



Las tasas de interés

Entramos hace varios meses a un período de tasas de interés al alza, luego de cuatro años de contar con las tasas de interés más bajas que se han visto en medio siglo. Los intereses siguen estando bajos, pero van en aumento y todo parece indicar que seguirán aumentando en el próximo año y medio.

La razón principal para el viraje en las tasas es el cambio en la orientación de la política monetaria en Estados Unidos. La Reserva Federal—el banco central de Estados Unidos—comenzó hace varios meses a impulsar aumentos en las tasas de corto plazo. Las tasas a largo plazo aún no han respondido de lleno a las acciones de la Reserva, pero se espera que en el futuro cercano estén también apuntando al alza.

Como se sabe, la modificación de la política monetaria obedece al cambio en la posición cíclica de la economía estadounidense. Desde el año 2004, dicha economía se encuentra en franca expansión, a pesar de que en meses recientes ha habido algunas señales de debilitamiento. Al pasar de un período de recesión y crecimiento lento a uno de recuperación y expansión, la economía ya no necesitaba el estímulo monetario provisto por las tasas de interés históricamente bajas de los años 2001-2004. De ahí que la Reserva optara por comenzar un proceso gradual de incrementos más o menos regulares.

La mayoría de los analistas no piensan que el aumento de los intereses vaya a frenar la actividad económica de Estados Unidos en los próximos meses, debido a que el aumento ha sido gradual y en dosis pequeñas. Además, se espera que la Reserva mantenga ese patrón conservador de aumentos módicos cada mes o mes y medio. A ese paso, dentro de un año las tasas todavía estarían bajas, vistas en perspectiva histórica.

En la economía de Puerto Rico los efectos del alza en las tasas no deberían ser muy negativos, pero no debe perderse de vista que, a diferencia de la economía estadounidense, la nuestra todavía no se ha recuperado completamente del período de lento crecimiento que comenzó en el año fiscal 2001. En otras palabras, nuestra economía es ahora más vulnerable a cualquier influencia negativa que la de Estados Unidos.

Esta edición del Boletín de Economía se dedica al tema de las tasas de interés. El primer artículo, del Profesor Carlos Rodríguez, presenta una exposición de los fundamentos teóricos de la tasa de interés. El segundo es una reseña de la tesis de maestría de Rosario Rivera Negrón, quien examina los efectos del crecimiento económico y las tasas de interés en la inversión en maquinaria y equipo en Puerto Rico.

En este número:

Las tasas de interés	1
Análisis formal sobre el fundamental macroeconómico de la tasa de interés real	2
La demanda por inversión en maquinaria y equipo en Puerto Rico desde 1960 al 2000: Una estimación clásica	6

El Boletín de Economía es una publicación de la Unidad de Investigaciones del Departamento de Economía, Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras. Los artículos son responsabilidad de los autores y no representan necesariamente las opiniones o posiciones de la Unidad de Investigaciones.

Unidad de Investigaciones Económicas
Departamento de Economía
Universidad de Puerto Rico
Recinto de Río Piedras
Apartado 23345
San Juan, Puerto Rico 00931-3345

Tel (787) 764-0000 Ext. 2451/ 2458
Fax (787) 763-5599

www.rrp.upr.edu/uie
economia@upracd.upr.clu.edu

Junta Editora
Juan A. Lara
Francisco E. Martínez

Colaboradores
Carlos A. Rodríguez
Rosario Rivera

Diseño Gráfico y Banco de Datos
Maribel Rodríguez Rivera

El Recinto de Río Piedras de la Universidad de Puerto Rico es un Patrono con Igualdad de Oportunidades en el Empleo. No se discrimina en contra de ningún miembro del personal universitario o en contra de aspirante a empleo, por razón de raza, color, orientación sexual, sexo, nacimiento, edad, impedimento físico o mental, origen o condición social, ni por ideas políticas o religiosas.

*Análisis formal sobre el fundamental
macroeconómico de la tasa de interés real*

Carlos A. Rodríguez*

Introducción

La noción de que las relaciones que describen un sistema económico deben ser lo suficientemente completas como para determinar los valores de sus variables, y la noción de que cada relación implica un equilibrio de fuerzas, son aspectos básicos imposibles de separar del análisis del equilibrio general (Arrow y Hann, 1971). Básicamente, todo intento de elaboración teórica parte de la noción de equilibrio. En este caso, la existencia de un vector de precios, el cual hace que exista dicho equilibrio, es fundamental.

Al normalizar este vector de precios por un numerario se obtiene un vector de precios relativos. Estos precios relativos son los indicadores de la información del mercado, y las modificaciones en estos precios transmiten información referente a la escasez relativa tanto a consumidores como a productores. También, expresan los costos de oportunidad.

Sin embargo, la distinción básica de los precios relativos en el contexto de la teoría económica es la siguiente (Noriega, 1994):

1. Precios relativos instantáneos – Expresan una relación entre cantidades de bienes diferentes, en un mismo espacio y tiempo;
2. Precios relativos interespaciales – Expresan la variación entre cantidades de un mismo bien en igual tiempo, pero en espacios diferentes (tipo de cambio);
3. Precios relativos intertemporales – Expresan la variación entre cantidades de un mismo bien, en un mismo espacio, pero en tiempos diferentes (tasa de interés).

Es correcto afirmar que la existencia de tasas de interés en un sistema implica la existencia de, por lo menos, un bien durable, ya que esta variable viene dada por los precios relativos intertemporales y estos a su vez expresan una relación entre cantidades de un mismo bien, en un mismo espacio, pero en tiempos diferentes. Por lo tanto, se requiere de la existencia de, por lo menos, un bien durable que permita la comparación entre cantidades de un mismo bien para tiempos diferentes. Cuando existe un bien durable aparece el concepto de riqueza asociado al concepto de ingreso.

* Catedrático Auxiliar, Departamento de Economía, Universidad de Puerto Rico.

En los mercados intertemporales reales, los precios futuros se miden mediante las tasas de interés (Varian, 1997). Visto desde la perspectiva del equilibrio general desarrollada por Arrow y Debreu (1954), estas tasas se pueden utilizar para valorar las corrientes de consumo en donde la restricción de presupuesto se transforma de formal tal que el valor actual, descontado, del consumo es igual al valor actual descontado de las dotaciones iniciales del consumidor.

En este trabajo se corrobora que las definiciones que observamos en la literatura sobre la tasa de interés real surgen de un sistema de equilibrio intertemporal con moneda. Para desarrollar este trabajo, en la segunda parte se presenta la determinación de la tasa de interés real en tiempo discreto. En la tercera, se presenta el análisis de la tasa de interés real cuando se introduce la moneda al sistema, también en tiempo discreto. La cuarta parte realiza dicho análisis, pero en tiempo continuo. Por último, se presentan unos comentarios generales.

Tasa de interés real en tiempo discreto

Para establecer dicha relación, de manera sencilla, hay que partir de los siguientes supuestos:
 Existe un mercado de bienes durables;
 Estos se pueden consumir hoy o mañana;
 Hay un periodo inicial y otro final;
 La riqueza “R” (dotación inicial) se puede consumir en el periodo cero o uno.

$$(1) \quad R = p_0 q_0 + p_1 q_1$$

donde, q_0 y q_1 son el mismo bien, pero en distintos periodos (codificados) y p_0 y p_1 son los precios del bien en diferentes periodos;
 El valor presente de R en el periodo cero “ R_0 ” está dado por:

$$(2) \quad R_0 = q_0 + \frac{p_1}{p_0} q_1$$

donde $R_0=R/p_0$;
 La relación entre p_1 y p_0 es la siguiente:

$$(3) \quad p_1 = p_0(1+r)$$

se define “r” como la tasa de descuento que iguala al precio de mañana al precio del bien hoy.

Despejando por r en la ecuación (3) se obtiene:

$$(4) \quad r = \frac{p_1 - p_0}{p_0}$$

$$r = \frac{p_1}{p_0} - 1$$

$$(1+r) = \frac{p_1}{p_0}$$

donde: “r” es la tasa de interés real. Dada la ecuación anterior:

$$(5) \quad \frac{1}{1+r} = \frac{p_0}{p_1}$$

Sustituyendo en la ecuación (2) para el consumo q_i y las compras \hat{q}_i :

$$(6) \quad R_0 = q_0 + (1+r)^{-1} q_1; \quad q_i \neq \hat{q}_i \quad \forall i$$

$$R_0 = \hat{q}_0 + (1+r)^{-1} \hat{q}_1$$

y dada la variación mínima

$$(7) \quad \Delta q_i = q_i - \hat{q}_i$$

que se obtiene restando ambas ecuaciones en (6), da como resultado:

$$(8) \quad 0 = (q_0 - \hat{q}_0) + (1+r)^{-1}(q_1 - \hat{q}_1)$$

$$= \Delta q_0 - (1+r)^{-1} \Delta q_1$$

$$\Delta q_0 = (1+r)^{-1} \Delta q_1$$

$$(1+r) = \frac{\Delta q_1}{\Delta q_0}$$

misma que se aproxima al $\text{Lim } \Delta q_i \rightarrow 0$, se tiene:

$$(9) \quad (1+r) = \frac{\partial q_1}{\partial q_0}$$

lo cual expresa la tasa de interés como el costo de oportunidad de términos de cesión de cantidades.

Tasa de interés real y nominal e incorporación de la moneda

Cuando se incorpora la moneda al sistema, la riqueza se puede expresar en términos monetarios como “ R^m ”, misma que se distribuye en términos monetarios en el presente y (m_0) y en el futuro (m_1):

$$(10) \quad R^m = m_0 + m_1$$

en la cual el valor presente, para el consumo y las ventas, se expresa:

$$(11) \quad R_m^* = m_0 + (1+r^*)^{-1} m_1$$

$$R_m^* = \hat{m}_0 + (1+r^*)^{-1} \hat{m}_1$$

donde: “r*” es la tasa monetaria de interés (nominal).
Restando ambas ecuaciones en (11) se obtiene la variación mínima entre lo que se consume y se vende:

$$(12) \quad \Delta m_i = m_i - \hat{m}_i$$

por lo que:

$$(13) \quad 0 = (m_0 - \hat{m}_0) + (1+r^*)^{-1} (m_1 - \hat{m}_1)$$

$$= \Delta m_0 - (1+r^*)^{-1} \Delta m_1$$

$$(1+r^*)^{-1} \Delta m_1 = \Delta m_0$$

$$(1+r^*) = \frac{\Delta m_1}{\Delta m_0}$$

misma que se aproxima al $\lim \Delta m_i \rightarrow 0$, se tiene:

$$(14) \quad (1+r^*) = \frac{\partial m_1}{\partial m_0}$$

Sin embargo, cada agente económico evalúa los precios monetarios. Sea la cantidad de moneda hoy que se distribuye en bienes para consumo presente al precio monetario actual y la cantidad de moneda que se retiene (m_0^*):

$$(15) \quad m_0 = p_0^m q_0 + m_0^*$$

En términos del consumo y las ventas:

$$(16) \quad m_i = p_i^* q_i + m_i^*$$

$$(17) \quad m_i = p_i^* \tilde{q}_i + \tilde{m}_i^*$$

y al restar (16) y (17) en el período “0”:

$$(18) \quad \Delta q_0 = q_0 - \tilde{q}_0 \quad y \quad \Delta m_0 = m_0^* - \tilde{m}_0^*$$

se obtiene:

$$(19) \quad 0 = p_0^m (q_0 - \tilde{q}_0) + (m_0^* - \tilde{m}_0^*)$$

$$= p_0^m \Delta q_0 + \Delta m_0$$

donde:

$$(20) \quad p_0^m = -\frac{\Delta m_0}{\Delta q_0}$$

de forma análoga se obtiene el precio monetario para el periodo “1”:

$$(21) \quad p_1^m = -\frac{\Delta m_1}{\Delta q_1}$$

Sea “ π ” la tasa de inflación:

$$(22) \quad \pi = -\frac{p_1^m - p_0^m}{p_0^m} \quad \text{ó} \quad (1+\pi) = \frac{p_1^m}{p_0^m}$$

Dado que $(1+r^*) = -\frac{\Delta m_1}{\Delta m_0}$:

$$(23) \quad (1+r^*) = \left(-\frac{\Delta m_1}{\Delta q_1} \right) \left(-\frac{\Delta q_1}{\Delta q_0} \right) \left(-\frac{\Delta q_0}{\Delta m_0} \right)$$

$$= p_1^m (1+r) \frac{1}{p_0^m}$$

$$= \frac{p_1^m}{p_0^m}$$

Sustituyendo en la ecuación de inflación:

$$(24) \quad (1+r^*) = (1+\pi)(1+r)$$

$$= 1+r+\pi+r\pi$$

$$= 1+r+\pi(1+r)$$

$$r^* = r+\pi(1+r)$$

$$r = r^* - \pi(1+r)$$

$$r = r^* - \pi - \pi r$$

$$r + \pi r = r^* - \pi$$

$$r(1+\pi) = r^* - \pi$$

$$r = \frac{r^* - \pi}{1+\pi}$$

En este caso, cuando se introduce la moneda al análisis, la tasa de interés real es función de la tasa de interés nominal y la tasa de inflación.

Relación entre la tasa de interés real y nominal para períodos continuos

Considerando (13) en “t” términos, se obtiene:

$$(25) \quad \left(1 + \frac{r^*}{t} \right)^t = \left(1 + \frac{\pi}{t} \right)^t \left(1 + \frac{r}{t} \right)^t$$

e incorporando las siguientes expresiones:

$$(26) \quad h_{r^*} = \frac{t}{r^*}; \quad h_\pi = \frac{1}{\pi}; \quad h_r = \frac{1}{r}$$

y aplicándoles las reglas de los exponentes:

$$(27) \quad (h_{r^*})^{r^*} = \left(\frac{t}{r^*}\right)^{r^*} = t; \quad (h_\pi)^\pi = \left(\frac{t}{\pi}\right)^\pi = t; \quad (h_r)^r = \left(\frac{t}{r}\right)^r = t$$

tenemos:

$$(28) \quad \left[\left(1 + \frac{1}{h_{r^*}}\right)^{h_{r^*}}\right]^{r^*} = \left[\left(1 + \frac{1}{h_\pi}\right)^{h_\pi}\right]^\pi \left[\left(1 + \frac{1}{h_r}\right)^{h_r}\right]^r$$

Calculando el límite tal que:

$$(29) \quad \lim_{h_{r^*} \rightarrow \infty} \left[\left(1 + \frac{1}{h_{r^*}}\right)^{h_{r^*}}\right]^{r^*} = \left[\lim_{h_\pi \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{h_\pi}\right)^{h_\pi}\right]^\pi \left[\lim_{h_r \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{h_r}\right)^{h_r}\right]^r$$

puede expresarse como

$$(30) \quad e^{r^*} = e^\pi e^r = e^{\pi+r}$$

aplicando logaritmos:

$$(31) \quad r = r^* - \pi$$

Por lo que, en tiempo continuo, la tasa real de interés es igual a la tasa nominal de interés menos la tasa de inflación. En este caso, no se incluye el efecto cruzado el cual aparece en el tiempo discreto.

Conclusiones generales

La tasa de interés es una variable que tiene la distinción de expresar la variación entre cantidades de un mismo bien, en un mismo espacio, pero en tiempos diferentes. Cuando se analiza de manera intertemporal se define como el costo de oportunidad en términos de cesión de cantidades.

Cuando se incorpora la moneda al sistema, y la riqueza se define en términos monetarios, se obtiene una tasa monetaria de interés, la cual se conoce como la tasa nominal de interés. En un sistema con moneda en tiempo discreto, la tasa de interés real es función de la tasa de interés nominal y la tasa de inflación. Dicha relación se puede observar en tiempo continuo, sin embargo, el efecto cruzado que aparece en tiempo discreto desaparece. Es decir, las definiciones que observamos en la literatura sobre la tasa de interés real surgen de un sistema de equilibrio intertemporal con moneda.

Referencias

- Arrow, W. y G. Debreu. (1954). *Teoría del valor*. Fondo de Cultura Económica.
- Arrow, K. J. y F. Hahn. (1971). *General Competitive Analysis*. San Francisco, Holden Day.
- Benetti, Carlo. (1990). *Moneda y teoría del valor*. Fondo de cultura económica. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Debreu, G. (1959). *Theory of Value*. Wiley.
- Debreu, G (1986). *Mathematical Economics*. Twenty Papers of Gerard Debreu (Econometric Society Monographs). Cambridge.
- Harris, L. (1981). *Teoría Monetaria*. Fondo de Cultura Económica.
- Noriega, F.A. (1994). *Teoría del desempleo, la distribución y la pobreza* (Una innovación a la teoría del empleo). Editorial Ariel.
- Patinkin, D. (1956). *Money Interest and Prices*. Harper and Row.
- Tobin, J. "A General Equilibrium Approach to Monetary Theory". Fondo de Cultura Económica.
- Varian, H. (1997). *Análisis microeconómico intermedio*. Antoni Bosh.
- Wicksell, J.G.K. (1898). *Interests and Prices*. Macmillan, 1936.

*La demanda por inversión en maquinaria
y equipo en Puerto Rico desde 1960 al 2000:
Una estimación clásica
(Reseña de Tesis de Maestría)*

Rosario Rivera Negrón *

Introducción

El objetivo principal de esta investigación es estimar para el caso de Puerto Rico una función de Inversión en Maquinaria y Equipo. Esta estimación es útil para proyectar la inversión y evaluar su comportamiento. Tomaremos como medida de inversión la inversión en maquinaria y equipo, la tasa de interés real como tasa de referencia, y el Producto Interno Bruto.

La teoría macroeconómica nos dice en términos generales que la inversión es una función de la tasa de interés real y el producto bruto de un país: establece que “la función teórica de demanda de inversión incluye dos cosas: la inversión de reposición como una función del nivel de producto y de la tasa de interés, y la inversión neta como función de los cambios en el producto y de la tasa de interés, [...] la teoría nos lleva a una función de inversión de la forma $I=I(r,Y)$ ” (Branson, 1995:p. 238), donde r representa la tasa de interés y Y representa el ingreso o Producto Bruto. Esta función de inversión será la función de referencia de este trabajo.

En Puerto Rico, la atención de muchos investigadores en el campo de la economía se ha dirigido al estudio de la inversión en construcción. La información principal sobre inversión en maquinaria y equipo en Puerto Rico se recoge en los Informes Económicos al Gobernador que elabora la Junta de Planificación del Gobierno, y encontramos en la investigación sobre inversión en maquinaria y equipo por los pasados cuarenta años que dicha partida fue perdiendo relevancia al pasar del tiempo, al punto que prácticamente no aparece en algunos informes de los pasados años.

Es importante que en Puerto Rico se estudien otros posibles indicadores de crecimiento; crecimiento que tenga por consecuencia el mejoramiento de nuestra capacidad productiva y competitividad en un mundo donde los avances tecnológicos y el desarrollo de mejores formas de producción van tomando un lugar protagónico a pasos agigantados. Puerto Rico comprende una geografía limitada, un espacio

geográfico finito. Por ende, la construcción es limitada, y si no lo ha sido hasta ahora, llegará el momento en que esta geografía limitará su crecimiento. Las inversiones innovadoras tendrán que venir por la parte de Maquinaria y Equipo, cuando dichas inversiones son las que recogen el cambio y la innovación tecnológica necesaria para incrementar y desarrollar la productividad y la competitividad.

La importancia de plantear estudios como el nuestro pone en perspectiva el peso que tiene la inversión en la economía, su crecimiento, y además en la capacidad productiva de un país.

Variables Generales del Estudio

- Inversión en Maquinaria y Equipo (a precios constantes de 1954): comprende la data histórica de una de las partidas más importantes de la Inversión Total (interna bruta). En adelante “Inversión”.
- Tasa de interés real – corto y largo plazo: comprende la data histórica de la tasa de interés preferencial (Prime Rate) ajustada por la inflación de Puerto Rico y Estados Unidos, y la tasa de largo plazo de instrumentos del Tesoro con vencimiento a diez años, también ajustada por la inflación de Puerto Rico y Estados Unidos.
- Producto Interno Bruto (a precios constantes de 1954): la inversión es uno de los componentes más importantes en la demanda interna de bienes y servicios, y por tanto, en el producto bruto.

Planteamiento general de las hipótesis

Para propósitos de este estudio planteamos y sometimos a prueba las siguientes hipótesis partiendo de un modelo clásico de Inversión:

- La “Inversión” es una función de la tasa de interés.
- La “Inversión” y la tasa de interés presentan una relación inversa.
- La “Inversión” es una función del ingreso (Producto Bruto), aumentando a medida que se incrementa el Producto Bruto pero no al mismo ritmo.

* Graduada del Departamento de Economía, Universidad de Puerto Rico.

Trasfondo Histórico-Económico

Para examinar la evolución de la inversión en maquinaria y equipo en el país, se divide la historia en dos períodos generales por motivos prácticos para el análisis: del 1960 al 1980, y del 1980 al 2000. Esto es debido a que en esos dos grandes sub-períodos se experimentaron distintas tasas de crecimientos en inversión y distintos eventos en la economía de PR, por ejemplo: la expansión industrial a principios de los sesenta, la recesión y el consecuente *shock* petrolero en la primera mitad de la década de los setenta, la recesión de la primera década de los ochenta, y la recesión correspondiente al principio de la década de los noventa.

En las primeras décadas del período, la inversión en maquinaria y equipo proveía el estímulo más fuerte a la economía de Puerto Rico. La inversión interna bruta constituye otro de los elementos principales de la demanda interna de bienes y servicios y cuyo comportamiento es vital para la capacidad productiva de la economía. A grandes rasgos, del 1960 al 1980, se experimentó un crecimiento y una expansión en la inversión en maquinaria y equipo significativos, excepto por la secuela de la recesión del 1971.

Para el sub-período del 1980 al 2000, las tasas de crecimiento fueron conservadoras de año en año, con altos y bajos en comparación con el sub-período anterior. Para los años '90 las tasas de crecimiento se encontraban en cifras de un solo dígito hasta el año 1998.

En el período del 1960 al 2000 se han experimentado siete recesiones. De estas siete, las más significativas para Puerto Rico por sus efectos en la economía local han sido las últimas cuatro. La primera de estas recesiones ocurrió a mitad de los años '70, la segunda y tercera a comienzos de los '80, y la cuarta ocurrió a principios de los '90. Cada recesión se asocia con sucesos económicos mundiales o con sucesos de la economía estadounidense. La primera recesión – 1973-75 – estuvo vinculada al '*shock*' petrolero y el comienzo de la llamada 'crisis de energía'. Las dos recesiones subsiguientes – 1980, 1981-82 – se relacionaron con el segundo '*shock*' petrolero resultado de la guerra entre Irán e Irak, también con el comienzo de una política monetaria restrictiva a partir del 1979, y con aumentos constantes en los precios de las materias primas y otros productos básicos. La última de estas recesiones, 1990-91, se asoció con la Guerra del Golfo Pérsico. El caso de Puerto Rico, la respuesta económica es similar al de los Estados Unidos. La recesión de los años fiscales 1974-

75 fue la primera recesión seria en Puerto Rico en el periodo del 1960-2000. La recesión de los años fiscales 1982-83 fue la más severa de todas para la economía local. Finalmente, la última de estas cuatro recesiones fue la más moderada.

Teoría de Inversión

La teoría de inversión según descrita en los principales textos macroeconómicos (Branson 1995), nos indica lo siguiente referente a su composición y sus determinantes:

"La función teórica de la demanda de inversión incluye dos cosas: la inversión de reposición como una función del NIVEL del producto y de la tasa de interés, y la inversión neta como función de los CAMBIOS en el producto-el principio del acelerador- y de la tasa de interés. Este marco teórico de referencia incluye el COSTO DE USO DEL CAPITAL como una variable que explica el acervo del capital. El análisis del costo de uso nos introduce en el papel que tienen las utilidades y la liquidez como determinantes parciales de la demanda de inversión a través de la tasa de interés y del costo de uso. [...] la teoría nos lleva a una función de inversión de la forma $I=I(R,Y)$, en el modelo estático, donde $di/dy>0...$ ".

El modelo estático del Valor Presente explica la cantidad de inversión neta que llevará al acervo de capital hasta el total óptimo necesario para producir un nivel dado de producto a una tasa de interés determinada. Una vez instalado este acervo, no hay incentivos para inversiones netas posteriores, a menos que el nivel de producto o la tasa de interés cambien. Es el crecimiento del producto el que induce una inversión NETA continuada. [...] la relación entre la TASA DE CRECIMIENTO del producto y el nivel de inversión neta señalado en la sección anterior es denominado el PRINCIPIO DEL ACELERADOR, pues indica que se necesita un aumento en la tasa de crecimiento del producto-una aceleración-para elevar el nivel de inversión..." (pág. 238).

En términos generales, lo que nos indica la cita anterior es que la función de demanda de inversión es determinada por la tasa de interés y el nivel de ingreso, y que los cambios adicionales a un acervo de capital existente se darán en el momento en el que se experimente una variación en el producto o nivel de

ingreso, y en la tasa de interés prevaleciente en el momento.

Keynes define la tasa de inversión como el “incremento neto del capital de la comunidad durante un periodo de tiempo” (Keynes, 1935). Si existieran las condiciones de un mercado perfecto en donde las empresas pudieran comerciar capital a cada momento, las empresas querrían comprar (o vender) el capital instantáneamente siempre y cuando la productividad marginal del capital exceda (o sea menos que) el costo real del capital en su forma más pura, o sea, la tasa de interés i .

La formación de capital se refiere al incremento en el acervo de capital que resulta del gasto en inversión, e incluye el mejoramiento en la calidad del capital (Chirinko, 1994). La formación de capital dependerá de la demanda y oferta de fondos. La demanda de fondos está representada por la demanda de bienes de inversión de las firmas (I). La curva de la Inversión relaciona el gasto de inversión de una firma a las tasas de interés (i). A lo largo de la curva, otros factores que afectan la Inversión se mantienen constantes, tales como técnicas de producción, condiciones del mercado donde se venden los bienes, y el nivel de confianza de negocios. La curva de inversión muestra como el gasto de inversión aumenta a medida que cae la tasa de interés. La pendiente negativa de la curva se deriva del supuesto de que, frente a un grupo de proyectos, la firma invertirá primero en los proyectos que sean más rentables. Debido a que los proyectos iniciales son más beneficiosos o lucrativos, las firmas estarán dispuestas pagar una tasa de interés más alta para tomar prestados los fondos. A medida que continúa la inversión, los rendimientos de los proyectos restantes comenzarán a declinar. Como resultado, las firmas invertirán en ellos sólo si perciben una tasa de interés más baja.

Crecimiento económico:

Existen al menos tres razones para sospechar que la inversión en equipo pueda ser un potente estímulo para el crecimiento económico (DeLong y Summers, 1991). **Primero**, los relatos históricos del crecimiento económico, invariablemente, asignan un rol central a la mecanización. Los historiadores económicos han visto los países más ricos como aquellos que fueron los primeros en inventar y aplicar tecnologías intensivas en capital, en las cuales las máquinas incorporaban el más avanzado conocimiento tecnológico (Usher, 1920; Landes, 1969; Pollard, 1982 en DeLong y Summers, 1991). La historia del crecimiento económico a veces se ha narrado como que las naciones y las industrias o aprovechaban la

oportunidad de intensificar su especialización en manufactura y crecían rápidamente, o fallaban en aprovechar dichas oportunidades y se estancaban (Rostow, 1958; Gerschenkron, 1962 en DeLong y Summers, 1991). **Segundo**, las discusiones sobre crecimiento económico en las tradiciones teóricas de la nueva teoría de crecimiento (Romer, 1986 en DeLong y Summers, 1991) y la economía del desarrollo (Hirschman, 1958; Chenery *et al.*, 1986 en DeLong y Summers, 1991), hacen énfasis en las economías externas o los ‘eslabonamientos’ como las causas del crecimiento. Es natural pensar que los ‘derramamientos’ (*spillovers*) son mayores en unos sectores que en otros. La manufactura es responsable de cerca del 95% de la investigación y desarrollo del sector privado en América, y dentro de la manufactura el sector de equipo es responsable por más de la mitad de la investigación y desarrollo (Summers, 1990 en DeLong y Summers, 1991). **Tercero**, se alega que un número de países han sido exitosos en experimentar rápido crecimiento económico, persiguiendo así un acercamiento de “estado de desarrollo” dirigido por el gobierno.

Revisión Literaria

En general, la literatura reciente (desde 90’s al 2004) respalda el planteamiento principal de esta investigación, el cual es comenzar a atender la importancia que puede tener la inversión en maquinaria y equipo para motivos de estudio de nuevos indicadores de crecimiento.

- Hill (1964) – Aunque es un estudio de más de 20 años, es importante por los hallazgos de su investigación que aportan a levantar el asunto de que la asociación entre crecimiento e inversión viene por la parte de maquinaria y equipo.
- McCarthy (2001) – Su aportación es relevante a nuestro estudio ya que nos ayuda a enfatizar también la importancia de la inversión en maquinaria y equipo en el siglo 21, además en términos de metodología sostiene las variables que utilizamos.
- Abdi (2004) – Sugiere que la aportación al crecimiento económico de la inversión en maquinaria y equipo apenas se está comenzando a estudiar seriamente en años recientes en las economías desarrolladas como Canadá.

- Chetty (2004) – Ofrece una visión alterna a la teoría sobre el comportamiento esperado de la variable de Inversión respecto a la variable de tasa de interés, algo que estaremos mirando muy de cerca cuando se estime el modelo. En términos de variables, sustenta las que utilizamos en el estudio (inversión fija y tasa de interés), y explica las relaciones entre ellas.
- DeLong y Summers (1991) – Aportan significativamente a las conclusiones que ya se comenzaron a presentar en la literatura anterior, enfatizando en la “clara, fuerte y robusta relación estadística” entre las tasas nacionales de inversión en maquinaria y equipo y de crecimiento en la productividad.
- Frain, Howlett y McGuire (1996) – Es el estudio que ayuda a definir la metodología de esta investigación validando la inclusión de la inversión en maquinaria y equipo y la tasa de interés con rezago como variables explicativas.
- Curet (1986) – Resulta interesante que sólo la función de inversión externa (flujo de capital desde EEUU) responde a la tasa de interés según sugiere la teoría general, y más interesante, a la tasa de interés preferencial (“Prime rate”). Metodológicamente, la inclusión de variables como el PIB, la tasa de interés y la inversión rezagada serán parte de este estudio.
- Méndez (2000) – Metodológica y teóricamente, no se asemeja a nuestro estudio. Aún así, ofrece luz sobre una posible variable a considerar para nuestro modelo: bienes de consumo. Aparte de eso, sólo podemos utilizar el estudio como referencia general hacia un intento por modelar la inversión en maquinaria y equipo para Puerto Rico, partiendo de la aplicación del principio de aceleración en Puerto Rico.

Modelo Empírico:

Según la teoría keynesiana, la inversión depende de la tasa de interés (real) y de la producción agregada.

$$I_t = \beta_0 + \beta_1 R_{t-1} + \beta_2 Y_t + \beta_3 D + \dots + \varepsilon_t$$

Donde:

I_t = Inversión en maquinaria y equipo en el período t

R_{t-1} = Tasa de interés (real) en el período $t-1$

Y_t = Producto Interno Bruto en el período t

D = Variable Categórica que recoge algún cambio estructural (intercepto y/o pendiente)

... = Variables adicionales que puedan surgir de la estimación econométrica (Ejemplo: variables con rezago, factores de corrección, entre otros)

β_i = Parámetros a ser estimados para cada variable

ε_t = Elemento estocástico

El modelo se estimó para cuatro escenarios principales:

La razón para modelar estos cuatro escenarios es que la teoría establece que la inversión es una función de la tasa de interés, mas no especifica cual tasa es la indicada para utilizar en el análisis. Además, existen otros trabajos que han utilizado la tasa de fondos federales como tasa de interés de referencia, así que para comparar se utilizó en este estudio la tasa preferencial manejada por la Reserva Federal. Por otro lado, como la inversión (específicamente, la inversión en maquinaria y equipo) tiene larga duración, se utiliza entonces una tasa de interés de largo plazo para mercados de capital. En adición, además de tomar en cuenta la tasa de inflación de Puerto Rico para el ajuste de las tasas de interés, como parte de la inversión en Puerto Rico es extranjera, se tomó en cuenta la tasa de inflación de Estados Unidos pues siempre existe la disyuntiva de cuál tasa de inflación es la relevante.

1. La inversión en maquinaria y equipo como una función del producto interno y la tasa de interés de corto plazo, ajustada por la inflación de Puerto Rico.
2. La inversión en maquinaria y equipo como una función del producto interno y la tasa de interés de corto plazo, ajustada por la inflación de Estados Unidos.
3. La inversión en maquinaria y equipo como una función del producto interno y la tasa de interés de largo plazo, ajustada por la inflación de Puerto Rico.
4. La inversión en maquinaria y equipo como una función del producto interno y la tasa de interés de largo plazo, ajustada por la inflación de Estados Unidos.

VARIABLES:

1. I = Inversión en maquinaria y equipo para el período de estudio (1960-2000), a precios constantes de 1954, en años fiscales.
2. Y = Producto Interno Bruto para el período de estudio (1960-2000), a precios constantes de 1954, en años fiscales.
3. RPR(-1) = Tasa de interés real a largo plazo, ajustada por la inflación de Puerto Rico para el período de estudio (1960-2000), en años fiscales, con rezago de un período.
 - a. Tasa de Referencia: *Instrumentos del Tesoro con vencimiento de 10 años.*
4. RUSA(-1) = Tasa de interés real a largo plazo, ajustada por la inflación de Estados Unidos para el período de estudio (1960-2000), en años fiscales, con rezago de un período.
 - a. Tasa de Referencia: *Instrumentos del Tesoro con vencimiento de 10 años*
5. RPRIMEPR(-1) = Tasa de interés real a corto plazo, ajustada por la inflación de Puerto Rico para el período de estudio (1960-2000), en años fiscales, con rezago de un período.
 - a. Tasa de Referencia: *Tasa Preferencial*
6. RPRIMEUSA(-1) = Tasa de interés real a corto plazo, ajustada por la inflación de Estados Unidos para el período de estudio (1960-2000), en años fiscales, con rezago de un período
 - a. Tasa de Referencia: *Tasa Preferencial*
7. DUMMY = Variable categórica que examina el efecto del *shock* petrolero, y a la que se le adjudican los siguientes valores:
 - a. Antes de 1974 = 0
 - b. 1974 en adelante = 1

Análisis de Resultados

Estimaciones:

Todos los modelos incluyen una transformación logarítmica en las series (Y, I), pero no de la serie de tasa de interés, para normalizar las series y para controlar la heterocedasticidad. Esta fue la especificación que mejor ajustó los datos.

Primer Escenario: La tasa de interés de corto plazo, ajustada por la inflación de Puerto Rico.

$$\begin{aligned} \text{LOG}(I) = & -5.963 + 1.444*\text{LOG}(Y) - \\ & 0.035*\text{RPRIMEPR}(-1) - 0.471*\text{DUMMY} \\ t & \quad [-10.51] \quad [19.93] \quad [-3.28] \quad [-5.74] \\ p & \quad (0.0000) \quad (0.0000) \quad (0.0024) \quad (0.0000) \\ & + 0.357 \text{ MA}(1) + e \\ & \quad \quad [2.15] \\ & \quad \quad (0.0386) \end{aligned}$$

$$R^2=.968 \quad F\text{-stat}=270.67 \quad P\text{-Value (F-stat)}= 0.0000$$

Segundo Escenario: La tasa de interés de corto plazo, ajustada por la inflación de Estados Unidos.

$$\begin{aligned} \text{LOG}(I) = & -11.718 + 2.033*\text{LOG}(Y) - \\ & 0.021*\text{RPRIMEPR}(-1) - 0.247*\text{DUMMY} \\ t & \quad [-2.54] \quad [4.33] \quad [-2.25] \quad [-2.44] \\ p & \quad (0.0162) \quad (0.0001) \quad (0.0313) \quad (0.0206) \\ & + 0.563 \text{ AR}(1) + 0.364 \text{ AR}(2) + e \\ & \quad \quad [3.27] \quad [2.21] \\ & \quad \quad (0.0345) \quad (0.0025) \end{aligned}$$

$$R^2=.976 \quad F\text{-stat}=270.23 \quad P\text{-Value (F-stat)}= 0.0000$$

Tercer Escenario: La tasa de interés de largo plazo, ajustada por la inflación de Puerto Rico.

$$\begin{aligned} \text{LOG}(I) = & -3.088 + 2.282*\text{LOG}(Y) - \\ & 0.028*\text{RPR}(-1) - 1.562*\text{LOG}(Y(-2)) \\ t & \quad [-4.60] \quad [5.24] \quad [-2.43] \quad [-3.97] \\ p & \quad (0.0001) \quad (0.0000) \quad (0.0209) \quad (0.0004) \\ & + 0.491*\text{LOG}(I(-1)) - 0.143*\text{DUMMY} + e \\ & \quad \quad [4.60] \quad [-1.81] \\ & \quad \quad (0.0001) \quad (0.0796) \end{aligned}$$

$$R^2=.978 \quad F\text{-stat}=301.93 \quad P\text{-Value (F-stat)}= 0.0000$$

Cuarto Escenario: La tasa de interés de largo plazo, ajustada por la inflación de Estados Unidos.

$$\begin{aligned} \text{LOG}(I) = & -15.557 + 2.406*\text{LOG}(Y) - \\ & 0.012*\text{RPR}(-1) - 0.161*\text{DUMMY} \\ t & \quad [-3.09] \quad [4.74] \quad [-1.33] \quad [-1.61] \\ p & \quad (0.0041) \quad (0.0000) \quad (0.1920) \quad (0.1178) \\ & - 0.916 \text{ AR}(2) + 0.819 \text{ MA}(1) + e \\ & \quad \quad [22.95] \quad [7.87] \\ & \quad \quad (0.0000) \quad (0.0000) \end{aligned}$$

$$R^2=.974 \quad F\text{-stat}=243.53 \quad P\text{-Value (F-stat)}= 0.0000$$

Resumen de Resultados:

Todos los modelos son consistentes y llevan a los mismos resultados: la tasa de interés real y el Producto Interno Bruto determinan el nivel de inversión en el período t . Como se puede apreciar en el análisis, no sólo se probaron las hipótesis partiendo de una teoría clásica de inversión para el período de estudio, sino que se incorporaron los principios básicos de aceleración respecto a los efectos de los cambios en la producción agregada y en la inversión misma como predictores del nivel de inversión en un período dado. Los modelos ofrecen un buen ajuste de regresión en general, explicando un alto por ciento de las variaciones totales en la variable independiente, y presentaron una buena efectividad total. Los problemas econométricos fueron corregidos apropiadamente, sin tener que recurrir a manipulaciones extremas de los datos y sin sacrificar grados de libertad.

Finalmente, de acuerdo a los resultados de la estimación de cada uno de los modelos, las pruebas estadísticas realizadas, y al marco teórico que sostiene esta investigación, las dos conclusiones principales son las siguientes:

1. En un escenario de tasa de interés real de corto plazo, la inversión en maquinaria y equipo está mejor determinada por la tasa de interés preferencial real ajustada a la inflación de Estados Unidos, y al nivel actual de producción agregada. Donde el nivel actual de producción tiene un mayor peso porcentual en el crecimiento de la inversión, y esta responde inversamente a incrementos en tasa de interés.
2. En un escenario de tasa de interés real de largo plazo, la inversión en maquinaria y equipo está mejor determinada por la tasa de interés de largo plazo (Instrumentos del Tesoro con vencimiento a diez años) ajustada a la inflación de Puerto Rico, al nivel actual de la producción, a niveles pasados de producción, y al nivel de inversión del período anterior.

Conclusiones:

- Hemos demostrado que en un modelo de corto plazo la Inversión en Maquinaria y Equipo en Puerto Rico para el período de 1960 al 2000 ha sido determinada por la tasa de interés preferencial real ajustada por la inflación de Estados Unidos y el nivel actual de producción, en cuyo caso aumentos en la tasa preferencial real han provocado reducción en el nivel de inversión y

aumentos en el nivel del Producto Interno Bruto han provocado aumentos en la inversión.

- Hemos demostrado que en un modelo de largo plazo, la Inversión en Maquinaria y Equipo en Puerto Rico para el período de 1960 al 2000 ha sido determinada por la tasa de interés de instrumentos del Tesoro de EEUU ajustada por la inflación de Puerto Rico, el nivel actual de producción y el nivel de inversión del período anterior. En este caso, también se ha evidenciado que los aumentos en tasa de interés provocan reducciones en la inversión, y que los niveles de Producto Interno Bruto y de la inversión pasada son determinantes para el aumento en el nivel actual de inversión en maquinaria y equipo.

Recomendaciones:

- Por ser un tema que aún en países desarrollados se encuentra en ciernes en el ámbito de la investigación, entendemos que este estudio se puede ampliar para que ese comienzo conlleve investigaciones más abarcadoras sobre el tema en Puerto Rico, ya sea ampliando la muestra o añadiendo variables que puedan ser relevantes al análisis. Por ejemplo, los efectos en la base industrial, en la productividad, cambios tecnológicos, expectativas y la formación de capital.
- Como parte de nuestras recomendaciones entendemos que se pueden incluir variables adicionales como ganancias esperadas, el efecto de tasas contributivas sobre capital, incentivos a la inversión, la relación con bienes de consumo específicamente, índices de producción industrial, los rendimientos sociales a la inversión, entre otros, para desarrollar un modelo de crecimiento económico que mida el impacto en Puerto Rico de la aportación de la inversión en maquinaria y equipo.
- Se podrían intentar rescatar las variables que no resultaron significativas y/o que presentaron problemas econométricos si se amplía la muestra y se tratan de identificar relaciones y equilibrios de largo plazo.
- Este estudio pretende abrir las puertas de la investigación en Puerto Rico para comenzar el estudio sistemático y periódico de la estructura y aportación de la inversión en maquinaria y equipo a nuestra economía y su crecimiento.