

# El efecto del progreso técnico en el tipo de cambio real. Un análisis sectorial

MARÍA TERESA HERRERA RENDÓN-NEBEL\*

## RESUMEN

En el presente trabajo proponemos un análisis del impacto del progreso técnico sobre el tipo de cambio real particularizando en sus efectos para las economías en vías de desarrollo. La literatura tradicional afirma que todo progreso técnico provoca un efecto ingreso ocasionando una caída en los precios relativos o en el tipo de cambio real; nosotros sugerimos que no es siempre el caso, y que el impacto del progreso técnico no es directo, lo que provoca el efecto contrario sobre los precios relativos.

**Palabras clave:** progreso técnico, tipo de cambio real, efecto ingreso.

## ABSTRACT

We propose on the following work to analyze the impact of technical progress on the real exchange rate with special attention on the effects for less development countries. The traditional literature claims that all technical choc lead an income effect, this reach a decrease on relative price, but we sustain that is not always the case and that the technical progress impact is not direct and it can cause the opposite effect upon relative price.

**Key word:** technical progress, real exchange rate, income effect.

---

\* Institut de Hautes Études Internationales et du Développement. Correo electrónico: nebelmt@yahoo.fr

## INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de este trabajo es analizar el impacto del progreso técnico sobre los precios relativos en países con un bajo nivel de ingreso y aportar algunas ideas a los modelos de determinación del tipo de cambio real.

El impacto del progreso técnico en el nivel de precios relativos ha sido analizado desde Ricardo, y el progreso técnico se incluye actualmente como una de las variables fundamentales de los modelos de determinación del tipo de cambio real.

La literatura afirma que cualquier choque técnico provoca un efecto ingreso, es decir, incrementa la producción del sector donde se produce el cambio, lo que permite aumentar la demanda de bienes del resto de los sectores y provoca una caída en el nivel de precios relativos. Sin embargo, nosotros suponemos que existen ciertos casos donde el efecto ingreso no se verifica y donde el impacto sobre los precios relativos se invierte. Con el fin de comprobar nuestra hipótesis, analizamos los diferentes tipos de progreso técnico según la tradición de Allen (1967) y modificamos algunos supuestos de base que consideramos más adecuados a la realidad de los países en vías de desarrollo. Estos supuestos son: 1) Los bienes comerciables de exportación tienen una elasticidad ingreso de la demanda menor que uno; 2) Existe desempleo o no absorción de la mano de obra por los sectores productivos formales.

Así pues, proponemos una reflexión entorno a los efectos del progreso técnico sobre los precios relativos, utilizando un análisis intertemporal e intersectorial, y considerando sólo dos sectores de producción en la economía: el de bienes comerciables y el de bienes no comerciables.

El artículo está dividido en dos partes: en la primera definimos algunos conceptos básicos hacemos una revisión de la literatura relacionada con el impacto del progreso técnico sobre los precios relativos y finalmente damos algunas conclusiones. En la segunda parte, introducimos en el análisis las diferentes formas de progreso técnico de acuerdo a la clasificación de Allen (1967); enseguida abordamos los supuestos de base de los que partimos para

analizar los efectos del progreso técnico (PT) en el tipo de cambio real; después analizamos los efectos de cada uno de los PT y su impacto sobre el tipo de cambio real, y finalmente presentamos nuestras conclusiones.

Cabe señalar que no pretendemos desarrollar un modelo de tipo de cambio real, sino únicamente aportar algunas ideas para los modelos de largo plazo que consideramos pertinentes.

## 1. TIPO DE CAMBIO REAL

### 1.1. Concepto

Definimos al tipo de cambio real como la relación de precios relativos entre los bienes comerciables y los bienes no comerciables (véase ecuación 1.1), donde:  $e$  es el tipo de cambio real actual,  $P_T$  el precios de los bienes comerciables, y  $P_N$  el precios de los bienes no comerciables. A lo largo del trabajo llamaremos a la relación  $P_T/P_N$ , nivel de precios de los bienes comerciables.

$$e = P_T/P_N \quad (1.1)$$

Según esta definición adoptaremos los conceptos de apreciación real y de depreciación real en términos de los movimientos en los precios relativos y su impacto en la competitividad de los bienes comerciables. Una caída en el tipo de cambio real generada por una caída en los precios de los bienes comerciables se traduciría en un impacto positivo en el nivel de competitividad de estos bienes al que llamaremos depreciación real. Por el contrario, cuando el precio de los bienes comerciables aumenta, diremos que estos bienes pierden competitividad, designándolo como apreciación real. Los bienes comerciables ( $B_T$ ) son definidos como aquellos bienes que pueden estar sujetos a exportación ( $B_X$ ) o importación ( $B_M$ ), y los bienes no comerciables son aquellos que no pueden ser comerciables a nivel internacional, como es el caso de los servicios.

Algunos autores como Edwards (1989), Stein y Polly (1995), y Williamson (1994) hacen una distinción entre el tipo de cambio real actual ( $e$ ) y el tipo de cambio real de equilibrio ( $e^*$ ),  $e$  es el tipo de cambio que prevalece actualmente. Definimos al equilibrio del tipo de cambio real ( $e^*$ ), siguiendo a Neary (1988:210), Edwards (1989:16), Williamson (1994:179), Stein (1992) y Wren-Lewis y Driver (1998:4), como el precio relativo de los bienes comerciables y no comerciables compatibles con el equilibrio macroeconómico, es decir, como el alcance simultáneo del equilibrio interno y del equilibrio externo. El equilibrio interno requiere que la demanda agregada de la producción doméstica sea igual a la oferta agregada de la producción doméstica bajo condiciones de pleno empleo y bajas tasas de inflación. El equilibrio externo se logra cuando el balance de la cuenta corriente es compatible con los flujos de capital sostenibles a largo plazo.

Una vez definidos estos conceptos abordaremos sus determinantes. De acuerdo con Edwards (1989), el tipo de cambio real actual ( $e$ ) está determinado por  $e^*$  (a su vez está determinado por variables fundamentales  $N$ ); por la política macroeconómica ( $Z$ ) (es decir, por las expectativas en la política macroeconómica, la política fiscal y la monetaria); y por los movimientos del tipo de cambio nominal ( $E$ ). Finalmente, depende del carácter permanente o temporal de la dinámica de las variables fundamentales y de la política macroeconómica (véase ecuación 1.2).

$$e = e^* - Z + E \quad (1.2)$$

Nosotros nos interesamos únicamente en analizar  $e^*$ , y suponemos que no hay cambios en el resto de las variables dadas por la ecuación 1.2. Así pues, tenemos que:

$$e = e^* \quad (1.3)$$

Algunas de las variables fundamentales ( $N$ ) analizadas por los autores arriba citados son el progreso técnico ( $\alpha$ ); los términos de intercambio ( $\tau_x$ ); los impuestos al comercio exterior ( $\tau_x$ ) y los

subsidios a las exportaciones ( $s_x$ ); los flujos de capital  $F_K$  (entrada y salida de capitales) y el consumo ( $C$ ) (véase ecuación 1.4).

$$e^* = f(\alpha, TI, TX, S_x, FK, C) \quad (1.4)$$

$$e^* = f(N) \quad (1.5)$$

Donde:  $e^*$  tipo de cambio real de equilibrio determinado por las variables fundamentales ( $N$ ).

$e^*$ , no es afectado solamente por las variables fundamentales en el periodo corriente sino también por su evolución futura. El comportamiento del  $e^*$  dependerá particularmente de si los cambios en las variables fundamentales son temporales o permanentes, de mediano o de largo plazos. Lo anterior nos sugiere que el equilibrio del tipo de cambio real no es estático sino dinámico. En este trabajo nos concentramos en analizar los efectos del progreso técnico sobre el equilibrio del tipo de cambio real, considerando el resto de las variables descritas en la ecuación 1.4 como constantes.

Finalmente, por progreso técnico ( $P_T$ ) entendemos el resultado de la implantación de una innovación capaz de mejorar los métodos de producción y mejorar la productividad a través de cambios en maquinas y de nuevas formas de organización del trabajo.

## 2. EL PROGRESO TÉCNICO Y LOS PRECIOS RELATIVOS

La constatación de una relación negativa entre el crecimiento económico y el equilibrio de los precios relativos entre el precio de los bienes comerciables ( $P_T$ ) y el precio de los bienes no comerciables ( $P_N$ ) ha sido tratada por varios autores. Uno de los primeros en abordar esta cuestión fue David Ricardo (1992: 145-146), quien afirma que el nivel de precios puede ser una función del ingreso real per capita. Más tarde, en una crítica a la teoría de la Paridad del Poder de Compra (PPC), Pigou menciona que los precios relativos entre los bienes comerciables y no comerciables tienden a ser diferentes entre países:

... a recent report of the Unites States Tariff Commission finds: Such products as wheat, copper, and cotton have about the same gold price the world over, after due allowance is made for the cost of transportation and artificial restraints of trade. On the other hand, there are many commodities, such as articles of fashion or peculiar foodstuffs, which rarely enter into international prices are adjusted locally with little reference to the prices of similar commodities in foreign countries [...] there is no reason to expect that the prices of the various sorts of non-traded and partially-traded goods will bear the same ratio to the prices of traded goods in different countries (Pigou, 1923: 52-74).

¿Cómo explicar este diferencial en el nivel de precios relativos subrayado por Pigou? Singer (1950), Prebisch (1959), Balassa (1964) y Samuelson (1964) señalan que la causa de tal diferencial entre precios relativos es la tasa de mejoramiento de la productividad, que es más alta en países con una tasa mayor de crecimiento. Singer se concentra en analizar la diferencia interna de productividades entre el sector de exportación y el sector interno; Prebisch se ocupa del diferencial de la velocidad del progreso técnico, de la baja absorción de la mano de obra, por el progreso técnico y de la elasticidad del ingreso de la demanda de los bienes comerciables entre los países periféricos y los centros. Balassa (1964) y Samuelson (1964) ponen en evidencia estos argumentos al demostrar que existen brechas en las tasas de crecimiento de la productividad sectorial, tanto a nivel doméstico como a nivel internacional. Con base en los datos de Balassa observamos que por un lado, las tasas de productividad de la industria de 1953 a 1961 entre los países de la muestra es de 3.78 en promedio, mientras que la de los servicios es de 2.2 en promedio, y la variación de las tasas de productividad por sector entre países es 1.08 más grande en el sector industrial que en el sector servicios, que tiene una varia-

ción de 0.8. Por el otro lado, constatamos una diferencia en el nivel de precios de manufactura entre países.

Estas evidencias son retomadas por diferentes autores, particularmente por Kravis (1976, 1984), Summer, Kravis y Heston (1980), Kravis y Lypsey (1983), y de Gregorio *et al.* (1994). Una aportación importante de Summer, Kravis y Heston al estudiar el nivel de precios de 34 países con diferentes niveles de ingreso es que el precio de los bienes comerciables y no comerciables difiere entre países pobres y ricos. El nivel de precios es más bajo en países con un nivel de ingreso inferior, particularmente el de los servicios.

Así pues, el diferencial en el precio de los bienes comerciables es menor con relación al de los bienes no comerciables. Este hallazgo ha fortalecido la idea de que, a nivel internacional, a pesar del diferencial prevaleciente en las tasas de productividad de los bienes comerciables, el precio de estos bienes tiende a seguir la ley de un solo precio. Mientras que “under the assumption of constant marginal rates of transformation, the relative price of the non-traded commodity will thus be higher in the country with higher productivity levels than in the other” (Balassa, 1964 : 585), los precios de los bienes no comerciables no siguen dicha ley, incluso cuando el diferencial en las tasas de productividad entre países sea menor. Aparentemente el diferencial en los ritmos de crecimiento de la productividad sectorial e internacional no es suficiente para explicar el diferencial de los precios relativos de los bienes comerciables.

Más tarde Summers, Kravis y Heston (1980), Kravis y Lipsey (1983) y Bhagwati (1984) explican el hecho de que los  $P_N$  sean más baratos en países con un nivel de ingreso inferior. Estos autores constatan que mientras los  $P_T$  son similares a nivel internacional, los salarios en la industria que produce bienes comerciables ( $B_T$ ) son diferentes de un país al otro y están guiados por las diferencias en el nivel de productividad:

...in each country the wage level established in the tradable goods industries will determine wages in the industries producing non tradable goods, mainly services. Because international productivity differences are smaller for such industries, the low wages established in poor countries in the low-productivity tradable goods industries will apply also to the not-so-low productivity service and other non tradable goods industries mainly services. The consequences will be low price in low-income countries for services and other non tradable goods, price levels tend to be lower in low-income than in high-income countries (Kravis y Lipsey, 1983: 5).

Bhagwati agrega que es necesario considerar igualmente las dotaciones comparativas de los factores de producción, y muestra que mientras los países ricos intensifican el factor capital con relación al trabajo, los países pobres intensifican este último. Sobre la dotación de los factores, Tille, Stoffels, y Gorbachev (2001: 4) mencionan que el crecimiento económico eleva el precio de los recursos escasos. La mano de obra puede considerarse un recurso escaso, lo que explicaría que en países desarrollados el precio de los servicios sea más caro, y que lo contrario sucedería en países con abundante mano de obra.

### **3. LOS MODELOS DE TIPO DE CAMBIO REAL**

Las aportaciones precedentes sin duda han influenciado el desarrollo de los modelos de tipo de cambio real, particularmente en materia de progreso técnico. Las aportaciones de Meade, Mundell (1961), Fleming (1962) y Dornbusch (1976) introducen, por un lado, el análisis simultáneo del equilibrio interno y externo dentro de una economía abierta y por el otro, incluyen la idea de los modelos intertemporales.



Entre los autores que han elaborado modelos del tipo de cambio real, podemos mencionar a Neary (1988), Edwards (1989), Williamson (1994), Stein y Polly (1995), y Connolly y Deveraux (1995). Dichos trabajos se concentran en analizar las variables fundamentales que determinan el tipo de cambio real a largo plazo. Los trabajos de Williamson son los más difundidos. Williamson desarrolla el modelo del equilibrio del tipo de cambio fundamental (FEER por sus siglas en inglés). El FEER es definido como el tipo de cambio real susceptible de mantener a mediano plazo la actividad económica en el nivel más alto posible, tomando en cuenta que es preciso mantener el equilibrio interno y externo. Williamson menciona que el FEER cambia a través del tiempo, y que este cambio se debe a los movimientos de las variables fundamentales. Según Williamson, una de las principales razones del cambio es que los niveles de inflación entre países son diferentes, *ceteris paribus*, la moneda con una tasa de inflación mayor necesita depreciarse a una tasa igual al diferencial de inflación con el fin de mantener su equilibrio.

Edwards (1989), por su parte, desarrolla un modelo cambiario real intertemporal de comercio internacional basado en la tradición de Dixit y Norman (1980). Al igual que Williamson, Edwards centra su análisis en el tipo de cambio real de equilibrio ( $e^*$ ).  $e^*$  está determinado por variables fundamentales como el progreso técnico, los términos de intercambio, los impuestos y los subsidios a la importación y a la exportación, los flujos de capital, los controles cambiarios, el gasto y la deuda fiscal del gobierno, y el crédito.

EL modelo desarrollado por Stein y Polly (1992 y 1994) es conocido como el NATREX (*Natural Real Exchange Rate*). Estos autores, al igual que otros, se concentran en  $e^*$ , el modelo del NATREX considera que el tipo de cambio real está determinado por variables fundamentales y que se ajusta a mediano y largo plazos según la tendencia de dichas variables. Es importante observar que el NATREX se refiere a un equilibrio en movimiento que responde a cambios continuos en los determinantes reales fundamentales ( $z$ ) tanto exógenos como endógenos. Entre los

primeros están la productividad doméstica ( $u$ ) y foránea ( $u^*$ ) y a la preferencia en el tiempo (*time preference*) doméstico ( $g$ ) y foráneo ( $g^*$ ), mismas que transmiten sus efectos a través de la inversión ( $i$ ) menos el ahorro ( $s$ ) y la tasa de interés real mundial ( $r^*$ ) para así determinar las variables endógenas. Estas últimas son el tipo de cambio real ( $R$ ), la balanza comercial ( $B$ ), la tasa de interés ( $r$ ), el capital ( $K$ ) y la deuda ( $F$ ). Es importante aclarar que este modelo fue elaborado de acuerdo con la realidad económica de países desarrollados, aunque existen aplicaciones para el caso de América Latina por Connolly y Devereux (1995).

Los diferentes autores citados coinciden en que una de las variables fundamentales es el progreso técnico, cuyo impacto provoca una caída en los precios relativos. Edwards (1989: 48) explica el impacto de un choque técnico desde el punto de vista de la demanda y de la oferta, y supone que cualquier tipo de choque técnico tendrá un efecto ingreso positivo, generando presiones positivas sobre la demanda de bienes no comerciables en ambos periodos y aumentando el precio de estos bienes. Este autor parte del supuesto de que el progreso técnico que se presenta es del tipo *factors-augmenting-technical-change* (FATC), por lo que el resultado será guiado por el principio de Rybczynski (1955: 337-338).<sup>1</sup> El efecto en  $e^*$ , dado un progreso técnico de la forma *factors-augmenting-technical-change* (FATC) o *product-augmenting-technical-change* (PATC) es una apreciación real, sin embargo, según Edwards

...under some conditions it is possible that the supply effects, generating an equilibrium real depreciation. This would be the case, for example, of product augmenting technological improvement that

---

<sup>1</sup> Nosotros consideramos que este tipo de progreso técnico es del tipo *no incorporado* y no puede ser aplicado el principio de Rybczynski ya que el modelo de Rybczynski supone una variación en los factores de producción mientras que los progresos técnicos neutrales aumentan la eficiencia de los factores de producción dejando constantes su dotación.

increases the availability of  $BN$  sufficiently to the point of generating an incipient excess supply, which will have to be resolved through an equilibrium real devaluation...

Otros autores, como Dixit y Norman mencionan que considerando un cambio técnico en la producción de un producto particular, y suponiendo un *product-augmenting*, el efecto sería un cambio en los precios en la misma proporción: "... one per cent change in  $\alpha$ , has the same effect on revenue as a one per cent change in  $\pi$ " (Dixit y Norman, 1980: 138). Stein y Polly (1995: 25) afirman que en el caso de un progreso técnico del tipo *FATC*, el efecto en  $e^*$  es una apreciación, definida la apreciación como una caída en los precios relativos.

Las aportaciones de Edwards (1989), Stein y Polly (1992), Connolly y Devereux (1995) en esta área de investigación han sido muy importantes. Sin embargo, existen dos críticas fundamentales dentro de los trabajos citados: la primera es que estos autores suponen que sólo existe un tipo de progreso técnico de forma neutral, haciendo a un lado cualquier posibilidad de análisis que incluya los diferentes tipos de progreso técnico y sus efectos sobre el tipo de cambio. La segunda crítica, particularmente aplicable a los trabajos de Edwards (1989) y Connolly y Devereux (1995), quienes aplican sus modelos para el caso de países de América Latina, es que éstos suponen que los bienes comerciables tienen una elasticidad ingreso de la demanda mayor que uno.

Así, los modelos de tipo de cambio real afirman que todo progreso técnico genera un efecto ingreso,<sup>2</sup> lo que disminuye el precio de los bienes comerciables y provoca un aumento del precio de los bienes no comerciables a través del impacto positivo en la demanda hacia el sector  $YN$ . Sin embargo, esto no sucede en países emergentes, ya que el precio de los bienes no comerciables tiende a ser más bajo comparado con el de los países industrializados.

<sup>2</sup> Este es también el punto de vista de las teorías de crecimiento endógeno.

Consideramos que los modelos tradicionales del tipo de cambio real ( $e$ ) parten de supuestos cercanos a la realidad de los países desarrollados, particularmente al afirmar que el progreso técnico es de tipo neutral y que la elasticidad ingreso de la demanda de los bienes comerciables ( $E_{YT}$ ) es mayor que uno. De aquí que tengan mejores posibilidades de explicar la tendencia de  $e^*$  en dichos países, pero no de países con un nivel de ingreso inferior, donde los tipos de progreso técnico son diferentes, y donde la elasticidad ingreso de la demanda de los bienes comerciables ( $E_{YT}$ ) es generalmente menor que uno. Además, como le subraya Prebisch (1959), prevalece una baja absorción de la mano de obra ligado al tipo de progreso técnico.

Probablemente si consideramos estas diferencias en los supuestos de base podamos explicar mejor el impacto del PT en  $e^*$ , y resolver así el rompecabezas del diferencial en los precios relativos a nivel internacional; consideramos que la aplicación de los aportes de Prebisch es crucial permitiendo apreciar mejor la dinámica sectorial a través del impacto de la demanda de un sector al otro.

Estamos de acuerdo en que el mercado internacional tiende a fijar el precio de los bienes comerciables. Sin embargo, queremos aclarar que puesto que los niveles de productividad, la dotación de factores de producción y el precio de la mano de obra son diferentes, particularmente entre países ricos y pobres, sería una mera casualidad que los precios sean iguales, después de convertirlos a la misma moneda de referencia. En realidad es el diferencial de precios de bienes comerciables el que permite tener ganancias o pérdidas en los mercados internacionales.

Ya que la diferencia en el nivel de precios de bienes no comerciables es mayor con relación al diferencial en el nivel de precios de los bienes comerciables internacionalmente, tendríamos que ver la interrelación entre los dos sectores con el fin de aportar una explicación más realista al diferencial en los precios relativos. Además, si consideramos la dotación de los factores de producción como elementos que intervienen en los costos de producción y, por ende, los precios, el sector de bie-

nes no comerciables intensifica la mano de obra más que el capital; así, los salarios juegan un papel importante en la determinación de los precios de los bienes no comerciables y es preciso incluirlos en el análisis.

Queda pendiente el análisis del impacto de los diferentes tipos de progreso técnico sobre los precios relativos, ya que hasta ahora este análisis se ha visto reducido al suponer que el tipo de choque técnico que se presenta es el bien conocido *Harrod-Neutral-Technical-Change* (HNTC), y descartando *a priori* la posibilidad de la existencia de cualquier otro tipo de progreso técnico. Considero de particular importancia en el caso de los países en vías de desarrollo tomar en cuenta los diferentes tipos de progreso técnico ya, que como veremos más adelante, el impacto final en el nivel de precios relativos puede variar según el PT considerado.

Finalmente, los bienes que se exportan e importan entre países desarrollados y en vías de desarrollo mantienen características similares a las descritas por Prebisch en 1959, particularmente en los países de América Latina (veéase Hofman, 2000). Por ello, para una mejor comprensión de la formación de precios es necesario incluir en el análisis la elasticidad ingreso de la demanda de los bienes comerciables.

En el siguiente apartado incorporamos algunos de estos elementos en el análisis, e intentaremos analizar el impacto del progreso técnico en el tipo de cambio real.

#### 4. TIPOLOGÍA DEL PROGRESO TÉCNICO

El progreso técnico es una variable estudiada por diferentes ramas de la economía, particularmente por las teorías de crecimiento. Estas teorías suponen que sólo existe un tipo de progreso técnico, conocido como *Harrod-Neutral-Technical-Change* (HNTC). Los modelos de tipo de cambio real, tales como el NATREX propuesto por Stein (1992) y el FEER propuesto por Williamson, entre otros, consideran sólo la existencia de progresos técnicos de la forma neutral, y descartando *a priori* cualquier otra posibilidad de análisis.

La literatura que aborda la tipología de los progresos técnicos es amplia,<sup>3</sup> y aquí nos contentaremos con seguir la clasificación de los progresos técnicos propuesta por Allen (1967), quien propone una de las más completas. Así, para introducir esta variable presentaremos las funciones de producción intersectoriales, que están dadas por las ecuaciones 2.1 y 2.2, donde sólo intervienen el trabajo y el capital en la producción de ambos bienes. Mientras que el progreso técnico  $\alpha(t)_T$  sólo se presenta en el sector  $Y_T$  (véase la ecuación 2.1).

$$Y_{Tt} = F(K_{Tt}, L_{Tt}, \alpha(t)) \quad (2.1)$$

$$Y_{Nt} = F(K_{Nt}, L_{Nt}) \quad (2.2)$$

La ecuación 2.1 representa la función de producción del sector que produce bienes comerciables  $Y_{Tt}$ ;  $K_{Tt}$  es el factor de capital necesario para producir estos bienes y  $L_{Tt}$  el factor trabajo y el progreso técnico  $\alpha(t)$ . Todas las variables son consideradas en el periodo  $t$ .

La ecuación 2.2 representa la función de producción del sector que produce los bienes no comerciables  $Y_{Nt}$  con su respectiva dotación de factores de producción  $K_{Nt}$  y  $L_{Nt}$ .

En el periodo  $t+1$  las ecuaciones 2.1 y 2.2 serían las siguientes:

$$Y_{Tt+1} = F(K_{Tt+1}, L_{Tt+1}, \alpha(t)) \quad (2.3)$$

$$Y_{Nt+1} = F(K_{Nt+1}, L_{Nt+1}) \quad (2.4)$$

#### 4.1. Progreso técnico no incorporado

El progreso técnico no incorporado se conoce también como neutral ya que la función de producción cambia pero debido a un aumento en la eficiencia de los factores de producción ( $K_T$  y  $L_T$ ) dejando la dotación de los factores constante. Aquí podemos distinguir tres tipos: el *factors-augmenting-technical-change* (FATC), que se presenta cuando la eficacia de ambos factores

<sup>3</sup> Véanse Hicks (1957), Salter (1960), Rosenberg (1967), y Fagerberg (2006).

de producción se incrementa; el *labor-augmenting-technical-change* (LATC), también conocido como progreso técnico neutral de Harrod, donde la eficacia del trabajo aumenta mientras la del capital no sufre cambios, y el *capital-augmenting-technical-change* (CATC), también conocido como progreso técnico neutral de Solow, donde la eficacia del capital aumenta mientras la del trabajo permanece constante (véanse ecuaciones 2.5-2.7).

$$Y_{Tt} = F(K_{Tt}, \alpha L_{Tt}) \quad \text{LATC} \quad (2.5)$$

donde:

$$\alpha = \alpha(t)$$

Sujeto a :  $\alpha(t) = 1$  cuando  $t = 0$  y  $\alpha(t) > 1$ ,  $\alpha'(t) > 0$  para toda  $t > 0$ .

$$Y_{Tt} = F(\alpha K_{Tt}, L_{Tt}) \quad \text{CATC} \quad (2.6)$$

donde:

$$\alpha = \alpha(t)$$

Sujeto a :  $\alpha(t) = 1$  cuando  $t = 0$  y  $\alpha(t) > 1$ ,  $\alpha'(t) > 0$  para toda  $t > 0$ .

$$Y_{Tt} = \alpha F(K_{Tt}, L_{Tt}) \quad \text{FATC} \quad (2.7)$$

donde:

$$\alpha = \alpha(t)$$

Sujeto a :  $\alpha(t) = 1$  cuando  $t = 0$  y  $\alpha(t) > 1$ ,  $\alpha'(t) > 0$  para toda  $t > 0$ .

#### 4.2. Progreso técnico incorporado

El progreso técnico incorporado se presenta cuando en el proceso de producción existe una sustitución entre las unidades de  $L_{Tt}$  y las unidades de  $K_{Tt}$  o bien cuando las relaciones  $Y_{Tt}/L_{TK}$  y  $K_{Tt}/L_{Tt}$  cambian. En este caso, existen dos subdivisiones de progreso técnico incorporado llamadas, de acuerdo a las expresiones propuestas

por Hicks (1957: 121-122) y Salter (1960)<sup>4</sup>, Labor-saving-technical-change (LSTC) y Capital-saving-technical-change (CSTC).

Este tipo de progreso técnico se presenta cuando se incorporan nuevas máquinas al proceso de producción, generando una diferencia de productividad entre las antiguas y las nuevas máquinas. Allen afirma que la mano de obra no es homogénea, sino que existe diferencia entre la mano de obra calificada y la menos calificada.

La forma CSTC se da cuando la cantidad relativa de trabajo es más grande que la cantidad de capital  $L_{Tt} > K_{Tt}$ , o bien cuando la proporción *output per worker* ( $Y_{Tt} / L_{Tt}$ ) disminuye (véase la ecuación 2.8).

$$Y_{Tt} = F ( K_{Tt}, (\alpha (t)L_{Tt}) ) \quad (CSTC) \quad (2.8)$$

Como antes,  $Y_{Tt}$  es la función de producción del sector que produce bienes comerciables;  $K_{Tt}$  el factor de capital;  $L_{Tt}$  el factor trabajo;  $\alpha$  el coeficiente que representa el choque técnico, y  $t$  el tiempo.

El tipo de progreso técnico LSTC tiene lugar se da cuando la cantidad de capital empleado en la función de producción es más grande que la cantidad de trabajo  $K_{Tt} > L_{Tt}$  o bien cuando la proporción, output-capital  $Y_{Tt} / L_{Tt}$  disminuye con relación a la proporción  $Y_{Tt} / L_{Tt}$ . Así tenemos la ecuación 2.9.

$$Y_{Tt} = F (\alpha (t) K_{Tt}, L_{Tt}) \quad (LSTC) \quad (2.9)$$

donde:

$Y_{Tt}$  es la función de producción del sector que produce los bienes comerciables;  $K_{Tt}$ , el factor de capital;  $L_{Tt}$  el factor trabajo y a un coeficiente que representa el choque de progreso técnico. El símbolo  $t$  representa el momento en el cual se hace la instalación de nuevas maquinas en el proceso de producción.

<sup>4</sup> Para Salter los productos marginales son constantes y toda innovación provoca un ahorro de los factores, pero en proporciones diferentes. Así, sí la proporción de trabajo ahorrado es más grande que la proporción de capital ahorrado, estaríamos hablando de un progreso técnico de la forma LSTC; por el contrario, sí la proporción en capital ahorrado es superior a la proporción ahorrada en trabajo, estaríamos hablando de la forma CSTC (Salter, 1960: 27).



Finalmente, podemos expresar las ecuaciones 2.1 y 2.2 en términos de precios, recordando que el precio de los bienes comerciables está dado por  $P_T$  y el de bienes no comerciables por  $P_N$ .

$$P_T = \alpha f(P_{TK}, W_T) \quad (2.10)$$

$$P_N = f(P_{NK}, W_N) \quad (2.11)$$

donde:

$\alpha = \alpha(t)$ ,  $w_T$  y  $w_N$  representan el salario de los trabajadores en cada sector, determinado por la productividad marginal del trabajo, y  $P_{TK}$  y  $P_{NK}$  representan el precio del capital, que se mantiene constante.

Los salarios totales en la economía estarían dados por la ecuación 2.12:

$$W = w_T + w_N \quad (2.12)$$

Sustituyendo la ecuación 1.1 en 1.3 tenemos que:

$$P_T/P_N = e^* \quad (2.13)$$

En la siguiente sección, analizamos cuatro tipos de progreso técnico y los efectos finales en el tipo de cambio real considerando los supuestos de base descritos en el apartado siguiente.

## 5. SUPUESTOS DE BASE

Imaginemos una pequeña economía abierta, en la cual sólo existen dos sectores de producción: uno que produce bienes comerciables ( $Y_T$ ) y otro que produce bienes no comerciables ( $Y_N$ ), y donde se consumen tres bienes: bienes de exportación ( $B_X$ ), bienes no comerciables ( $B_N$ ) y bienes de importación ( $B_M$ ).

Los supuestos de base son: a) existe libre movilidad del factor trabajo entre los sectores; b) el sector  $Y_T$  consume toda la producción del sector  $Y_N$ ; c) el progreso técnico solo se presenta en el

sector  $Y_T$ ; d) estamos bajo competencia perfecta; d) existe pleno empleo; e) existe eficiencia técnica en la producción o rendimientos constantes a escala; f) la elasticidad ingreso de la demanda de los bienes comerciables de exportación es mayor que uno; g) la elasticidad precio de la demanda de los bienes comerciables de exportación es elástica; h) la mano de obra es homogénea; i) no existe gobierno; j) no existe mercado de dinero y k) los salarios están determinados por la productividad marginal del trabajo ( $P_{MT}$ ); l) el nivel de productividad es más alto en el sector que produce bienes comerciables (véase Balassa, 1964; Samuelson, 1964); ll) no hay costos de transportación. Algunos de estos supuestos serán modificados en la sección 7.

En este análisis consideramos dos funciones de producción intersectoriales: tiempo  $t$  y  $t+1$ , donde sólo intervienen el trabajo y el capital en la producción de ambos bienes; y progreso técnico  $\alpha(t)$  (véase la ecuación. 2.1 y 2.2):

$$Y_{Tt} = F(K_{Tt}, L_{Tt}, \alpha(t)) \quad (2.1)$$

$$Y_{Nt} = F(K_{Nt}, L_{Nt}) \quad (2.2)$$

La ecuación 2.1 representa la función de producción del sector que produce bienes comerciables  $Y_{Tt}$ ;  $K_{Tt}$  es el factor de capital necesario para producir estos bienes y  $L_{Tt}$  el factor trabajo y el progreso técnico  $\alpha(t)$ . Todas las variables son consideradas en el periodo  $t$ .

La ecuación 2.2 representa la función de producción del sector que produce los bienes no comerciables  $Y_{Nt}$  con su respectiva dotación de factores de producción  $K_{Nt}$  y  $L_{Nt}$ .

En el periodo  $t+1$  las ecuaciones 2.1 y 2.2 serían las siguientes:

$$Y_{Tt+1} = F(K_{Tt+1}, L_{Tt+1}, \alpha(t)), \quad (2.3)$$

$$Y_{Nt+1} = F(K_{Nt+1}, L_{Nt+1}), \quad (2.4)$$

En la siguiente sección analizaremos el impacto de los dos tipos de progreso técnico: el incorporado y el no incorporado en el  $e^*$ .

Finalmente, podemos expresar las ecuaciones 2.1 y 2.2 en términos de precios, recordando que el precio de los bienes comerciables esta dado por  $P_T$  y el de bienes no comerciables por  $P_N$ :

$$P_T = \alpha f(P_{TK}, W_T) \quad (2.5)$$

$$P_N = f(P_{NK}, W_N) \quad (2.6)$$

donde:

$\alpha = \alpha(t)$ ,  $w_T$  y  $w_N$  representan el salario de los trabajadores en cada sector, determinado por la productividad marginal del trabajo, y  $P_{TK}$  y  $P_{NK}$  representan el precio del capital, que se mantiene constante.

Recordando 1.1 y 1.3 tendríamos:

$$P_T/P_N = e^* \quad (2.7)$$

Los salarios totales en la economía estarían dados por la ecuación 2.8

$$W = w_T + w_N \quad (2.8)$$

La población económicamente activa ( $L$ ) estaría dada por:

$$L = L_N + L_T \quad (2.9)$$

Así, el impacto del progreso técnico en la función de producción  $Y_{Tt}$  provoca un aumento de la producción de bienes comerciables. ¿Qué sucede con el sector  $Y_{Nt}$ ? ¿Cuál es el impacto en el nivel de precios relativos? En la siguiente sección, abordaremos el impacto de los diferentes tipos de progreso técnico descritos arriba, haciendo un análisis intersectorial e intertemporal.

## 6. PROGRESO TÉCNICO NO INCORPORADO Y PRECIOS RELATIVOS

### 6.1 *Factors Augmenting Technical Change (FATC)*

La presencia de un choque técnico de la forma FATC equivale a un incremento en el nivel de producción dado un vector de factores de producción. El choque técnico inducido por un aumento de la eficacia de los factores aumentará la producción en el sector  $Y_T$ , lo que disminuirá el precio de los bienes comerciables en el primer periodo. Los salarios reales del sector aumentarán, y el incremento salarial será inducido por un aumento de la productividad marginal del trabajo (PMLT). El efecto-ingreso en el segundo periodo estimulará la demanda hacia el sector  $Y_N$ , y tanto el ingreso en este sector como los salarios reales ( $w_N$ ) se incrementarán de la misma manera que el precio de los bienes no comerciables debido al aumento de la demanda en el periodo  $t+1$ . Como el factor  $L$  no varía dado el tipo de progreso técnico, hay sólo una transferencia de factores de un sector al otro, y el nivel de empleo no presentará variaciones. Los salarios reales aumentarán en ambos sectores, pero el aumento en los salarios del sector  $Y_T$  será más elevado debido a que la productividad marginal del trabajo es mayor en este sector; por la misma razón, el precio de los bienes comerciables  $P_T$  será más bajo en relación al precio  $P_N$ . En resumen, el aumento de la producción del sector  $Y_T$  provoca una caída en  $P_T$ , mientras que el aumento de la demanda hacia el sector de bienes no comerciables aumenta el precio  $P_N$ . Evidentemente, cuando el sector  $Y_N$  responde a los cambios de la demanda, el precio  $P_N$  disminuye. Sin embargo, mantenemos que el efecto final seguirá siendo una caída en los precios relativos de los bienes comerciables, ya que la caída inicial de  $P_T$  es difícilmente compensada por el aumento en la producción en  $Y_N$  (véase el caso 6.4 para más detalles). Como los salarios  $w_T$  son más elevados que los salarios  $w_N$  la mano de obra se desplazará hacia el sector  $Y_T$ , reforzando la tendencia hacia la baja del  $P_T$ . El efecto en el  $e^*$  será una

depreciación real o una caída en el nivel de precios relativos de los bienes comerciables.

### 6.2. *Labor Augmenting Technical Change (LATC)*

Dado un choque técnico de la forma LATC los efectos son semejantes al caso anterior, esto es, tendremos un aumento en el ingreso en el sector  $Y_{Tt}$  y este aumento disminuirá el precio de los bienes comerciables en el primer periodo. Los salarios reales de este sector ( $w_{Tt}$ ) experimentarán un alza, como en el caso anterior. El crecimiento del sector  $Y_{Tt}$  estimulará la demanda de  $B_N$ , lo que aumenta los precios  $P_{Nt+1}$  en el segundo periodo y, consecuentemente, el ingreso en el sector  $Y_{Nt+1}$ , al igual que los salarios reales ( $w_{Nt+1}$ ). De nuevo, como los salarios aumentan dado el aumento de la PMLT y siendo esta superior a la PMLT, los salarios reales serán más elevados en el sector  $Y_T$ .<sup>5</sup> Como no se presentan cambios en la asignación de los factores de producción el nivel de empleo permanece constante. El efecto final es un crecimiento en ambos sectores de la economía, pero el incremento del sector  $Y_{Tt+1}$  será mayor, de manera que tendremos una caída en el nivel de precios relativos de los bienes comerciables.

### 6.3. *Capital Augmenting Technical Change (CATC)*

Los efectos en el ingreso, los precios y el empleo son semejantes al caso anterior dado un incremento en  $\alpha(t)$ .

### 6.4. *Caso especial*

Como menciona Edwards (1989), existen casos especiales en los cuales la oferta, más que compensar el efecto de la demanda, genera un excedente de bienes no comerciables. En este caso, el efecto sobre los precios relativos sería el siguiente: para los

<sup>5</sup> Los salarios reales son determinados por la  $PML_T$  bajo el supuesto de competencia perfecta. Como este es superior a la  $PML_N$ , entonces los salarios serán superiores en el sector  $Y_T$ .

casos (6.1) y (6.2) habrá un cambio en  $\alpha(t)$ , y un aumento en la producción del sector  $Y_T$ , lo que ocasiona una transferencia de factores de producción del sector menos productivo al sector más productivo, esto es, de  $Y_N$  hacia  $Y_T$ , a la Ricardo, provocando un nuevo aumento en  $Y_T$ . Como el efecto ingreso es más fuerte, la demanda de bienes no comerciables ( $B_N$ ) sufriría un nuevo aumento, y puesto que la elasticidad ingreso de la demanda de los bienes comerciables es menor que la elasticidad ingreso de la demanda de los bienes no comerciables el precio  $P_T$  descendería, pero la caída del precio  $P_N$  sería mayor.<sup>6</sup> El resultado sería, desde mi punto de vista, una depreciación real. El efecto final en términos de crecimiento es que ambos sectores crecen, pero el crecimiento del sector  $Y_N$  es más importante que en los casos anteriores.

Lo que podemos apreciar en el análisis anterior es que el efecto ingreso se cumple y que el tipo de cambio real sufre una depreciación real o bien una caída en el nivel de precios, relativo. Consideramos que estos casos son los más cercanos a la realidad de países con un nivel de ingreso superior, exportadores de bienes con una elasticidad ingreso de la demanda mayor que uno y con tasas de desempleo bajas.

## 7. PROGRESO TÉCNICO INCORPORADO Y PRECIOS RELATIVOS

En el apartado anterior vimos que la naturaleza de los progresos técnicos no incorporados no permite ni aumentar ni disminuir la dotación de los factores de producción (FP). Por el contrario, en los progresos técnicos incorporados sí hay cambios en los FP, con efectos en la productividad marginal del trabajo (PMT) y en el empleo, y podemos aplicar el principio de Rybczynski.

---

<sup>6</sup> De Gregorio muestra que la  $E_{Y_T}$  la  $E_{Y_N}$  son menor que uno y mayor que uno respectivamente para el caso de países miembros de la OCDE. Dado un doble aumento en el ingreso del sector  $Y_T$ , la demanda de los  $B_N$  aumentaría más que proporcionalmente (De Gregorio *et al.*, 1994: 1229).

Analizaremos dos tipos de progreso técnico, el CSTC y el LSTC, bajo cuatro supuestos diferentes: 1) donde hay pleno empleo, es decir, donde la oferta de trabajo es igual a la demanda de trabajo y donde la elasticidad ingreso de la demanda de los bienes comerciables de exportación ( $E_{yx}$ ) es mayor que uno; 2) el caso donde la oferta de trabajo es igual a la demanda de trabajo, la  $E_{yx}$  es menor que uno y la elasticidad precio de la demanda de los bienes comerciables de exportación ( $E_{px}$ ) es inelástica; 3) el caso donde existe desempleo y donde la  $E_{yx}$  es mayor que uno; 4) el caso donde existe desempleo, la  $E_{yx}$  es menor que uno y la  $E_{px}$  es inelástica.

### 7.1. *Capital Saving Technical Change (CSTC)*

De acuerdo al supuesto 1:

Si el sector  $Y_T$  aumenta uno de los dos factores de producción ( $L_T$ ) según el principio de Rybczynski<sup>7</sup> (1955: 337-339):

“...the maintenance of the same rates of substitution in production after the quantity of one factor has increased must lead to an absolute expansion in production of the commodity using relatively much of that factor, and to an absolute curtailment of production of the commodity using relatively little of the same factor...This implies that the terms of trade of the X-intensive commodity have worsened as against the Y-intensive commodity, and proves the proposition that the terms of trade of the commodity using relatively much of the factor whose quantity has increased must deteriorate”.

Así pues, tendríamos una expansión de la producción del sector  $Y_T$ . La productividad marginal del trabajo (PMLT) disminuye debido al aumento de las unidades de  $L_T$  y como consecuencia los

---

<sup>7</sup> Nótese que no consideramos el principio de Rybczynski en el caso del progreso técnico no incorporado, pues consideramos que no se puede aplicar debido a que las unidades de los factores permanecen constantes.

salarios reales ( $w_{T_t}$ ) caen en el primer periodo. Las existencias de capital no sufren cambios. En el segundo periodo aumentan los  $w_{T_t}$ , mientras que el crecimiento del sector  $Y_{T_t}$  estimular la demanda hacia el sector de  $Y_{N_{t+1}}$ , lo que hace que el ingreso de este sector aumente, lo que a su vez hace aumentar los salarios reales  $w_{N_{t+1}}$ . El efecto ingreso será positivo, y el crecimiento y el tipo de progreso técnico inducirán un aumento en el empleo. El impacto en el tipo de cambio real es, como lo observa Rybczynski, la caída en el nivel de precios relativos de los bienes comerciables, es decir, una depreciación real.

De acuerdo con el supuesto 2:

En este caso, el efecto ingreso, es decir, el aumento inicial de la producción en el sector  $Y_{T_t}$  será contrarrestado por la elasticidad ingreso de la demanda de los bienes comerciables, que es menor que uno, debido a que la proporción de ingreso dedicada al consumo de bienes primarios no va a aumentar, aunque la producción aumente o el precio de los bienes comerciables disminuya. Además, el incremento inicial en la productividad no se traduciría en un aumento en el ingreso, pues, según afirma Balassa (1964: 593), los precios de los bienes comerciables son determinados a nivel internacional, por lo que sólo habrá beneficios en caso de que tengamos un nivel de precios por debajo del nivel internacional. El ajuste de la oferta de bienes comerciables a largo plazo provocará un aumento en el precio  $P_{T_t}$ , como en el caso de la no-absorción del desempleo, que veremos más adelante. Es decir, las ganancias producto del progreso técnico serán negativas, el efecto ingreso no tendrá lugar; por el contrario, el ingreso disminuirá en el sector  $Y_{T_{t+1}}$ . En consecuencia, la PML lejos de aumentar disminuirá, de igual que los salarios reales del sector  $w_{T_t}$ . La demanda hacia el sector de bienes no comerciables y el precio  $P_{N_{t+1}}$  disminuirán, y lo que provocará un aumento en los precios relativos de los bienes comerciables o una apreciación real. La caída de la producción del sector  $Y_{N_{t+1}}$  empujará los salarios reales de este sector por debajo de los salarios  $w_{T_t}$ . En ciertos casos, los salarios reales pueden estar por debajo de la PML, cuando el poder de ne-



gociación de los sindicatos es muy débil o hay corrupción. Esta disminución en el precio de los bienes no comerciables acentúa la diferencia de precios relativos entre los países con altas tasas de crecimiento y aquéllos cuya tasa de crecimiento es inferior (Bhagwati, 1984: 285).

De acuerdo con el supuesto 3:

Prebisch (1959: 251-271) explica que los efectos de un progreso técnico en el ingreso, dependen de la elasticidad ingreso de la demanda de los bienes comerciables y de la capacidad intersectorial de absorción del empleo, es decir, que para tener un efecto ingreso positivo, los sectores tienen que mantener un ritmo de crecimiento que absorba el incremento del empleo, de lo contrario el resultado será una disminución en el ingreso per cápita.<sup>8</sup>

Supongamos que el sector de bienes comerciables no es capaz de absorber toda la mano de obra dada la existencia de un *labor-abundant*. Veamos los efectos de ello en  $e^*$ : Prebisch (1959) menciona que si el excedente de la oferta de trabajo no es absorbido por el resto de los sectores, entonces el incremento inicial en la productividad no daría como resultado un efecto-ingreso, ya que el aumento inicial de salarios sería contrarrestado por el excedente de mano de obra, provocando una caída en los salarios reales. Es decir, a pesar de que el choque técnico aumenta el ingreso del sector  $Y_T$ , los salarios reales no aumentan debido al excedente de mano de obra, y la demanda efectiva doméstica disminuye porque el sector  $Y_T$  emplea sólo un porcentaje de la población económicamente activa total (PEA) en la producción. Finalmente, el producto per cápita es dividido no sólo entre la población económicamente activa empleada (PEAE), sino entre el total de la PEA, lo que disminuye el producto per cápita y equivale a disminuir el poder de compra. Así pues, el crecimiento del sector  $Y_N$  es más

---

<sup>8</sup> O como lo considera Sen (1962) para el caso del sector agrícola en la India, en donde existe un desempleo disfrazado debido a la existencia de *labor-abundant* en el sector. Sen aplica esta terminología al caso de los campesinos con tradición de cultivo familiar, donde el nivel de producción no varía sólo aumenta la cantidad de trabajadores, lo que ocasiona una disminución en el ingreso per capita.

bajo y los  $P_{N_{t+1}}$  no aumentan. El nivel de empleo aumenta debido al tipo de progreso técnico, pero el impacto es menor con relación al supuesto 1. Los precios relativos descienden y  $e^*$  se deprecia.

De acuerdo al supuesto 4:

En este caso, los resultados son semejantes a los del supuesto 2, pero el efecto negativo es aumentado por el desempleo. Esto es, existe un aumento inicial de la producción en el sector  $Y_{T_t}$  y una caída de la  $P_{MLT_t}$  y debido al tipo de progreso técnico las unidades de  $L_T$  aumentan los salarios reales  $w_{T_t}$  disminuyen, la reserva de capital no varía y el empleo aumenta en el primer periodo. En el periodo  $t+1$ , el ingreso  $Y_{T_{t+1}}$  disminuye, debido a la  $E_{YT}$  menor que uno; esto es, la demanda externa hacia los bienes comerciables no aumenta. La  $P_{MK}$  no se desplaza, ya que  $\kappa_T$  no sufre cambios, y los salarios reales lejos de recuperarse disminuyen, presionados por el desempleo existente y el bajo poder de negociación sindical. La demanda efectiva hacia el sector  $Y_{N_{t+1}}$  disminuye debido al bajo crecimiento del sector  $Y_{T_{t+1}}$  y al deterioro de la demanda efectiva, y el ingreso y los salarios en este sector disminuyen. Los precios de los bienes comerciables se incrementan, y los precios  $P_N$  disminuyen, provocando una apreciación de  $e^*$ .

## 7.2. Labor Saving Technical Change (LSTC)

De acuerdo al supuesto 4:

En esta sección analizaremos los efectos únicamente del LSTC de acuerdo al supuesto 4, y veremos que si el desempleo no es absorbido por la industria las presiones sobre el tipo de cambio real aumentan. En este caso, habrá una expansión inicial de la producción en el sector  $Y_{T_t}$ , así como un aumento de la  $P_{MLT}$  inducido por un aumento de las reservas de capital, así como un incremento de los salarios reales en el primer periodo. Debido al tipo de progreso el desempleo se incrementará, y no habrá efecto ingreso, como en el último caso analizado en el apartado anterior, debido a la naturaleza de los bienes comerciables. La demanda efectiva disminuirá más que en el caso anterior debido al aumento del

desempleo, y los precios  $P_{N,t+1}$  disminuirán al igual que los salarios reales. El efecto final en el  $e^*$  será una apreciación. El efecto negativo sobre los salarios puede aumentar en caso de existir un bajo poder de negociación sindical.

El análisis anterior revela, por un lado, que el efecto del progreso técnico sobre el ingreso no es siempre el mismo y que existe una amplia gama de resultados posibles y, por otro lado, que el supuesto del “efecto ingreso” no se mantiene en todos los casos. En los casos donde los bienes comerciables tienen una elasticidad ingreso de la demanda menor que uno el tipo de cambio real aumenta dado un incremento de  $P_T$  y una caída en  $P_N$ . Además, el impacto en la absorción del empleo, y por lo tanto, en la demanda efectiva depende del tipo de progreso técnico y de que los ritmos de crecimiento se mantengan en tasas acordes al crecimiento de la población económica activa, de lo contrario la demanda efectiva se ve contrarrestada. Consideramos que estos casos ilustran muy bien la realidad de los países en vías de desarrollo, generalmente exportadores de bienes primarios, con tasas de desempleo elevadas y con desequilibrios intersectoriales.

Con el análisis anterior hemos tratado de explicar que, bajo ciertas condiciones, el efecto del progreso técnico sobre el ingreso es negativo, es decir, no existe crecimiento en el sector que sufre el choque tecnológico, lo que genera una contracción de la demanda hacia el sector de los bienes no comerciables e impide el crecimiento de este sector, provocando tanto disparidades en la distribución del ingreso intersectorial como desempleo. Esto es, el efecto del progreso técnico puede, bajo ciertos supuestos, afectar la extensión de beneficios del crecimiento económico, empujando los precios relativos a la alza y perjudicando la competitividad internacional de estos países.

Este análisis nos permite explicar por qué los precios de los bienes no comerciables en los países con un nivel de productividad superior son más elevados que aquéllos de los países con un nivel de productividad inferior. Ante el impacto del progreso técnico los precios relativos de los bienes comerciables en los

países pobres, tienden a elevarse a través de un aumento de  $P_T$  y una disminución de  $P_N$ , mientras que en los países ricos tienden a disminuir a largo plazo. Existen otros mecanismos de mercado que no consideramos aquí, pero que afectan la tendencia final en los índices de precios, dando como resultado las tendencias descritas por Kravis y Lipsey (1983).

## CONCLUSIONES

A lo largo de este trabajo se ha propuesto una explicación del impacto del progreso técnico sobre los precios relativos, considerando diferentes tipos de progreso técnico, e incorporando en el análisis la elasticidad ingreso de la demanda de los bienes comerciables y el equilibrio en el mercado de trabajo.

Hemos analizado primeramente el impacto del progreso técnico sobre el sector que sufre el choque técnico y después sobre el resto de la economía, observando el impacto en los salarios reales, la demanda efectiva, el empleo y el crecimiento sectorial, finalmente, el efecto en el tipo de cambio real.

Tratamos de demostrar que, considerando el impacto del progreso técnico en cualquiera de los progresos técnicos analizados, existe únicamente un caso en el que el efecto ingreso se verifica y el tipo de cambio real disminuye, suponiendo que exista pleno empleo y cuando la elasticidad ingreso de la demanda de los bienes comerciables sea mayor que uno (véase supuesto 1). Esta reflexión pudiera explicar el impacto del  $P_T$  en países con alto nivel de ingreso, generalmente productores de bienes de capital o de bienes durables, con progresos técnicos del tipo neutral y con un bajo nivel de desempleo.

Sin embargo, para el caso de países en desarrollo la extensión de los beneficios del progreso técnico sólo tiene lugar en presencia de un CSTC, esto es, aumenta la producción en el sector  $Y_{Tt}$ , se incrementa la demanda hacia el sector  $Y_N$ , se incrementan los salarios y el empleo en ambos sectores y disminuye el nivel de precios relativos. En todos los otros casos el efecto

ingreso no es automático. Así pues, el efecto en el crecimiento sectorial no es homogéneo y no produce siempre un aumento en los salarios y en el empleo. Resulta particularmente relevante el caso en el que, en presencia de cualquier tipo de progreso técnico, el efecto ingreso es negativo (suponiendo los desequilibrio en el mercado de trabajo y cuando la elasticidad ingreso de la demanda de los bienes comerciables sea menor que uno), lo que provoca una caída en los salarios reales, disparidades en los niveles intersectoriales de ingreso, desempleo y aumento en el nivel de precios relativos. El efecto del progreso técnico del tipo presentado en las secciones 7.1 y 7.2 del supuesto 4 ilustra la realidad de los países con un bajo nivel de ingreso y exportadores de materias primas.

La sección 4.2 nos da una idea del mecanismo de disminución de precios practicado por países con un bajo nivel de ingreso, a través de la contracción de los salarios reales, y siempre y cuando la tasa de productividad no aumente. De la misma manera, si la tasa de productividad no aumenta en países con un nivel de ingreso superior, el mecanismo para disminuir los precios de los bienes comerciables es la importación de bienes a bajos precios de países pobres, en cuyo caso es claro que se perjudica directamente a los trabajadores directos de los países exportadores de bienes primarios. Este fenómeno ilustra muy bien la transferencia de ganancias de los países periféricos a los países céntricos descrita por Prebisch (1959).

Por otro lado, si el impacto del  $p_T$  sobre los precios relativos es negativo, ello ocasiona una pérdida de la competitividad de los bienes de exportación, lo que a su vez genera presiones sobre el tipo de cambio nominal.

Estos resultados difieren de los postulados de los modelos que intentan explicar el comportamiento del tipo de cambio real en el largo plazo, particularmente de los modelos aplicados para ciertos países en vías de desarrollo. Por un lado, el efecto del progreso técnico sobre el ingreso no es siempre el mismo, y existe una amplia gama de resultados posibles; por el otro, el supuesto del “efecto ingreso” no puede mantenerse por mucho tiempo.

Lo anterior también nos ha permitido proponer una explicación de por qué los precios de los bienes no comerciables en países con un nivel de productividad superior son más elevados que los precios de los países con un nivel de productividad inferior.

Finalmente, considero que existen diferentes retos por alcanzar: primero, es preciso tomar en cuenta los diferentes tipos de progreso técnico dentro de los modelos de tipo de cambio real y de los modelos macroeconómicos; segundo, es indispensable considerar la elasticidad ingreso de la demanda de los bienes comerciables, ya que los bienes comerciables no son homogéneos, particularmente entre países con alto nivel de ingreso y países con un bajo nivel de ingreso. Tradicionalmente se considera que estos bienes son homogéneos, cuando en realidad se comparan bienes comerciables de naturaleza distintas. De no considerarse esta diferencia es fácil caer en confusiones y distorsionar los resultados. Finalmente, es preciso tomar en cuenta la dotación de los factores de producción y la situación del mercado de trabajo, para determinar con mayor precisión el impacto del choque técnico en el tipo de cambio real. Este punto es de vital importancia para países con un bajo nivel de ingreso, ya que el efecto ingreso en el crecimiento, en el empleo y en la distribución de ingreso pueden ser negativos, provocando un aumento en el nivel de precios relativos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Allen, P. (1967). *Macroeconomic Theory*, Macmillan St. Martin's Press, Inglaterra.
- Balassa, B. (1964). "The Purchasing Power Parity Doctrine: A Reappraisal", *Journal of Political Economy*, vol. 72, núm. 6, diciembre, pp. 584-596.
- Bhagwati, J. (1984). "Why Are Services Cheaper in the Poor Countries?", *The Economic Journal*, núm.94, pp. 279-286.
- Baumol, W. y E. Wolff (1995). "Les dynamiques de déséquilibre et le mécanisme de croissance de la productivité", *Revue Economique*, pp. 1391-1404.

- Burda, M, y Ch. Wyplosz, (1993). *Macroéconomie une Perspective Européenne*, De Boeck Université, Bruxelles.
- Casillas, L. (1994). "Kaldor versus Prebisch, on employment and industrialisation", *Journal of Post Keynesian Economics*, pp. 269-288.
- Connolly, M., y J. Devereux (1995). "The Equilibrium Real Exchange Rate: Theory and Evidence for Latin America" en J. Stein y R. A Polly, *Fundamentals Determinants of Exchange Rates*, Oxford University Press, Nueva York.
- De Gregorio, J., et al. (1994). "International Evidence on Tradable and non Tradable Inflation", *European Economic Review*, pp. 1225-1244.
- Wolf, H. (1994). "Terms of Trade, Productivity, and the Real Exchange Rate", *National Bureau of Economic Research*, working paper, núm. 4807, Nueva York.
- Dixit, A. y V. Norman (1980). *Theory of International Trade. A dual, general equilibrium approach*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Edwards, S. (1989). *Real Exchange Rates, Devaluation and Adjustment*, MIT Press, Cambridge Massachussets.
- Fagerberg et al. (2006). *Handbook of Innovation*, Oxford University Press, London.
- Herrera R. N-M.T. (2003). *La volatilidad del tipo de cambio real y sus determinantes fundamentales. Un aspecto teórico partiendo de la experiencia estructural de la economía mexicana*, Universidad de Fribourg, Fribourg.
- \_\_\_\_\_ (2009). "Efecto del progreso técnico sobre el crecimiento y el desarrollo humano", *Paradigma Económico*. Revista de economía regional y sectorial, Facultad de Economía, Universidad Autónoma del Estado de México, núm. 1.
- Hicks, J. (1957). *The Theory of Wages*, Macmillan and Co. London.
- Hofman, A. (2000). *The Economic Development of Latin America in the Twentieth Century*, Edward Elgar, USA.
- Kravis I., y R. Lipsey (1983). "Toward an Explanation of National Price Levels", *Princeton Studies in International Finance*, Princeton University press, Estados Unidos.
- Neary, P. (1988). "Determinants of the Equilibrium Real Exchange Rate", *The American Economic Review*, núm. 1, vol. 78, pp. 210-215.
- Pigou, A. (1923). "The Foreign Exchange", *Quarterly Journal of Economics*, núm. 37, pp. 52-74.
- Prebisch, R. (1959). "International Trade and Payments in an era of Co-existence. Commercial Policy in the Underdeveloped Countries", *The American Economic Review*, pp. 250-273.
- Ricardo, D. (1992). *Des Principes de l'économie politique et de l'impôt*, Flammarion, Paris.

- Rosenberg, (1976). *Perspectives on Technology*, Cambridge University Press, Inglaterra.
- Rybczynski, M. (1955). "Factor Endowment and Relative Commodity Prices", *Economica*, pp. 336-341.
- Salter, W. (1960). *Productivity and Technical Change*, Universidad de Cambridge, Inglaterra.
- Samuelson, P. (1964). "Theoretical Notes on Trade Problems", *Review of Economic and Statistics*, núm. 46, pp. 145-154.
- Sen, A. (1962). *Choice of Techniques*, Basil Blackwell, Oxford.
- Singer, H. (1950). "U.S. Foreign Investment in Underdeveloped Areas. The Distribution of Gains between Investing and Borrowing Countries", *American Economic Review*, pp. 472-485.
- Stein, J. (1992). "Fundamental Determinants of Real Exchange Rate", *Journal of International and Comparative Economics* 1, núm. 2, pp.125-162.
- \_\_\_\_\_ (1994). "Fundamentals Determinants of Real Exchange Rates and Capital Flows and their Importance for Europe", *Economic note*, pp. 367-387.
- \_\_\_\_\_ y Polly (1995). *Fundamentals Determinants of Exchange Rates*, Oxford University Press, Estados Unidos.
- Summers, *et al.* (1980). "International Comparisons of Real Product and Price Levels: Estimates for 130 Countries, 1950-1985", *Review of Income and Wealth series* 34, núm. 1, pp. 19-66.
- Tille, C., *et al.* (2001). "To What Extend Does Productivity Drive the Dollar?", *Federal Reserve Bank of New York*, , núm. 8. vol. 7, Nueva York.
- Williamson, J.(1994). *Estimating Equilibrium Exchange Rates*, John Williamson, Columbia University Press, Estados Unidos.
- Wren-Lewis y Driver (1998). *Real Exchange Rates for the year 2000*, Policy Analyses in Internacional Economics, núm. 55, Institute for Internacional Economics, Washington.