$Q(Y) = K = q_0^{1/\beta} L^{-\alpha/\beta}.$$

- La pendiente de la tangente en un punto de la isocuanta es la relación técnica de sustitución de inputs (RTS). Se determina como la razón entre las productividades marginales de los inputs trabajo y capital (es decir, la razón de las derivadas parciales de la función de producción con respecto a los factores de producción); es además decreciente y se representa como:

$$RTS = \frac{F_L}{F_K} = - \frac{dk}{dl}$$

Derivando parcialmente la función de producción por los factores y hallando la razón de las productividades marginales, tenemos que

$$RTS = \frac{\alpha L^{\alpha-1} K^{\beta}}{\beta L^{\alpha} K^{\beta-1}} = \frac{\alpha}{\beta} \cdot \frac{K}{L}$$

La forma de la isocuanta, en este caso, corresponde a la RTS intermedia entre la perfecta sustitución y perfecta complementariedad; se supone, en consecuencia, que la sustitución de factores es posible. La elasticidad de sustitución de factores de esta isocuanta es  $\sigma = 1$ , valor que está entre la función de producción lineal, con  $\sigma = \infty$ , y la tecnología de Leontief o función de producción de proporciones  $K/L$  constantes, con  $\sigma = 0$ . Rho ( $\sigma$ ) es un número que mide el ritmo al que se presenta la sustitución de un factor por otro; Se calcula como:

$$\sigma = \frac{d \ln(K/L)}{d \ln(RTS)}. \text{ Pero RTS es } \frac{\alpha}{\beta} \cdot \frac{K}{L}$$

entonces

$$\sigma = \frac{d \ln(K/L)}{d \ln(\alpha/\beta \cdot K/L)} = 1 \text{ (ver Nota 3)}$$

- El empresario adquiere capital y trabajo en el mercado perfectamente competitivo a precios constantes (es precio aceptante). Su ecuación de balance es  $c_0 = P_K K + P_L L$ , con  $P_K, P_L$  como precios del capital y trabajo, respectivamente. La línea de isocosto, que representa el locus geométrico de todas las combinaciones de  $K$  y  $L$  que el empresario puede adquirir con un costo total determinado (presupuesto fijo), se obtiene despejando  $K$  de la ecuación de balance; La pendiente de esta línea es la negativa de la relación de los precios ( $-P_L/P_K$ ).

La maximización de la producción, y con ella la selección de técnicas, es un caso de máximo condicionado que se resuelve por el método del Multiplicador de Lagrange. La función de lagrange es:

$$\mathcal{L} = L^{\alpha} K^{\beta} + \lambda (C_0 - P_L L - P_K K).$$

Las condiciones de primer orden para un máximo se obtiene derivando parcialmente por  $L, K, \lambda$ . Resolviendo el sistemas de ecuaciones resultante, la condición de equilibrio se traduce en  $\frac{F_L}{F_K} = \frac{P_L}{P_K}$ ;

pero, como

$$RTS = \frac{F_L}{F_K}, \text{ por lo tanto}$$

$$RTS = \frac{\alpha}{\beta} \cdot \frac{K}{L} = \frac{P_L}{P_K}.$$

Esto es, la producción se maximiza cuando la razón de las productividades marginales de los inputs (RTS) es igual a la relación de los precios; en otras palabras, cuando la pendiente de la línea de isocosto es igual (tangente) a la pendiente de la curva isocuanta. Los valores de  $K$  y  $L$  que cumplen esta condición son óptimos y es la composición de factores que el empresario adquiere; esta composición es la técnica específica de producción seleccionada, óptima y perteneciente al conjunto de posibilidades de producción tecnológicamente viable. Las condiciones de segundo grado para el máximo se verifican, al ser la función de producción regular, estrictamente cóncava y la isocuanta convexa (ver Nota 4). Ésta es la forma como la empresa sabe ex ante cuál es la elección correcta.

La selección de técnicas es un análisis de decisión económica en abstracto. El productor racional es un individuo que actúa aislado en función de su interés, relacionándose con el mercado de outputs e inputs a través de los precios. Al ser precio aceptante, el productor ajusta sus decisiones a los cambios en las condiciones competitivas (en los precios) y en la restricción presupuestal. El cambio tecnológico, entendido en este marco como la incorporación de una nueva técnica (innovación) debido a los ajustes que realiza el empresario ante el cambio de las condiciones competitivas, es el resultado del proceso de elección racional. La expresión del cambio tecnológico es a través de la mayor productividad de los factores, ya que la mayor parte de la innovación se incorpora en los inputs.

Las innovaciones técnicas son introducidas a la empresa debido al cambio en los precios relativos de los factores productivos. Si el precio del capital se incrementa, la empresa introduce innovaciones técnicas ahorradoras de capital e incorpora más trabajo; sustituye capital por trabajo. Al contrario, si el precio del trabajo se incrementa (si aumenta los salarios) se recurre a innovaciones técnicas ahorradoras de trabajo o

intensivas en capital; el incentivo para la mecanización son los salarios altos. El factor más costoso estimula la innovación tecnológica intensiva, en el factor más barato. La tendencia de los factores y el ritmo de la difusión de la innovación se explican por esta acción racional, en el enfoque neoclásico.

### 3. LA TASA DE PERFECCIONAMIENTO DE LA EFICIENCIA TÉCNICA

La economía neoclásica concibe el cambio tecnológico como una acción dirigida hacia la meta de la maximización. Esta acción se traduce en la elección de la mejor técnica de un conjunto posible y perteneciente al caudal de información y conocimiento libremente disponible a la empresa. El cambio tecnológico es, en esta corriente, sustitución de técnicas con el propósito de perfeccionar los métodos de producción (eficiencia técnica) e incrementar la productividad de los inputs; la empresa usa una técnica específica porque maximiza la ganancia. El cambio tecnológico se explica, entonces, a la luz de la acción racional del empresario.

Las nuevas y mejores tecnologías entran a la empresa porque posibilitan mayores niveles de producción con los mismos niveles de inputs o el mismo nivel de output con menor cantidad de inputs, siendo esta última opción una reducción en los costos totales. Sin embargo, el Pensamiento Neoclásico no explica el origen o las causas del cambio tecnológico, ya que se limita a describir el impacto de éste sobre la función de producción y las condiciones de equilibrio del empresario.

El cambio tecnológico, en el sentido del perfeccionamiento de la eficiencia técnica, o del mejoramiento de la tecnología de producción como resultado del desarrollo y aplicación de nuevas o mejores formas de generar productos, es denominado por el Pensamiento Neoclásico progreso tecnológico. Las mejoras tecnológicas se manifiestan desplazando hacia arriba, en un plano de dos coordenadas, a la función de producción, o hacia abajo la curva de isocuanta. De acuerdo con sus efectos sobre las

productividades marginales de los factores, el progreso tecnológico puede ser intensivo en capital, en trabajo o neutro.

El desplazamiento de la producción del punto A al punto B se explica por las mejoras tecnológicas (ver Figura 1). La tasa del progreso técnico es posible medirse, o inferirse, desde la función de producción, adicionando un factor (A) que represente dicho progreso que suele suponerse exógeno, neutro y dependiente del tiempo. En el nuevo factor se incluye los demás elementos no contemplados en los niveles de capital y trabajo, como son el conocimiento, la educación, la economía de escala, el cambio organizacional, entre otros.

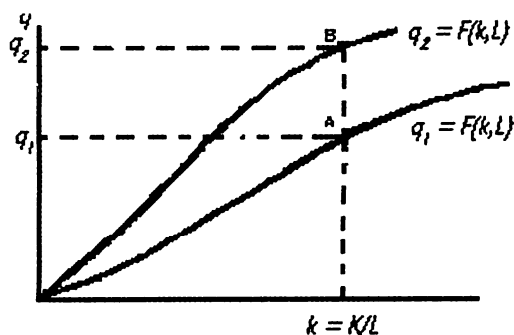


Figura 1. Desplazamiento de la función de producción

El proceso de medición del progreso tecnológico es el siguiente:

- En la función de producción Cobb- Douglas se incorpora el factor A como representación del progreso técnico o estado de la tecnología. La función de producción es  $q = A_{(T)} f(L, K)$ . tomando la derivada total de esta función y luego dividimos el resultado por  $q$  (para obtener tasas de crecimiento) tenemos (ver Nota 5):

$$\frac{dq/dt}{q} = \frac{dA/dt}{A} + \frac{df}{dK} \cdot \frac{K}{f(L, K)} \cdot \frac{dK/dt}{K} + \frac{df}{dL} \cdot \frac{L}{f(K, L)} \cdot \frac{dL/dt}{L}$$

Ahora, como

$\frac{dq/dt}{q} = \Psi$ , es la tasa de crecimiento de la producción;

$\frac{dA/dt}{A} = \delta$ , la tasa del progreso tecnológico;

$\frac{dK/dt}{K} = \varphi$ , la tasa de crecimiento del factor K;

$\frac{dL/dt}{L} = \omega$ , la tasa de crecimiento del factor L;

y además,

$\frac{df}{dK} \cdot \frac{K}{f(L, K)}$  es la productividad marginal del capital multiplicada por el inverso de su productividad media, es decir, la elasticidad de la producción con respecto a la cantidad de K, representado por

$$\varepsilon_K; y \frac{df}{dL} \cdot \frac{L}{f(K, L)}$$

es la elasticidad de la producción con respecto a la cantidad de L, o sea  $\varepsilon_L$ . Se tiene que el crecimiento de la producción es  $\Psi = \delta + \varepsilon_K \varphi + \varepsilon_L \omega$ . Si se despeja  $\delta$  de esta última ecuación, se obtiene la medida del progreso técnico.

Este modelo explica la forma como participa cada componte en el crecimiento de la producción. La producción de la empresa, y en general de un país, depende de la tasa de crecimiento de los inputs u oferta de factores productivos y del progreso tecnológico. El crecimiento debido al cambio en el nivel de los inputs se representa por un movimiento sobre la misma curva de producción; el debido al progreso tecnológico, como un desplazamiento entre curvas de producción. Bajo este modelo el crecimiento no explicado por el incremento de los inputs, se debe al crecimiento en la productividad total de los factores; el progreso técnico es lo que explica el crecimiento de la producción, si permanece constante el nivel utilizado de los factores.

Sin embargo no explica, como ya se

mencionó, las causas, el ritmo y tendencias del cambio tecnológico. El cambio tecnológico ha sido abordado, en este enfoque, como un residuo, como una variable en la cual se incluye todo lo demás que tiene alguna relación funcional con la producción y no contemplado en las categorías capital y trabajo. (Solow, 1971) utiliza el concepto "cambio técnico" para señalar cualquier tipo de desplazamiento de la función de producción; por ello, "los retardos, aceleraciones, las mejoras en la educación de la fuerza de trabajo, y toda clase de cosas, aparecen como un cambio técnico" (Solow, 1971). La expresión cambio técnico se aplica a todas las fuentes de crecimiento de la producción, excepto en los cambios (mayor dotación) de capital y trabajo; por ello, la relación crecimiento económico y tecnología se presenta a través del aumento en la productividad.

#### 4. LA ESTERILIDAD DE LA TEORÍA NEOCLÁSICA PARA EXPLICAR EL CAMBIO TECNOLÓGICO

"Debemos decir rotundamente que la teoría neoclásica no se adapta bien a esta tarea. Es una herramienta sumamente eficiente para explicar el equilibrio en la vida económica, incluyendo los equilibrios inter- temporales, el crecimiento del estado fijo y otros fenómenos que se producen en el tiempo lógico, en oposición al tiempo histórico" (Elester)

En los estudios sociales de ciencia y tecnología (CTS), la construcción teórica neoclásica se clasifica como un tipo de estudio descriptivo. Al suponerse que la tecnología es información disponible, que no requiere ser explicada, este análisis teórico centra su interés en la relación de precios relativos y la asignación de los recursos escasos. De esta manera, la teoría neoclásica no asume la problemática del fenómeno tecnológico, limitándose sólo a señalar los efectos sobre la producción y el crecimiento.

Para los economistas es familiar el arsenal de críticas realizadas a esta corriente teórica. Un caso sobresaliente en la historia del pensamiento

económico, (Keynes, 1983) hizo una renovación teórica en economía, utilizando el término clásica, se expresa en los siguientes términos: "Los postulados de la teoría clásica sólo son aplicables a un caso especial, y no en general, porque las condiciones que supone son un caso extremo de todas las posiciones posibles del equilibrio. Más aún, las características del caso especial supuesto por la teoría clásica no son las de la sociedad económica en las que hoy vivimos, razón por la que sus enseñanzas engañan y son desastrosas si intentamos aplicarlas a los hechos reales". Su crítica se centra en el realismo de los supuestos y en las enseñanzas de los teoremas neoclásicos; no en su estructura lógica.

La actitud científica crítica debe dar cuenta de la construcción de las premisas o postulados, de si el análisis se encuentra libre de fallas, si las prognosis o teoremas se derivan como consecuencia lógica, y si éstos últimos ofrecen explicaciones o dan cuenta de los fenómenos estudiados. En este marco, para abordar la crítica al modelo neoclásico se formula la siguientes tesis: la teoría neoclásica estándar es estéril para explicar el fenómeno del cambio, y en especial el cambio tecnológico, debido a la ausencia de realismo de sus postulados, ofreciendo en consecuencia explicaciones teóricas que no dan cuenta de dicha realidad.

En general, una primera razón consiste en que, en dicha corriente, el conocimiento fáctico no se utiliza en la formulación de las premisas, lo que limita la investigación a un marco lógico abstracto alejado de la realidad. Por ello, sus teoremas, al no ofrecer conocimiento sobre la realidad estudiada, no son útiles como explicación; los supuestos y teoremas del aparato teórico adolecen de sentido empírico o de contenido económico que de cuenta de la realidad. Si en la teoría neoclásica la abstracción hace que el cambio tecnológico sea tratado como variable exógena, es palmario que resulte inadecuada para explicarlo. "El esfuerzo por comprender la realidad se convierte en científica cuando está preparado conscientemente para cambiar o adaptar sus símbolos a los hechos que surgen en su existencia humana y física". La actividad científica es estéril cuando la teorización y los hechos no están mutuamente relacionados.

El lenguaje revela las preocupaciones del



enfoque neoclásico. El interés exclusivo son los problemas de los precios relativos y la asignación eficiente de los recursos en procura de los máximos y el bienestar general; este interés conduce a la economía neoclásica a formular teoremas y proposiciones incompatibles con la realidad, carentes de sentido en la práctica. Por lo tanto, es preciso el desarrollo de un marco conceptual y teórico que integre orgánicamente en sus explicaciones el objeto tecnológico en su complejidad, articulando los fenómenos de invención (investigación y desarrollo), innovación y cambio técnico. Considerar la tecnología como variable estratégica en las explicaciones económicas, implica romper con el modelo neoclásico y elaborar una nueva interpretación. Éste es el trabajo realizado por la corriente evolucionista de la economía del cambio tecnológico (que será objeto de presentación en otro ensayo).

El análisis neoclásico de la selección de técnica de producción, descansa sobre tres hipótesis básicas: la competencia perfecta, la conducta maximizadora y la sustitución de inputs. La competencia perfecta es el modelo base de la microeconomía, en donde se supone la existencia de un número grande de pequeños productores y consumidores precios aceptantes, información perfecta sobre productos, precios y mercados, incluyendo la referida a las tecnologías. La conducta maximizadora es un principio unificador de la teoría neoclásica, ya que todo problema económico es tratado como acciones racionales sujetas a restricciones; el supuesto de sustitución implica que cada punto de la isocuanta es igualmente accesible al empresario. Bajo estos supuestos, el teorema fundamental es que la selección de técnica de producción está determinada por los precios relativos de los inputs capital ( $K$ ) y trabajo ( $L$ ).

La tecnología como información, conceptualizada en la función de producción, realmente no es un bien público. Existen límites en la información debido al conocimiento tácito que algunos agentes utilizan para el desarrollo de productos y procesos, a la protección del conocimiento por medio de patentes, derechos de autor y secretos industriales. Además, las tecnologías de las empresas, en muchas ocasiones, son el resultado de la acumulación de cambios incrementales originados en el

aprendizaje tecnológico y en las actividades de investigación y desarrollo (I&D) ejecutadas en los laboratorios industriales. El componente público de la información se encuentra en el conocimiento de las ciencias naturales, sistematizado en series de revistas, libros, y socializados por universidades y centros de investigación. Pero el conocimiento tácito, logrado por el aprendizaje interno de la empresa y el protegido, no están disponibles en el conjunto de posibilidades de la empresa. Estas observaciones permiten el rechazo de la función de producción como construcción teórica del estado del conocimiento tecnológico, y del supuesto de perfecta información. La empresa tiene conocimiento detallado de la tecnología que ella usa; si por alguna razón ésta tiene que cambiar de tecnología, debe buscarla, fenómeno que implica costo y la no certeza de adquirir la óptima. Romper con el concepto de tecnología como información es dirigir la investigación sobre sus características y relaciones constitutivas: es "abrir la caja negra".

En el campo de la conducta maximizadora, dos ideas asumen la crítica. En primer lugar, no existe un principio único que imponga a la empresa, una conducta coherente de propósitos y; en segundo lugar, el proceso de selección de técnicas no tiene porque dirigirse hacia la opción maximizadora. Si el móvil de la producción capitalista es la ganancia, los empresarios no necesariamente se rigen por el máximo posible; los empresarios aceptan un nivel de ingresos netos de acuerdo con las condiciones (piénsese en los casos de crisis económica). No hay razón para pensar que el empresario tenga que actuar en condiciones de máximo; ésta es sólo una posibilidad teórica. En condiciones de competencia, con acción conjunta de todos los empresarios, la situación de máximo general no es posible.

La selección de técnicas sigue una lógica distinta y es un fenómeno ex-post. La selección no ocurre sobre un conjunto de posibilidades de producción, como lo supone el enfoque neoclásico, sino sobre las ya existentes y conocidas por el empresario: sobre las que ya tiene y actúa; la empresa no tiene certidumbre sobre la elección, porque una de las características del cambio tecnológico es la de ser incierto, por ello aleatorio y probabilístico. La

empresa escudriña la técnica aleatoriamente, incluso en su interior, cuando desarrolla proyectos tecnológicos de I&D con base en su propio conocimiento y aprendizaje tecnológico; para luego decidir sobre la base de satisfacer y no del optimizar. "La satisfacción es compatible con una amplia gama de patrones de comportamiento, y apelar a ella no proporciona una teoría de la conducta empresarial".

La innovación se caracteriza por la incertidumbre de sus resultados. Existe incertidumbre técnica, referida a la posibilidad de logro de los productos y/o procesos; incertidumbre en los mercados, referida a la posibilidad comercial. Un programa de investigación y desarrollo con grandes recursos puede generar pocos resultados y, por el contrario, un proyecto de I&D con pocos recursos puede generar grandes resultados. Los resultados de las innovaciones no se pueden predecir con certeza, éstos son probabilísticos, no deterministas. Esta noción es un elemento adicional que invita a romper con la perspectiva neoclásica. Si la innovación es incierta, la selección no es determinista y la maximización no es posible; existe bastante incertidumbre para ser racional. La decisión debe contemplar explícitamente la incertidumbre.

El supuesto de la sustitución asume que cada punto de la isocuanta es accesible al empresario. Si existe un cambio en los precios relativos de los factores, la condición de equilibrio cambia a un nuevo lugar de tangencia entre la línea de isocosto y la curva de isocuanta; lo anterior se representa como un movimiento sobre la misma isocuanta hacia el nuevo locus óptimo. En este contexto, innovación-cambio tecnológico es como la sustitución. Si el precio de un factor productivo asciende, por ejemplo de input L, se genera una tendencia innovadora ahorradora de trabajo (intensiva en capital), sustituyendo trabajo por capital; según lo anterior, el cambio en los precios relativos de los inputs es un estímulo a la innovación (sustitución de tecnología que busca economizar el factor costoso). Sin embargo, este proceso no puede ser explicado por el comportamiento racional, pues si para el empresario individual es deseable la sustitución, en condiciones de competencia, es decir socialmente, no es posible que la situación se presente. La razón es simple. Si crece el precio

de L, se generan condiciones para innovar técnicas intensivas en capital, pero a su vez, un precio alto incentiva la oferta de L; ambos casos conducen a pensar que los precios de L no van a ascender, y por ello no se genera las condiciones para la innovación; pero, a su vez, lo anterior conduce a pensar que el precio de L subirá y por ello...Es decir, este proceso social de sustitución presenta la característica de estrategia; se cumple sólo para el empresario individual, no en la competencia. En el fenómeno de la innovación, la incorporación de una nueva técnica, no puede explicarse por la elección racional. Adicionalmente, la noción de accesibilidad tecnológica supuesta en la hipótesis de sustitución de factores, implica la existencia de un recurso humano plenamente capacitado para actuar con las nuevas técnicas de producción, situación que no se corresponde con la realidad.

La función de producción presenta rendimientos marginales decrecientes. Esta propiedad plantea la posibilidad de retroacciones negativas que conducen al restablecimiento del equilibrio de la producción. Sin embargo, en aquellos sectores donde el conocimiento es importante, como en el farmacéutico, los computadores, la biotecnología, la microelectrónica, etc., los rendimientos decrecientes no se presentan. Allí se presentan retroacciones positivas y rendimientos crecientes, que no hace posible el restablecimiento del equilibrio de la producción en condiciones competitivas.

Por último, el teorema fundamental considera como determinante de la selección de técnicas de producción, a los precios relativos de los factores productivos, es decir, que la adopción de técnicas obedece exclusivamente a los precios relativos del capital y el trabajo. Para rechazar este teorema, es suficiente reseñar el trabajo de Guillermo Vitelli, en el que se presenta la diversidad de variables que determinan la selección de técnicas; al respecto dice: "A partir de la sistematización de los diferentes estudios detallados es posible rechazar totalmente las explicaciones monocausales referidas al comportamiento empresarial, ya que en la simple selección de una técnica influyen por lo menos setenta y cinco factores distintos". Estructurando estos factores distintos en nueve categorías, Vitelli señala que dicha selección depende de "el

tamaño y la composición de la demanda, la estructura de la oferta, dinámica de los precios de los factores, las economías de escala, la apropiación de las ganancias, el nivel y las desigualdades relativas en la información, las imperfecciones en la dirección empresarial, las restricciones técnicas, la estructura y el carácter de la economía”.

Los elementos críticos planteados en esta parte, son algunos argumentos que fundamentan la idea de la esterilidad de la teoría neoclásica para tratar el fenómeno del cambio tecnológico.

## 5. CONCLUSIONES

La teoría económica neoclásica de la selección de técnica de producción, no es adecuada para explicar el fenómeno del cambio tecnológico. Son dos razones las que soportan esta afirmación. En primer lugar, debido a la ausencia de realismo de sus supuestos y, en segundo lugar, porque la prognosis teórica de la selección de técnica no da cuenta de dicho fenómeno. Abordar el problema de la selección de técnicas de producción solo desde los precios relativos de los factores productivos básicos, es ofrecer una explicación monocausal que no se corresponde con los hechos y naturaleza del cambio tecnológico.

La crítica relacionada con la ausencia de realismo de los supuestos neoclásicos, se centra en el desarrollo de argumentos en contra de la posibilidad de la conducta maximizadora, la tecnología como información disponible, del supuesto de sustitución y la certidumbre en la elección; estos argumentos tienen como fundamento la teoría económica evolucionista del cambio tecnológico. Para la crítica y el rechazo del teorema fundamental, se recurre al trabajo de Guillermo Vitelli que identifica en la selección de técnicas de producción, la intervención de por lo menos setenta y cinco variables diferentes.

Éstas son las razones que conduce a calificar la teoría neoclásica de estéril para explicar el fenómeno del cambio tecnológico.

## NOTAS

### 1. Homogénea porque

$$f(mK, mL) = (mL)^\alpha \cdot (mK)^\beta = m^{\alpha+\beta} \cdot L^\alpha \cdot K^\beta \\ = m^{\alpha+\beta} f(L, K) = m f(L, K),$$

$$\text{con } \alpha + \beta = 1$$

### 2. La isocuanta es convexa porque la segunda derivada

$$\frac{d^2 K}{dL^2} = [\alpha(\alpha + \beta) / \beta^2] q^{\frac{1}{\beta}} L^{\frac{-(\alpha+\beta)}{\beta}} > 0$$

### 3 Si la RTS no varía cuando cambia la relación $K/L$ , la sustitución es fácil ( $\sigma = \infty$ ); si la relación $K/L$ no varía, la sustitución es difícil ( $\sigma = 0$ ). Para este concepto, como el de relación técnica de sustitución y función de producción, ver (Varian, 92).

### 4 La isocuanta al delimitar conjuntos convexos, garantiza que la solución existe y es única. La prueba de segundo orden es verificar que el determinante del Hessiano orlado es mayor que cero; Si $|H_2| > 0$ , el Hessiano es definido negativo, cumpliéndose así las condiciones de segundo grado para un máximo.

### 5 Es necesario tener presente que $A(t) = \frac{g}{f(k,l)}$ , y además que $f(k,l) = \frac{q}{A(t)}$ . (Nicholson, 1997).

## REFERENCIAS

- Bhatt, V. La esterilidad de la economía del equilibrio: un aspecto de la sociología de la ciencia. *Cuadernos de Economía. Universidad Nacional de Colombia*, Santafé de Bogotá, No 32, 155-178, 2000
- Bravo, A. *Innovaciones teóricas en la economía del cambio tecnológico*. Nuevas meditaciones

- sobre la técnica. España, 217-235, 1995.
- Cimoli, M. y Dosi, G. De los paradigmas tecnológicos a los sistemas nacionales de producción e innovación. *Revista comercio exterior, Banco del Comercio de México*, México, 1994.
- Chiang, A. *Métodos fundamentales de economía matemática*. Mc Graw Hill, 313-376, España, 1987.
- Deninson, E. El crecimiento económico de los Estados Unidos. *Economía del cambio tecnológico. Fondo de cultura económica. Lecturas del trimestre económico*, No 31, 337-354, México, 1971.
- Dornbusch, R. y Fischer, S. *Macroeconomía*, Mc Graw Hill, España, 1984.
- Elester, J. *El cambio tecnológico. Investigación sobre la racionalidad y la transformación social*. España, 89-102, 1992.
- Hicks, J. *Valor y capital*. Fondo de cultura económica, 86-110, Bogotá, 1977
- Keynes, J. *La teoría general de la ocupación el interés y el dinero*. Fondo de cultura económica, Bogotá, 1983.
- Lujan, J. *El estudio social de la tecnología*. Estudios sobre sociedad y tecnología. Barcelona, 1992.
- Machado, F. Administración eficiente de la innovación tecnológica en los países en desarrollo. *Revista Comercio Exterior, Banco de Comercio de México*, México, 1998.
- Nelson, R. El papel de las divergencias entre empresas en una teoría evolucionista del avance técnico. [www.oei.es/ctsdocumentos.htm#aa](http://www.oei.es/ctsdocumentos.htm#aa). Marzo 31 de 1999.
- Nelson, R. y Winter, S. En busca de una teoría útil de la innovación. *Cuadernos de Economía. Universidad Nacional de Colombia*, No 32. 179-223, Santafé de Bogotá, 2000.
- Nichosol, W. *Teoría microeconómica*. Principios básicos y aplicaciones. Mc Graw Hill, 202-222, España, 1997.
- San martín, J. *Tecnología y futuro humano*, p.35-56, España, 1990.
- Santos, L. *Teoría económica de la innovación tecnológica*. [www.uasnet.mx./des/revista/No45/santos.htm](http://www.uasnet.mx./des/revista/No45/santos.htm). Marzo 3 de 1999.
- Schumpeter, J. *Historia del análisis económico*, España, 1994.
- Solow, R. El cambio técnico y la función de producción agregada. *Economía del cambio tecnológico. Fondo de cultura económica. Lecturas del trimestre económico* No 31, 319-336, México, 1971.
- Varian, H. *Análisis Microeconómico*. Antoni Bosch, p.3-27, España, 1992.
- Veblen, T. Las limitaciones de la utilidad marginal. *Cuadernos de Economía. Universidad Nacional de Colombia* No 32, 225-241, Santafé de Bogotá, 2000.
- Vitelli, G. La caótica economía del cambio tecnológico: una sistematización a partir de la selección de técnicas. *El Trimestre Económico. México: Fondo de Cultura Económica*, 645-701, México, 1982.