

UN MODELO DE USO EFICIENTE DE LAS INFRAESTRUCTURAS PÚBLICAS

Rafaela M^a Pérez Sánchez

Departamento Fundamentos Análisis Económico I
Universidad Complutense
28223 Madrid

ABSTRACT

This paper designs a general equilibrium model with a public sector which builds up public infrastructure. Public consumption expenditure is necessary for an efficient use of public physical capital, so there exists a productive effect for such type of public spending. The normative results derived from this framework are then confronted to the standard non-productive public consumption model. Under the assumption of efficient public consumption, the percentage of total public expenditure that must be allocated to consumption is strictly positive. This optimal percentage is obtained from the equilibrium between two opposite effects led by public consumption on public physical capital: a positive efficiency effect and a negative crowding-out effect.

RESUMEN

En este artículo se formula un modelo teórico de equilibrio general con un sector público que acumula infraestructuras, en el que se incorpora un papel productivo para cierto consumo público que contribuye a un uso eficiente del capital público físico. Este modelo, de Uso Eficiente de las Infraestructuras, permite obtener conclusiones radicalmente distintas a las del modelo estándar de consumo público no productivo: bajo la hipótesis de consumo público eficiente, el Ratio de Composición del Gasto Público óptimo (la proporción de gasto público que debe destinarse a consumo) es estrictamente positiva. Este Ratio de Composición óptimo viene determinado por el equilibrio entre dos tipos de efectos que genera el consumo público sobre las infraestructuras nominativas: un efecto eficiencia positivo y un efecto desplazamiento negativo.

La autora desea agradecer los valiosos comentarios de José M. González-Páramo, Miguel Sebastián Gascón, A. Novales, J. Alonso Carrera, B. Manzano, E. Fernández Casillas, J. Ruiz Andújar, J. Pérez García, G. Marrero, J. Blázquez Lidoy, J. I. García de Paso, J. Vallés Liberal y R. Domenech. Igualmente desea agradecer la financiación obtenida del proyecto DGICYT PB95-0912 y los medios puestos a su disposición por el Instituto Complutense de Análisis Económico.

Dirección de contacto: Rafaela M^a Pérez Sánchez. Dpto. Fundamentos Análisis Económico I. Facultad CCEE. UCM. 28223 Campus de Somosaguas. Madrid. Tfno. 34 91 394 23 53. E-mail: ececo20@sis.ucm.es

1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la clasificación económica de las Cuentas Nacionales, dentro del gasto público no destinado a transferencias podemos distinguir dos grandes grupos, la inversión pública y el consumo público.

La inversión pública incluye todos aquellos gastos destinados a la construcción de infraestructuras públicas, entendidas en un sentido amplio, tanto infraestructuras de transporte (autopistas y calles, puertos y aeropuertos,...) como hospitales, colegios, alcantarillado, fábricas, etc. En definitiva, aquellos gastos públicos destinados a la formación de capital productivo físico de titularidad pública.

Por otro lado, forman parte del consumo público los gastos dedicados a la compra de bienes de consumo no duraderos y la obtención de servicios, así como sueldos de funcionarios. Por ejemplo, es consumo público el pago de médicos, profesores, policías o personal de la administración pública, así como la compra de materiales consumibles y gastos de mantenimiento necesarios para la adecuada explotación de los activos fijos públicos.

La suma de estas dos componentes (consumo e inversión) suele denominarse gasto público exhaustivo, en la medida que implica la absorción o utilización de recursos productivos, por contraposición a los gastos de transferencias al sector privado que forman parte de la renta disponible agregada pero no de la restricción agregada de recursos.

En la última década ha surgido un amplio grupo de trabajos que ha estudiado los efectos diferenciados del consumo público y la inversión pública sobre el crecimiento y la productividad agregados o la inversión privada.

En la medida que el grueso de estos trabajos empíricos ha encontrado para la inversión pública efectos expansivos sobre el producto, así como efectos incentivadores de la inversión privada, los trabajos teóricos la han modelizado como un gasto productivo que incrementa la productividad de los factores privados a través de la acumulación de infraestructuras. Por su parte, los efectos encontrados para el consumo público (desplazamiento de la inversión privada y reducción de la tasa de crecimiento de la economía) han hecho que los modelos teóricos suelen introducirlo como un gasto no productivo aunque con efectos sobre la utilidad de los agentes. Los trabajos más referenciados que utilizan este enfoque son Barro (1990) y Futagami y otros (1993) en un contexto determinista, y Baxter y King (1993), Ambler y Paquet (1996) o Lansing (1998) en modelos de ciclo económico. Todos ellos utilizan una inversión pública con efecto sobre la productividad agregada y un consumo público incluido en la función de bienestar de los consumidores.

En línea con este contexto académico, la Zona Euro ha plasmado su política de disciplina presupuestaria en una reorientación del gasto público a favor de la inversión y en detrimento de los gastos corrientes: en el quinquenio 93-98, la reducción de las necesidades de financiación pública (3.2 puntos porcentuales del PIB) se ha debido fundamentalmente a recortes de las partidas de consumo (1.1 p.p. del PIB, ver Ortega (2000)).

En contraposición a estos resultados, y desde un punto de vista teórico, cabe

concebir el servicio proporcionado por los bienes públicos, y en particular las infraestructuras, como el resultado de un proceso productivo en el que intervienen conjuntamente tanto el gasto en inversión para la obtención de bienes de capital, como el gasto de consumo corriente para la explotación y mantenimiento de dichos bienes de capital. Por ejemplo, no sería productivo un hospital o un colegio sin médicos o profesores, o sin los materiales sanitarios y educativos necesarios. Igualmente, no realizar gastos para el mantenimiento de una autopista implica una degeneración progresiva de la misma, con lo que terminaría por ser inservible.

Estos ejemplos nos permiten apoyar la hipótesis de que los servicios obtenidos del capital público por el sector privado dependen en cierto grado del consumo público corriente utilizado para la explotación y mantenimiento de dicho stock. La idea subyacente es la de que el consumo corriente puede tener un papel productivo en cuanto contribuye a un uso eficiente del capital público físico. Si esto es así, políticas indiscriminadas de reducción de todo tipo de consumo público, sin distinguir según su función económica, puede ser nocivo para la productividad global de los factores productivos, en particular de las infraestructuras públicas, pudiendo afectar negativamente a la producción.

En línea con estas ideas encontramos los trabajos de Hulten (1996) y Devarajan y otros (1996). Hulten (1996) realiza un estudio empírico de crecimiento con un grupo de países en desarrollo en el que incluye una variable que aproxima la eficiencia en la utilización del stock de infraestructuras existente. El autor concluye que más del 40% de los diferenciales de crecimiento entre países se debe a lo que llama 'efecto eficiencia', consistente en diferencias en el uso efectivo de las infraestructuras, mientras que el diferencial debido a la formación de nuevo stock de capital es despreciable.

Por su parte, Devarajan y otros (1996) encuentran para un grupo de países en desarrollo que los gastos públicos de inversión resultan improductivos en el margen, mientras que los gastos corrientes (incluyendo consumo y transferencias) son productivos en el margen. Ellos lo justifican indicando que el carácter productivo o no de los gastos públicos depende no sólo de su productividad (aproximada por la magnitud de su parámetro tecnológico en la función de producción) sino también de la proporción del gasto total destinado a ambos tipos de gasto, y que consideran excesiva para la inversión pública en este grupo de economías.

En el presente artículo, se incorpora la hipótesis de uso eficiente de las infraestructuras en un modelo de equilibrio general. Se parametriza la tecnología agregada mediante una función de producción Cobb-Douglas que incorpora el supuesto estándar de infraestructuras complementarias de los factores privados y se introduce como aportación el concepto de unidades efectivas de capital público. Estas unidades efectivas son resultado de la interacción de los dos tipos de gasto público que hay en el modelo: aquéllos que acumulan capital físico (inversión) y aquéllos empleados en la explotación y mantenimiento del capital físico (consumo corriente).

Utilizamos una modelización flexible que nos permite recoger como caso particular de nuestro modelo el supuesto estándar de que el consumo público es un gasto no productivo, con sólo restringir a cero el valor de un parámetro. El caso particular de consumo no productivo se emplea como marco de referencia con el que

comparar los resultados del modelo de eficiencia. De esta forma, el modelo teórico propuesto servirá como instrumento analítico que permite evaluar si la orientación actual de la política económica, consistente en la reducción del tamaño del gasto público fundamentalmente a costa de los gastos corrientes, es la adecuada para la consecución simultánea de los objetivos de reducción del tamaño del sector público y el mantenimiento de la productividad agregada, tal y como aparecen recogidos por ejemplo en el Pacto de Estabilidad y Crecimiento, y que están igualmente implícitos en la política de otras zonas económicas.

2 MODELO

Se plantea un modelo de equilibrio general en tiempo discreto. La economía está poblada por un gobierno, un gran número de empresas idénticas y un gran número de consumidores idénticos. Todos ellos tienen vida infinita. Se trata de una economía no monetaria, donde el único bien que se produce se utiliza como numerario y los precios se han normalizado a la unidad.

La actividad del gobierno se modeliza a través de sendas de gasto público sobre el PIB, ingresos impositivos sobre PIB y proporción de gasto público dedicado a consumo corriente. Las empresas actúan de forma competitiva y emplean trabajo, capital privado y capital público gratuito en su proceso productivo. Los hogares toman decisiones de consumo e inversión, para unos precios dados de los factores y una política fiscal dada.¹

2.1 Gobierno:

El sector público de nuestra economía recauda impuestos sobre las rentas del trabajo y del capital de los consumidores, y destina los ingresos derivados de su actividad recaudatoria a financiar una senda de gasto público.

Se supone un gravamen proporcional uniforme para las rentas del trabajo y del capital², Υ_t , y una senda de gasto público exhaustivo (consumo más inversión) como porcentaje variable del output, Γ_t . Por tanto, el volumen de impuestos (T_t) y gastos (G_t), en términos agregados per capita es:

$$T_t = \Upsilon_t \cdot [w_t N_t + r_t K p_t] \quad (1)$$

$$G_t = \Gamma_t \cdot Y_t \quad (2)$$

siendo $w_t N_t$ y $r_t K p_t$ las rentas agregadas del trabajo y del capital, respectivamente, expresadas en términos per capita.

¹Para el seguimiento de este apartado puede ser de utilidad acudir al apéndice (5.1), donde se detalla la definición de las variables empleadas.

²Suponemos impuestos uniformes para ambos tipos de renta porque no nos interesan los efectos de distintas estructuras impositivas sino su naturaleza distorsionante de las decisiones privadas.

Los recursos no utilizados en gasto público se transfieren a los agentes en forma de transferencia de suma fija³. El presupuesto público siempre está equilibrado, de modo que las transferencias se obtienen de forma residual a partir de la siguiente identidad:

$$TR_t = T_t - G_t \quad (3)$$

donde TR_t es el nivel agregado per capita de transferencias al sector privado.

El gasto público se destina a inversión o a gastos corrientes. Consideramos incluidos en la primera el gasto en infraestructuras en sentido amplio, tal como se han definido en la introducción. El consumo público, en cambio, incluye el conjunto de gastos corrientes necesarios para la explotación y mantenimiento de las infraestructuras públicas, así como gastos destinados a la protección de los derechos de propiedad (policía, administración de justicia,...) en tanto en cuanto suponen una externalidad positiva para toda actividad productiva e inversora.⁴

El gasto público se destina en una proporción Φ_t a consumo corriente, con lo que los niveles agregados per capita de consumo público, Cg_t , e inversión pública, Ig_t , se definen como:

$$Cg_t = \Phi_t \cdot G_t = \Phi_t \cdot \Gamma_t \cdot Y_t \quad (4)$$

$$Ig_t = (1 - \Phi_t) \cdot G_t = (1 - \Phi_t) \cdot \Gamma_t \cdot Y_t \quad (5)$$

La ley de evolución del stock de capital público per capita viene dada por la expresión:

$$\begin{aligned} Kg_t &= (1 - \delta_g) \cdot Kg_{t-1} + Ig_t \\ &= (1 - \delta_g) \cdot Kg_{t-1} + (1 - \Phi_t) \cdot \Gamma_t \cdot Y_t \end{aligned} \quad (6)$$

Siendo Kg_t el stock de infraestructuras per capita disponible para su uso en el proceso productivo al principio del periodo $t + 1$ y δ_g su tasa de depreciación.

Denotamos como $\Pi = \{\Upsilon_t, \Gamma_t, \Phi_t\}_{t=0}^{\infty}$ a la política pública exógena. Los ratios Υ_t, Γ_t y Φ_t están definidos en el intervalo $[0, 1)$.

2.2 Empresa

Existe un único bien en la economía, no almacenable, que puede destinarse indistintamente a consumo o invertirse en el proceso productivo.

La empresa utiliza en su proceso productivo tres tipos de factores:

³Usamos el término 'suma fija' como sinónimo de 'no distorsionante'.

⁴Todo el gasto de carácter militar, consumo e inversión, se considera excluido del modelo.

- stock de capital privado, Kp , y trabajo, N , que alquila a los hogares a cambio de un tipo de interés y un salario,
- stock de infraestructuras, Kg , que obtiene de forma gratuita como resultado de la actividad pública⁵.

La tecnología de que dispone la empresa se supone Cobb-Douglas, con rendimientos constantes en los factores privados (Kp y N). Esta parametrización de la tecnología impone elasticidad de sustitución unitaria entre los factores e implica que la proporción de Renta Nacional que percibe cada uno de los dos factores de producción es constante e igual a su elasticidad-producto. Su utilización es estándar en los trabajos previos porque la proporción de las rentas del capital y de los salarios sobre el total de las Rentas Nacionales en las economías observadas presenta una considerable estabilidad temporal (ver King, Plosser y Rebelo (1988)).

En la tecnología formulada, el stock de infraestructuras actúa como factor de producción complementario (en sentido de Edgeworth) de los inputs privados, en el sentido de que aumentos en dicho stock afectan positivamente a los productos marginales del trabajo y el capital privado. Esta modelización es utilizada, entre otros, por Barro (1990) o Futagami y otros (1993) en un contexto determinista, y Baxter y King (1993)⁶ o García-Milá (1987) en un modelo dinámico estocástico, por señalar alguno de los trabajos más replicados.

En el presente modelo, las infraestructuras son introducidas en la función de producción de la empresa en términos per capita y no su valor de stock agregado. Esto implica que se modelizan como un bien privado provisto de forma pública (véase la clasificación realizada por Barro y Sala-i-Martin (1992)), ya que no verifican las propiedades de no rivalidad y no exclusividad que caracterizan a los bienes públicos puros. Esta opción es también la elegida por Baxter y King (1993) o Barro (1990), salvo que este último introduce en la función de producción el flujo de inversión pública, en lugar del stock de capital público.

La aportación del modelo aquí propuesto se encuentra en la formulación de la función de producción, donde se considera que la variable relevante en el proceso productivo privado no es el stock 'nominativo' de infraestructuras, sino su stock 'efectivo'. Para ello, se pondera el stock de capital público por una función exponencial del ratio Φ definido anteriormente, es decir, de la proporción del gasto público exhaustivo (consumo más inversión) dedicado a gastos para la explotación y mantenimiento de las infraestructuras públicas. La formulación empleada recoge la hipótesis, planteada en la introducción, de que el consumo público puede tener un papel productivo en cuanto contribuye al uso eficiente del capital público físico.

⁵Una amplia literatura, tanto de corte teórico como empírico, aporta evidencia de un efecto significativo de las infraestructuras sobre la productividad agregada y el crecimiento económico. Destacan los trabajos de Aschauer (1988, 1989), y más recientemente Erenburg (1993), Easterly y Rebelo (1993) o Erenburg y Wohar (1995), entre otros.

⁶La estructura del modelo presentado aquí es muy semejante a la de Baxter y King (1993), salvo por el hecho de que ellos emplean oferta de trabajo elástica e introducen progreso técnico en la función de producción.

La formulación de la tecnología es la siguiente:

$$Y_t = F(N_t, Kp_{t-1}, Kg_{t-1}, \Phi_t) = z_t \cdot N_t^{1-\alpha} \cdot Kp_{t-1}^\alpha \cdot \left(e^{\lambda\Phi_t} \cdot Kg_{t-1} \right)^{\alpha^g}$$

donde : $z_t > 0$, $\alpha, \alpha^g \in (0, 1)$, $t = 0, 1, \dots$, (7)

Donde z_t representa la productividad total de los factores.

Kg_{t-1} y Φ_t vienen determinados de forma exógena, y Kp_{t-1} está determinado al final del periodo $t - 1$. El parámetro λ permite flexibilizar el modelo para que recoja distintos escenarios de efecto eficiencia del consumo público sobre las infraestructuras, desde un λ nulo para recoger el caso estándar de consumo público no productivo hasta valores estrictamente positivos para recoger el modelo de uso eficiente de las infraestructuras.

Asimismo, exigimos rendimientos decrecientes a escala en los stocks de capital (Kp y Kg) para evitar la existencia de crecimiento endógeno sostenido en el estado estacionario, como se discute más adelante.

Por tanto, debe verificarse que:

$$(\alpha + \alpha^g) < 1$$

A lo largo del análisis se distinguirá, en cada instante t , entre las infraestructuras nominativas disponibles ($Kg_t^N = Kg_{t-1}$) y las infraestructuras efectivas ($E_t = e^{\lambda\Phi_t} \cdot Kg_{t-1}$). Igualmente, se define el nivel de eficiencia en el uso de las infraestructuras nominativas como $\psi_t = e^{\lambda\Phi_t} = E_t/Kg_t^N$. En el supuesto de que el parametro λ sea nulo, $\psi_t = 1, \forall t$. En cambio, si $\lambda > 0$, entonces $\psi_t > 1$ y se verifica que $\partial\psi_t/\partial\lambda, \partial\psi_t/\partial\Phi_t > 0$.

En la formulación de la función de producción se utiliza el ratio de consumo sobre el volumen total de gasto público, en lugar de introducir directamente el nivel de consumo, porque la variable relevante es el gasto de explotación y mantenimiento en relación al stock de infraestructuras existente, y no su importe absoluto. Sería equivalente emplear como aproximación al grado de eficiencia con que se usan las infraestructuras el ratio Cg/Ig , es decir, el número de unidades monetarias empleadas en la explotación y mantenimiento de cada unidad monetaria invertida.

La función de producción empleada verifica las propiedades estándar de productividad marginal positiva y decreciente para los tres factores (N, Kp, Kg), así como cuasiconcavidad. También satisface las condiciones de Inada.⁷

⁷Las condiciones de Inada establecen:

$$\begin{aligned} \lim_{Kp \rightarrow 0} [F'_{Kp}] &= \lim_{Kp \rightarrow 0} \frac{\alpha \cdot Kg^{\alpha^g}}{Kp^{1-\alpha}} \rightarrow \infty \\ \lim_{Kp \rightarrow \infty} [F'_{Kp}] &= \lim_{Kp \rightarrow \infty} \frac{\alpha \cdot Kg^{\alpha^g}}{Kp^{1-\alpha}} = 0 \\ \lim_{Kg \rightarrow 0} [F'_{Kg}] &= \lim_{Kg \rightarrow 0} \frac{\alpha^g \cdot Kp^\alpha}{Kg^{1-\alpha^g}} \rightarrow \infty \\ \lim_{Kg \rightarrow \infty} [F'_{Kg}] &= \lim_{Kg \rightarrow \infty} \frac{\alpha^g \cdot Kp^\alpha}{Kg^{1-\alpha^g}} = 0 \end{aligned}$$

Esta función de producción se caracteriza además por introducir un carácter de complementariedad para el ratio Φ respecto de los capitales privado y público, en el sentido de que incrementa la productividad marginal de los mismos, ya que se verifica:

$$\begin{aligned}\frac{\partial F'_{Kp}}{\partial \Phi} &= \frac{\lambda \cdot \alpha \cdot \alpha^g \cdot Y}{Kp} \quad (\geq 0 \Leftrightarrow \lambda \geq 0) \\ \frac{\partial F'_{Kg}}{\partial \Phi} &= \frac{\lambda \cdot (\alpha^g)^2 \cdot Y}{Kg} \quad (\geq 0 \Leftrightarrow \lambda \geq 0)\end{aligned}$$

La formulación propuesta para la tecnología es equivalente a la función de producción ampliada que estima Hulten (1996) en una regresión de convergencia para un corte transversal de países:

$$Y = K_p^\alpha \cdot H^\beta \cdot [\vartheta \cdot Kg]^\gamma$$

donde ϑ es una variable que aproxima el nivel de eficiencia en el uso de las infraestructuras, y por tanto, $\vartheta \cdot Kg$ aproxima el stock efectivo de infraestructuras. Para construir esta variable emplea un conjunto de indicadores físicos como porcentaje de llamadas telefónicas fallidas, pérdida de energía eléctrica generada, carreteras en buenas condiciones de uso.⁸

En el presente artículo se adopta esta formulación y se añade el supuesto de que el nivel de eficiencia ϑ , que es exógeno para Hulten (1996), se convierta en una variable endógena al modelo, al depender de una variable de política económica como es la proporción de gasto que el sector público destina a consumo corriente ($\psi = f(\Phi)$).

Por su parte, Devarajan y otros (1996) también introducen gastos corrientes en la función de producción, utilizando la siguiente parametrización de la tecnología:

$$y = f(k, g_1, g_2) = \left[\alpha k^{-\zeta} + \beta g_1^{-\zeta} + \gamma g_2^{-\zeta} \right]^{-1/\zeta}$$

siendo k el stock de capital privado, g_1 los gastos de inversión pública y g_2 los gastos públicos corrientes.

Suponiendo $\zeta = 0$, es decir, para la tecnología Cobb-Douglas, dicha función quedaría:

⁸Más recientemente, Aschauer (2000) reproduce el trabajo de Hulten incorporando consideraciones de financiación del gasto público en infraestructuras, y utilizando una función exponencial de eficiencia en el uso de infraestructuras:

$$\theta = \exp(\epsilon \cdot Eff)$$

siendo Eff una versión estandarizada del indicador físico de eficiencia del trabajo de Hulten (1996) y ϵ el parámetro estimado empíricamente para el panel de países analizado. Este último parámetro sería equivalente a nuestro parámetro λ de eficiencia de infraestructuras.

$$y = g(k, g_1, g_2) = \left[k^\alpha \cdot g_1^\beta \cdot g_2^\gamma \right] \quad (8)$$

La parametrización formulada en el presente trabajo es idéntica a la de Devarajan y otros en cuanto al carácter complementario del consumo público respecto del trabajo y los capitales privado y público. Aquí se emplea la formulación alternativa dada por (7) porque presenta alguna ventaja.

En primer lugar, cuando analicemos más adelante la regla de reparto óptimo del gasto público veremos que la formulación (8) presenta el inconveniente de que la composición óptima ($g_2/(g_1+g_2)$) depende negativamente de β , parámetro respecto del que existe una gran incertidumbre en la literatura empírica (como hemos visto en la revisión bibliográfica, las estimaciones oscilan en el intervalo 0 a 0.40).

La segunda ventaja de la formulación propuesta es que permite identificar un índice de grado de eficiencia en el uso de las infraestructuras públicas, que podría resultar interesante para estudios empíricos en la línea de Hulten (1996), que traten de explicar el diferencial de crecimiento entre países a partir de diferencias en el grado de eficiencia con que utilizan sus infraestructuras. La diferencia respecto de dicho autor es que añadiríamos endogeneidad de este índice de eficiencia respecto de una variable de política.

Continuando con la exposición del modelo, la empresa representativa decide, en cada instante t , los niveles de capital y trabajo que alquilará a los hogares tales que maximizen su función de beneficios:

$$\{N_t, Kp_t\} / \quad Max \quad Y_t - w_t N_t - r_t Kp_t \quad (9)$$

La demanda óptima de factor se determina mediante la igualdad de los precios de los factores productivos, w_t y r_t , que la empresa toma como dados, con el valor de la productividad marginal del trabajo y el capital, respectivamente.

Las condiciones de primer orden para el problema de optimización de la empresa son, por tanto:

$$w_t = (1 - \alpha) \cdot \frac{Y_t}{N_t} = w(N_t, Kp_t, Kg_t, \Phi_t) \quad (10)$$

$$r_t = \alpha \cdot \frac{Y_t}{Kp_t} = r(N_t, Kp_t, Kg_t, \Phi_t) \quad (11)$$

Por consiguiente, las rentas del trabajo y el capital agotan la totalidad de la renta de la economía, lo que se deriva de la homogeneidad lineal de la función de producción respecto de los factores privados. Nótese igualmente que los precios de los factores son función de los niveles agregados per capita de trabajo, stock de capital privado, stock de infraestructuras y composición del gasto público.

2.3 Consumidor

El consumidor toma decisiones de consumo-inversión con el objetivo de maximizar el valor esperado de su utilidad vital, debidamente descontada y condicionada al conjunto de información del periodo inicial:

$$\{c_t, kp_t\} / \text{Máx } E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \cdot U(\cdot)$$

La parametrización de la función de utilidad es la estándar: cóncava, dos veces diferenciable, verifica las condiciones de Inada y con aversión relativa al riesgo constante, para favorecer comparaciones con otros estudios.

No se incluye el ocio en la función de utilidad, por lo que el agente oferta una cantidad constante de trabajo, que se normalizará a la unidad. La renta que financia su gasto en consumo e inversión procede de la renta salarial y de los intereses que recibe de la empresa a cambio de la contratación de su fuerza de trabajo y el alquiler de su stock de capital. Ambos tipos de renta están sometidos a un impuesto proporcional uniforme que establece el gobierno, del cual recibe transferencias de suma fija, con lo que la restricción presupuestaria del agente queda:

$$c_t + ip_t \leq [w_t n_t + r_t kp_{t-1}] (1 - \Upsilon_t) + TR_t$$

El consumidor toma como dados el salario, el tipo de interés, el tipo impositivo y las transferencias de suma fija que recibe del gobierno, ya que todos ellos son exógenos a sus decisiones individuales⁹.

El problema completo de optimización dinámica que resuelve el consumidor se formula como:

$$\begin{aligned} \{c_t, kp_t\} / \text{Máx } E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \cdot \left(\frac{c_t^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} \right) & \quad (12) \\ \text{s.a} \quad & c_t + kp_t - (1 - \delta_k) \cdot kp_{t-1} \leq \\ & \leq [w_t (N_t, Kp_t, Kg_t) n_t + r_t (N_t, Kp_t, Kg_t) kp_{t-1}] (1 - \Upsilon_t) + TR_t \\ & \{\Upsilon_t, TR_t, r_t, w_t\}_{t=0}^{\infty}, kp_{-1}, Kp_{-1}, \text{ dados} \end{aligned}$$

El supuesto de insaciabilidad de las preferencias garantiza que la restricción presupuestaria se va a satisfacer siempre con igualdad estricta en el equilibrio.

⁹Ya vimos, a partir de las condiciones de primer orden del problema de la empresa, que el tipo de interés y el salario son funciones de los niveles agregados per capita de trabajo y stocks de capital, privado y público. Un consumidor competitivo, insignificante en relación al tamaño de la economía, no puede alterar los niveles agregados per capita de trabajo y capital privado con sus decisiones individuales de trabajo e inversión. Por otro lado, la restricción presupuestaria del gobierno, sustituyendo las rentas gravadas por su valor de equilibrio, establece que $TR_t = (\Upsilon_t - \Gamma_t) \cdot Y_t$. Puesto que los ratios Υ_t y Γ_t siguen procesos estocásticos exógenos y el nivel agregado per capita de la renta es inalterable por el individuo, el nivel de TR_t es exógeno.

Las variables en mayúscula denotan los niveles agregados per capita, y las variables en minúscula corresponden a los niveles individuales.

La solución óptima del consumidor verifica también las llamadas condiciones de consistencia agregada, derivadas del carácter idéntico de los individuos y que requieren la igualdad entre las variables de decisión individual y las variables agregadas per capita, es decir, $C_t = c_t$, $N_t = n_t$, $Kp_t = kp_t$. Igualmente se satisface la restricción de recursos de la economía:

$$C_t + Kp_t - (1 - \delta_k) \cdot Kp_{t-1} + G_t = Y_t \quad (13)$$

Donde G_t viene dada por la ecuación (2) y verifica la restricción presupuestaria del gobierno (3).

Sustituyendo las condiciones de consistencia agregada en el problema de optimización del consumidor, se formula el lagrangiano del problema de optimización en términos agregados per capita:

$$L = E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \cdot \left[\frac{C_t^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} - \mu_t \cdot (C_t + Ip_t - (1 - \Upsilon_t) [w_t N_t + r_t Kp_t]) - TR_t \right]$$

Las Condiciones de Primer Orden del problema de optimización son, por tanto:

$$\frac{\partial L}{\partial C_t} = 0 \Rightarrow C_t^{-\sigma} = \mu_t \quad (14)$$

$$\frac{\partial L}{\partial Kp_t} = 0 \Rightarrow \mu_t = \beta \cdot E_0 \{ \mu_{t+1} \cdot [1 - \delta_k + (1 - \Upsilon_{t+1}) \cdot r_{t+1}] \} \quad (15)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \mu_t} = 0 \Rightarrow C_t + Ip_t = (1 - \Upsilon_t) \cdot [w_t + r_t \cdot Kp_{t-1}] + TR_t \quad (16)$$

La obtención del equilibrio competitivo implica resolver el sistema formado por las condiciones (14 a 16) junto con las condiciones para el salario (10) y tipo de interés de equilibrio (11), la restricción presupuestaria del gobierno (3) y las ecuaciones que determinan los niveles de consumo público (4) e inversión pública (5).

Por otro lado, la solución de equilibrio debe verificar la condición de transversalidad:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} E_0 \beta^t \cdot \mu_t \cdot Kp_t = 0$$

Esta condición garantiza que las condiciones de primer orden son condiciones suficientes.

2.4 Equilibrio Competitivo

Sea $\Pi = \{\Upsilon_t, \Gamma_t, \Phi_t\}_{t=0}^{\infty}$ una política pública exógena dada. Se define un equilibrio competitivo, dado Π , como un conjunto de asignaciones $\{N_t, C_t, Kp_t\}_{t=0}^{\infty}$, junto con unos precios $\{w_t, r_t\}_{t=0}^{\infty}$ que verifican:

1. $\{N_t, C_t, Kp_t\}_{t=0}^{\infty}$ resuelven el problema del consumidor.
2. $\{N_t, Kp_t\}_{t=0}^{\infty}$ resuelve el problema de la empresa.
3. Se verifica la restricción presupuestaria del gobierno y el equilibrio en el mercado de bienes:

$$\begin{aligned} G_t + TR_t &= T_t \\ C_t + Kp_t - (1 - \delta_k) \cdot Kp_{t-1} + G_t &= Y_t \end{aligned}$$

3 ANÁLISIS DEL ESTADO ESTACIONARIO

3.1 Definición y cálculo del estado estacionario determinista.

El estado estacionario determinista se denomina también punto de acumulación o punto fijo del sistema, y se utiliza para caracterizar el equilibrio a largo plazo del sistema dinámico. Está formado por un conjunto de valores para las variables de decisión y de estado en el instante t que verifican la propiedad de que, al introducirlos en las condiciones de primer orden, el resultado es un conjunto de valores para el instante $t + 1$ idéntico al que se introdujo como input.

El cálculo del estado estacionario determinista se realiza imponiendo un valor constante para las variables endógenas. Por tanto:

$$\begin{aligned} C_t &= C; Kp_t = Kp; Kg_t = Kg; Y_t = Y \\ \Gamma_t &= \bar{\Gamma}; \Upsilon_t = \bar{\Upsilon}; \Phi_t = \bar{\Phi}; z_t = \bar{z}; \end{aligned} \quad (17)$$

Sustituyendo estas igualdades en las condiciones de primer orden del sistema, obtenemos los niveles de estado estacionario de las variables como función de los parámetros de preferencias, de tecnología y de las perturbaciones exógenas.

En primer lugar se demuestra que, en el estado estacionario, el stock de infraestructuras es una proporción fija del stock de capital privado, y por tanto es acumulable. Por tanto, para garantizar la ausencia de crecimiento endógeno, se requieren rendimientos decrecientes a escala en los dos stocks de capital tomados conjuntamente.

Normalizando $N = 1$, el output de estado estacionario verifica:

$$Y = \bar{Z} \cdot Kp^\alpha \cdot \left(e^{\lambda \bar{\Phi}} \cdot Kg \right)^{\alpha g}$$

Asimismo, a partir de la ley de acumulación de las infraestructuras:

$$Ig = \delta_g \cdot Kg = (1 - \bar{\Phi}) \cdot \bar{\Gamma} \cdot Y = (1 - \bar{\Phi}) \cdot \bar{\Gamma} \cdot \bar{Z} \cdot Kp^\alpha \cdot \left(e^{\lambda \bar{\Phi}} \cdot Kg \right)^{\alpha g}$$

luego:

$$Kg = \left[\frac{(1 - \bar{\Phi}) \cdot \bar{\Gamma}}{\delta_g} \cdot \bar{Z} \cdot e^{\alpha^g \lambda \bar{\Phi}} \cdot Kp^\alpha \right]^{1/(1-\alpha^g)} \quad (18)$$

Sustituyendo ahora Kg en Y :

$$Y = \left\{ \bar{Z} \cdot \left[\frac{(1 - \bar{\Phi}) \cdot \bar{\Gamma} \cdot e^{\lambda \bar{\Phi}}}{\delta_g} \right]^{\alpha^g} \right\}^{1/(1-\alpha^g)} \cdot Kp^{\alpha/(1-\alpha^g)} \quad (19)$$

En el caso de que $\alpha + \alpha^g = 1$, se obtiene una versión del modelo AK de Rebelo (1991), con rendimientos constantes en el stock de capital, que violaría la condición de Inada, $\lim_{Kp \rightarrow \infty} [F'(Kp)] = 0$. Barro y Sala-i-Martin (1995) demuestran que el incumplimiento de la condición de Inada es condición necesaria para la existencia de crecimiento endógeno. Para evitar esta posibilidad, en el modelo de infraestructuras efectivas se impone la condición $(\alpha + \alpha^g) < 1$.

Sustituyendo (14) en (15), teniendo en cuenta (17) y eliminando el operador esperanza se obtiene:

$$\frac{1}{\beta} = [1 - \delta_k + (1 - \bar{\Upsilon}) \cdot r] \quad (20)$$

Luego, el parámetro de descuento coincide con la inversa del tipo de interés, neto de depreciación e impuestos.

Donde:

$$r = \alpha \cdot \bar{Z} \cdot Kp^{\alpha-1} \cdot \left(e^{\lambda \bar{\Phi}} \cdot Kg \right)^{\alpha^g} \quad (21)$$

Sustituyendo r en (20) por su valor de equilibrio en (21), y despejando Kp , se encuentra el valor de estado estacionario para el capital privado:

$$Kp = \left[\frac{(1 - \bar{\Upsilon}) \cdot \alpha \cdot \beta}{1 - \beta \cdot (1 - \delta_k)} \cdot \bar{Z} \cdot e^{\alpha^g \lambda \bar{\Phi}} \cdot Kg^{\alpha^g} \right]^{1/(1-\alpha)} \quad (22)$$

Finalmente, con las ecuaciones, (18) y (22), se obtienen los valores de Kp y Kg como funciones de los parámetros del modelo:

$$Kp = Kp(\beta, \sigma, \delta_k, \delta_g, \alpha, \alpha^g, \lambda, \Upsilon, \Gamma, \Phi)$$

$$Kg = Kg(\beta, \sigma, \delta_k, \delta_g, \alpha, \alpha^g, \lambda, \Upsilon, \Gamma, \Phi)$$

La expresión para el nivel de producto de estado estacionario viene dada por:

$$Y = \left\{ \bar{Z} \cdot \left[\frac{(1 - \bar{\Phi}) \cdot \bar{\Gamma} \cdot \exp(\lambda \bar{\Phi})}{\delta_g} \right]^{\alpha^g} \cdot \left[\frac{(1 - \bar{\Upsilon}) \cdot \alpha \cdot \beta}{1 - \beta \cdot (1 - \delta_k)} \right]^\alpha \right\}^{1/(1 - \alpha - \alpha^g)} \quad (23)$$

Es también inmediato comprobar que:

$$\frac{Ip}{Y} = \frac{(1 - \bar{\Upsilon}) \cdot \beta \cdot \alpha \cdot \delta_k}{1 - \beta \cdot (1 - \delta_k)} \quad (24)$$

$$\frac{C}{Y} = 1 - \bar{\Gamma} - \frac{(1 - \bar{\Upsilon}) \cdot \beta \cdot \alpha \cdot \delta_k}{1 - \beta \cdot (1 - \delta_k)} \quad (25)$$

$$\frac{Ig}{Y} = (1 - \bar{\Phi}) \cdot \bar{\Gamma} \quad (26)$$

A partir de estas expresiones se obtiene de manera directa la relación que mantienen las propensiones medias al ahorro y al consumo respecto de los parámetros estructurales del modelo.

Así, la propensión al ahorro depende positivamente del parámetro de descuento y la elasticidad del capital privado en la función de producción y negativamente de la tasa de depreciación del capital y la tasa de gravamen de las rentas de capital, que desplaza ahorro hacia consumo.

Por su parte, la propensión al consumo depende negativamente del peso de la demanda del sector público sobre el producto y de la propensión media al ahorro.

Finalmente, el porcentaje de producto destinado a inversión pública viene determinado por la proporción de gasto público sobre PIB y por el porcentaje de gasto no dedicado a consumo.

En el apéndice (5.2) se muestran los principales resultados obtenidos del proceso de calibración realizado, que ha permitido contar con un vector de parámetros estructurales para las preferencias, tecnología y política fiscal. Estos valores permiten que el estado estacionario de la economía reproduzca una amplia variedad de las propiedades de largo plazo de la economía Estadounidense.

Los valores elegidos como caso de referencia se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1. Caso de Referencia

Parámetros estructurales	valor
Parámetro de descuento (β)	0.98
Aversión relativa al riesgo ($1/\sigma$)	1
Elasticidad-producto del capital privado (α)	0.3426
Elasticidad-producto del capital público (α^g)	0.32
Efecto eficiencia Cg vs. Kg (λ)	2
Depreciación capital privado (δ_k)	0.0815
Depreciación capital público (δ_g)	0.0495
Composición del gasto público (Φ)	0.787
Tamaño del gasto público (Γ)	0.13
Presión fiscal (Υ)	0.282

Adicionalmente, se realizan dos ejercicios de análisis de sensibilidad del estado estacionario obtenido con el caso de referencia:

- El primero estudia los efectos derivados de modificar los valores escogidos para los parámetros de tecnología y preferencias
- El segundo analiza las consecuencias de variaciones en la política fiscal $\bar{\Pi} = \{\bar{\Upsilon}, \bar{\Gamma}, \bar{\Phi}\}$

3.2 Análisis paramétrico del estado estacionario.

Respecto del primer ejercicio extraemos las siguientes conclusiones (ver tabla 2):

1 *Aumentos en la elasticidad del capital privado (α):*

La propensión media al ahorro depende positivamente del valor de la elasticidad del capital privado. Por ello, aumentos en α implican incrementos en el stock de capital privado, lo que a su vez conlleva crecimientos en el producto y sus componentes.

2 *Aumentos en el parámetro α^g (elasticidad de las infraestructuras) o λ (eficiencia del consumo público):*

Dado un nivel de infraestructuras, un aumento en los parámetros α^g o λ se traduce en crecimientos del output de estado estacionario y, por tanto, de sus componentes. Por otro lado, el producto marginal del capital privado permanece constante mientras que aumenta el ratio de infraestructuras sobre producto.

3 *Aumentos en la tasa de depreciación del capital privado (δ_k):*

El aumento en la tasa de depreciación del capital privado implica una disminución del ratio en estado estacionario de capital sobre producto¹⁰. Como consecuencia, se

¹⁰Es inmediato demostrar que:

observa una relación monotónica decreciente entre la tasa de depreciación y los stocks de capital, el producto y sus componentes, así como la recaudación impositiva.

4 Aumentos en la tasa de descuento (β):

Aumentos en la tasa de descuento del modelo implican incrementos en la valoración que hace el agente del consumo futuro. Ello implica subidas en la proporción de renta dedicada a inversión, y por tanto, de la dotación de capital de la economía. Como consecuencia, crecen el producto y sus componentes, así como la recaudación impositiva del sector público.

En la siguiente tabla se muestra el efecto sobre cada variable del sistema de incrementos en cada uno de los parámetro analizados ('+' implica aumentos monotónicos de la variable respecto del parámetro, '-' implica reducciones monotónicas de la variable respecto del parámetro y '=' implica invariabilidad de la variable respecto del parámetro).

Tabla 2. Análisis paramétrico del estado estacionario determinista

Variable \ Parámetro	α	α^g, λ	δ_k	β
Y	+	+	-	+
Utilidad	+	+	-	+
Kp	+	+	-	+
Kg	+	+	-	+
C	+	+	-	+
G	+	+	-	+
T	+	+	-	+
TR	+	+	-	+
PMg _{kp} ($\alpha Y / Kp$)	=	=	+	-

3.3 Efectos de las variables fiscales sobre los niveles de estado estacionario.

Respecto del análisis de los efectos de cambio en la política fiscal sobre las variables endógenas del modelo, obtenemos las siguientes conclusiones (ver gráficos 1 a 5):

3.3.1 Aumentos en el ratio Φ : Regla de oro de composición del gasto público

En los modelos estándar de crecimiento neoclásico con sector público productivo, se utilizan básicamente tres canales para modelizar los efectos de los gastos públicos en

$$\frac{d(Kp/Y)}{d\delta_k} = - \frac{(1 - \bar{\Upsilon}) \cdot \alpha \cdot \beta^2}{(1 - \beta \cdot (1 - \delta_k))^2}$$

el sector privado, según su naturaleza: efectos sobre la productividad de los factores privados, efectos directos sobre la utilidad de los hogares y efectos sobre la renta disponible para el sector privado.

La inversión pública y el consumo público participan en igual medida del tercer canal, en el sentido de que su financiación exige detraer recursos de los agentes privados. Ahora bien, este efecto desplazamiento puede ser compensado en cierto grado vía efectos sobre el producto o vía efectos sobre la utilidad.

La inversión pública permite la acumulación de infraestructuras, consideradas como un input complementario de los factores privados en el proceso productivo de la empresa, y por ello es el candidato natural para el primer canal compensatorio.

Por su parte, el consumo público al tener como destino bienes tales como sanidad, educación o transporte público, es generalmente modelizado como argumento de la función de utilidad del hogar representativo. Nosotros nos abstraemos de esta consideración para aislar los efectos derivados del canal productivo propuesto en el modelo.

El modelo de infraestructuras efectivas admite fácilmente esta clasificación estándar entre consumo público e inversión pública sólo con restringir a cero el parámetro λ de la función de producción, en cuyo caso el consumo público sólo aparece en la restricción de recursos de la economía como integrante del monto de gasto público, mientras que las infraestructuras aparecen además en la función de producción.

En cambio, si se permite que λ se estrictamente positivo, aumentar la proporción de gasto público dedicada a consumo corriente tiene dos tipos de efectos sobre el producto.

Por un lado, aumentar el ratio Φ implica reducir la proporción de renta dedicada a inversión pública y, consiguientemente, redundando en efectos negativos sobre la acumulación de infraestructuras (en el estado estacionario $Ig/Y = (1 - \Phi) \cdot \Gamma$). Ahora bien, también es cierto que afecta positivamente al grado de eficiencia en el uso de las mismas, y por tanto, existe la posibilidad de efectos positivos sobre el producto.

En los gráficos 1 y 2 quedan reflejados los efectos en el estado estacionario de alterar el ratio Φ , bajo los dos supuestos mencionados. El primero considera que el consumo público no tiene efecto directo alguno sobre la producción, $\lambda=0$, mientras que el segundo admite la posibilidad de que dicho efecto directo exista con $\lambda>0$ (se ha usado $\lambda=2$).

En el gráfico 1 se observa cómo aumentos del ratio Φ , en la medida en que desplazan inversión pública, conllevan caídas en el stock de infraestructuras, y con ello, en el producto y sus componentes. Por tanto, si el sector público pretendiese maximizar el output de la economía, teniendo en cuenta que nos abstraemos de posibles efectos sobre la utilidad, debería destinar todo su gasto a inversión.

En cambio, en el segundo gráfico pueden extraerse conclusiones distintas. En la medida en que el consumo público afecta, no sólo negativamente al stock nominativo de infraestructuras (ya que desplaza inversión pública), sino también positivamente a su stock efectivo, para valores reducidos de Φ es factible que el segundo efecto supere al primero y el output aumenta. Es decir, gastamos menos en construir nuevas infraestructuras, pero las existentes se utilizan más eficientemente. Cuando

el ratio Φ sobrepasa cierto valor, el efecto eficiencia es superado por el desplazamiento y el output cae cuando aumenta la proporción de gasto público dedicada a consumo.

En este caso, para determinados valores de λ , si el sector público buscara maximizar el nivel de producto de la economía, debería dedicar un porcentaje estrictamente positivo de su gasto a consumo.

(insertar gráficos 1 y 2)

La diferencia entre alteraciones en el tamaño del gasto público (Γ) y en la composición (Φ) es la siguiente:

- incrementos de Γ suponen un aumento de la proporción de demanda agregada de la que se apropia el sector público, y se traduce en un incremento puro de las infraestructuras nominativas y efectivas en términos de producto (supuesta financiación no distorsionante)
- reducciones de Φ suponen mantener constante el volumen de gasto público (en términos relativos del producto) pero moviendo una unidad de bien desde consumo público a inversión pública

En el segundo caso, el incremento de la inversión pública se traducirá en un aumento o caída de las infraestructuras efectivas (y con ello del producto) dependiendo de la productividad marginal de los gastos públicos de consumo e inversión en el punto de cambio, es decir, de si predomina el efecto eficiencia o el efecto desplazamiento del consumo público sobre las infraestructuras nominativas.

Es decir, bajo el supuesto de $\lambda > 0$, la clasificación estándar entre consumo e inversión no permite inferir el carácter productivo o no productivo de cada una de estas componentes de gasto público. Dicho carácter dependerá no sólo de los parámetros de ambos tipos de gasto en la función de producción, sino también de la proporción del gasto público destinado a cada uno de ellos, resultado que está en la línea de Devarajan y otros (1996). En el modelo aquí presentado, un aumento de la inversión pública en detrimento del consumo será expansivo sólo si estamos a la derecha del máximo en las figuras de U invertida del gráfico 2.

Hay resultados empíricos que permiten apoyar estas conclusiones de carácter teórico. Devarajan y otros (1996) encuentran que los gastos públicos en bienes de capital y en transportes y comunicaciones tienen efectos marginales negativos sobre el crecimiento económico para un conjunto de países en vías de desarrollo. Ellos interpretan este resultado de forma coherente con las implicaciones de nuestro modelo: estos países tienen proporciones de inversión sobre gasto tan elevadas (casi el 21% sobre gasto público total, mayor aún si descontamos las transferencias) que su efecto productivo en el margen es negativo. En cambio, obtienen evidencia de efectos positivos sobre el crecimiento económico para los gastos públicos corrientes. Es decir, estos países se encontrarían a la izquierda del máximo en nuestro gráfico 2. En relación a los resultados que obtienen, estos autores afirman: "Gastos aparentemente productivos pueden resultar improductivos si hay una cuantía excesiva de los mismos", ..., "La extendida recomendación de incrementar la proporción de inversión pública como porcentaje sobre el presupuesto en los países en desarrollo puede ser

errónea. Algunas componentes de los gastos corrientes, como gastos operativos y de mantenimiento, pueden tener mayores rendimientos que los gastos de capital.”

En la misma línea, de la Fuente (1997) encuentra que los gastos de inversión pública tienen rendimientos decrecientes muy fuertes. Es decir, son muy productivos cuando los niveles de inversión pública son reducidos, pero su efecto sobre el crecimiento disminuye rápidamente cuando aumenta su importe. Para el ratio de inversión pública sobre PIB existente en el conjunto de países de la OCDE, la contribución de ésta al crecimiento de la productividad agregada es básicamente cero. En base a las simulaciones realizadas con los parámetros estimados para el modelo, sólo Bélgica, Holanda, Dinamarca y Reino Unido se beneficiarían de aumentos en el porcentaje de PIB dedicado a inversión pública. Para el resto de países de la Unión Europea, el efecto sería muy pequeño o incluso negativo.

Derivando la expresión (19) obtenemos el nivel del ratio Φ (proporción de consumo sobre gasto) que maximiza la producción de estado estacionario, y que viene dado por la siguiente expresión:

$$\Phi^* = 1 - \frac{1}{\lambda} \quad (27)$$

Esta 'regla de oro' de reparto del gasto público puede representarse según el siguiente gráfico donde se relaciona con el valor del parámetro λ :

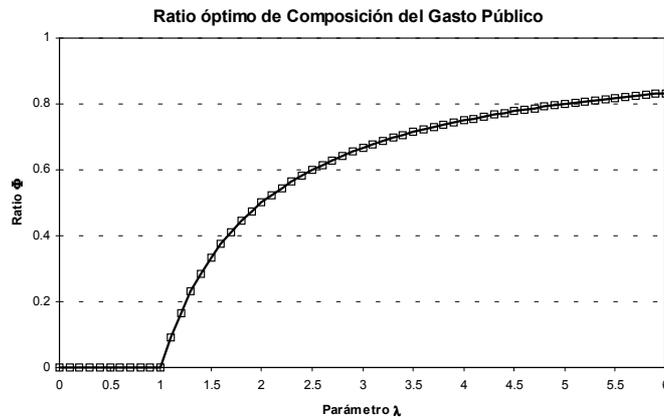


Gráfico 3

La regla de optimalidad para el ratio de composición, puede resumirse en el siguiente gráfico donde se descompone la elasticidad del producto de estado estacionario ante un cambio de Φ en dos tipos de efectos contrapuestos:

- la ganancia marginal de eficiencia en el uso de las infraestructuras lograda con un incremento porcentual en la proporción de consumo público (λ) y,
- la pérdida marginal del stock nominativo de infraestructuras ante dicho incremento ($1/(1 - \Phi)$), o efecto 'desplazamiento'.

REGLA DE ORO DEL GASTO PÚBLICO

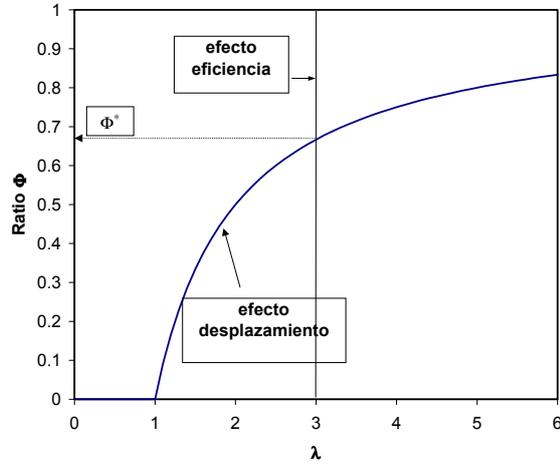


Gráfico 4

Por debajo del óptimo (Φ^*), el efecto positivo vía 'eficiencia' supera el efecto negativo 'desplazamiento', e interesa incrementar el consumo público; por encima del óptimo, las magnitudes se invierte e interesa incrementar la inversión. Por tanto, la regla de oro viene dada por un punto de la frontera $[1/(1 - \Phi)]$ que representa la pérdida marginal de infraestructuras nominativas. El óptimo será el valor del ratio Φ para el cual dicha pérdida coincida con la ganancia marginal de eficiencia lograda por el aumento marginal de Φ .

Para valores de λ inferiores a 1, la ganancia marginal de eficiencia es inferior a la pérdida marginal vía acumulación de infraestructuras, y por ello resulta óptimo para maximizar el producto de estado estacionario destinar todo el gasto público a inversión. Es decir, cuando $0 < \lambda < 1$, el consumo público es complementario de las infraestructuras nominativas pero no lo suficiente para compensar el desplazamiento de inversión pública.

Por otro lado, el nivel del ratio Φ que maximiza el stock nominativo de capital público viene dado por:

$$\tilde{\Phi} = 1 - \frac{1 - \alpha}{\lambda \cdot \alpha^g}$$

En el caso de crecimiento endógeno ($\alpha + \alpha^g = 1$) se verifica que $\tilde{\Phi} = \Phi^*$. Para los valores paramétricos calibrados ($\alpha = .34$ y $\alpha^g = .32$), en cambio, $\tilde{\Phi} < \Phi^*$, es decir, que el nivel de producto resulta maximizado en el tramo decreciente del stock de infraestructuras nominativas.

En la medida en que el consumo privado de estado estacionario vienen dado por una proporción del producto que no depende de Φ , el ratio que maximiza el nivel de producción coincide con el que maximiza el bienestar de estado estacionario del agente representativo.

La regla de optimalidad (27) para la composición del gasto público se caracteriza porque es independiente del valor que adopte el parámetro de elasticidad del capital público en la función de producción (α^g), es decir:

$$\partial\Phi^*/\partial\alpha^g = 0$$

Esta propiedad tiene la ventaja de que los resultados de optimalidad obtenidos no son sensibles al valor calibrado para el parámetro α^g , sobre el cual no existe consenso en la literatura.

Por su parte, Devarajan y otros (1996) obtienen la siguiente regla para la composición del gasto público que maximiza la tasa de crecimiento agregado (recordamos su formulación de la tecnología: $y = ip^\alpha \cdot cg^\gamma \cdot ig^\beta$):

$$\Phi^* = \frac{\gamma}{\beta + \gamma}$$

siendo γ y β las elasticidades del producto respecto del consumo público y la inversión pública respectivamente. En este caso, la composición óptima sí depende de la elasticidad producto de la inversión pública:

$$\partial\Phi^*/\partial\beta = -\frac{\gamma}{(\beta + \gamma)^2} < 0$$

Otro resultado interesante del modelo de infraestructuras efectivas es la expresión para los ratios de consumo e inversión públicos sobre PIB que maximizan la producción de estado estacionario. Dichos ratios vienen dados por la expresión:

$$\left(\frac{Cg}{Y}\right)^* = \Phi^* \cdot \Gamma^* = \left(1 - \frac{1}{\lambda}\right) \cdot \left[(1 - TR) \cdot \left(\frac{\alpha^g}{\alpha + \alpha^g}\right)\right]$$

$$\left(\frac{Ig}{Y}\right)^* = (1 - \Phi^*) \cdot \Gamma^* = \frac{1}{\lambda} \cdot \left[(1 - TR) \cdot \left(\frac{\alpha^g}{\alpha + \alpha^g}\right)\right]$$

Para el caso considerado anteriormente, con $TR = 0$ y $\alpha + \alpha^g = 1$, las expresiones se simplifican, quedando:

$$\left(\frac{Cg}{Y}\right)^* = \left(1 - \frac{1}{\lambda}\right) \cdot \alpha^g \tag{28}$$

$$\left(\frac{Ig}{Y}\right)^* = \frac{\alpha^g}{\lambda} \tag{29}$$

Nótese que las reglas obtenidas por Barro (1990) para la maximización del crecimiento eran:

$$\left(\frac{Cg}{Y}\right)^* = 0$$

$$\left(\frac{Ig}{Y}\right)^* = \alpha^g$$

En el caso de que $\lambda < 1$ (incluye el caso de consumo no productivo, $\lambda = 0$), las condiciones de optimalidad corresponderían a soluciones esquina, de forma que las expresiones (28) y (29) quedarían como las de Barro (1990).

A partir de las expresiones (28) y (29), el ratio Cg/Ig que maximiza el output de estado estacionario queda:

$$\left(\frac{Cg}{Ig}\right)^* = \lambda - 1$$

Es decir, el número de unidades monetarias que debe emplearse en la explotación y mantenimiento de cada unidad monetaria invertida viene dado por la diferencia entre la ganancia marginal de eficiencia y la unidad de inversión desplazada, es decir, por el exceso del 'efecto eficiencia' sobre el 'efecto desplazamiento'.

De la expresión anterior se deriva que:

$$\left(\frac{Cg}{Ig}\right)^* > 0 \iff \lambda > 1$$

Este resultado ya se obtuvo anteriormente: sólo debe dedicarse gasto público a consumo si la ganancia marginal de eficiencia en el uso de las infraestructuras supera la unidad de inversión pública desplazada.

El resto del análisis de sensibilidad (cambios en Γ o Υ) se expone brevemente a continuación, ya que es muy similar al de trabajos previos.

3.3.2 Aumentos en la proporción de gasto público sobre producto (Γ):

Dada la restricción presupuestaria del gobierno:

$$G = T - TR$$

o en términos de output:

$$\frac{G}{Y} = \frac{T}{Y} - \frac{TR}{Y} \Rightarrow \Gamma = \Upsilon - \frac{TR}{Y}$$

Por ello, al analizar la estática comparativa de aumentos del ratio Γ se pueden considerar dos vías alternativas de financiación:

- Impuestos de suma fija, es decir, mantenimiento de la presión fiscal (Υ) y reducciones en la proporción de producto destinada a transferencias al sector privado: $(TR/Y)_1 = (TR/Y)_0 - (\Gamma_1 - \Gamma_0)$.
- Imposición distorsionante, aumentando la presión fiscal en la misma medida en que aumenta el ratio Γ : $\Upsilon_1 = \Upsilon_0 + (\Gamma_1 - \Gamma_0)$.

Financiación con impuestos de suma fija: A medida que aumenta la proporción de producto dedicada a gasto público, supuesto constante el ratio Φ , crece el porcentaje de renta dedicado a inversión en infraestructuras, y con ello su stock, lo que a su vez permite crecimientos del producto. Por su parte, la financiación de suma fija permite que la inversión privada no resulte desplazada, medida como porcentaje del producto, ver ecuación (24). El resultado es que la renta crece monotónicamente con el ratio Γ .

El incremento en el ratio Γ , junto con un tipo Υ constante, resulta en un desplazamiento de igual magnitud del consumo privado como ratio sobre el producto, ver ecuación (25). En la figura 5 observamos una forma de U invertida para los niveles de consumo y utilidad per capita. Para niveles bajos de Γ , el efecto positivo sobre el consumo privado a través del nivel de producto supera al efecto desplazamiento sobre el consumo a través de la restricción agregada de recursos y, como consecuencia, el consumo de estado estacionario crece. Cuando Γ sobrepasa cierto nivel, los efectos se invierten, resultando en caídas del nivel de consumo privado, y por tanto, la utilidad.

La expresión que determina el tamaño óptimo (maximización del bienestar) del gasto público (supuesto que la presión fiscal permanece fija en T_0) es:

$$\Gamma_{ut}^* = \frac{\alpha^g}{1 - \alpha} \cdot \left[1 - \frac{Ip}{Y} \right]$$

donde Ip/Y viene dado por la expresión (24).
(insertar gráfico 5)

Financiación distorsionante: Por un lado, el aumento en la proporción de gasto público sobre producto permite, como antes, incrementar el ratio de inversión pública sobre renta y, por tanto, afectar positivamente al stock de infraestructuras. El

aumento del tipo impositivo reduce la rentabilidad neta del capital privado, desplazando demanda privada desde la inversión hacia el consumo, pero éste también resulta desplazado por la subida en el ratio Γ .¹¹

(insertar gráfico 6)

Respecto de las consecuencias sobre el producto, debemos analizar los efectos de Γ sobre la acumulación de ambos tipos de capital. Para niveles bajos de Γ y Υ , los efectos positivos sobre el producto derivados de la acumulación de infraestructuras superan a los efectos negativos en el tipo de interés sobre el ratio Ip/Y , de forma que aumentan tanto los stocks de infraestructuras como de capital privado, y por tanto, la renta.

Cuando Γ y Υ son algo más elevados, la presión fiscal comienza a desplazar inversión privada en niveles, de forma que el stock de capital privado comienza a caer. No obstante, el stock de infraestructuras sigue aumentando, y el producto crece.

En un tercer tramo, cuando Γ y Υ son considerablemente altos, el desplazamiento de la inversión privada es tal que el producto cae, y finalmente el stock de infraestructuras también resulta desplazado. De esta manera, obtenemos una forma de U invertida para el producto como función del ratio Γ .

El ratio Γ que maximiza el producto de estado estacionario viene dado por:

$$\Gamma^* = (1 - \overline{TR}) \times \left(\frac{\alpha^g}{\alpha + \alpha^g} \right)$$

Si suponemos que $\overline{TR} = 0$, $\overline{\Phi} = 0$ y $\alpha + \alpha^g = 1$, para hacer equiparable nuestro modelo al de Barro (1990), el ratio de gasto sobre producto que maximiza el producto de estado estacionario verifica la regla de eficiencia $f'_g = 1$.¹² De esta forma, obtenemos el mismo resultado de Barro (1990), Futagami y otros (1993), Glomm y Ravikumar (1997), Lau (1995) o Turnovsky (1996).

En lo que respecta al consumo y la utilidad de los hogares, el ratio Γ afecta negativamente al porcentaje de renta nacional disponible para el consumo privado, y de forma no monotónica al nivel de renta. Consiguientemente, para niveles reducidos de Γ y Υ , el efecto positivo sobre el nivel de producto supera al efecto de desplazamiento del consumo a través de la restricción de recursos y, por tanto, el nivel de consumo aumenta. Para valores más elevados de Γ y Υ ocurre lo contrario, y el nivel de

¹¹Puede comprobarse que:

$$\frac{d(Ip/Y)}{d\Gamma} = - \frac{\alpha \cdot \beta \cdot \delta_k}{1 - \beta \cdot (1 - \delta_k)} < 0 \quad (30)$$

$$\frac{d(C/Y)}{d\Gamma} = \frac{\alpha \cdot \beta \cdot \delta_k}{1 - \beta \cdot (1 - \delta_k)} - 1 < 0 \quad (31)$$

¹²Dado que: $f'_g = \alpha^g \cdot \frac{Y}{K^g}$ y, por otro lado: $\frac{Y}{K^g} = \frac{1}{\Gamma(1-\Phi)}$, es inmediato comprobar que se verifica la condición de eficiencia técnica bajo los supuestos enunciados.

consumo cae. Como resultado, también se observa una forma de U invertida para la utilidad como función de Γ .

3.3.3 Aumentos en la presión fiscal (Υ), destinados a transferencias:

Por un lado, el aumento de Υ reduce la rentabilidad neta de impuestos y supone desplazamiento de la inversión privada en términos de producto (Ip/Y), afectando negativamente a la acumulación de capital privado y, consiguientemente, al producto y sus componentes.

En segundo lugar, el hecho de que el incremento de la presión fiscal se destine a transferencias en lugar de a gasto público, permite aumentar la propensión media al consumo en la misma cuantía en que resulta desplazada la inversión¹³, pero deja inalterado el porcentaje de renta destinado a inversión pública. Por tanto, el efecto positivo sobre el producto que se producía para niveles bajos de Γ y Υ en el caso anterior, no ocurre ahora y, en consecuencia, el producto cae monotónicamente con Υ .

Para los valores paramétricos utilizados, pese al incremento en la propensión media al consumo, su nivel cae monotónicamente con Υ .

(insertar gráfico 7)

¹³ Compruébese que:

$$\frac{d(Ip/Y)}{d\Upsilon} = - \frac{d(C/Y)}{d\Upsilon} = - \frac{\alpha \beta \delta_k}{1 - \beta (1 - \delta_k)} < 0$$

Gráfico 1. Estática comparativa. Cambios en ratio Φ
Consumo público no productivo ($\lambda=0$)

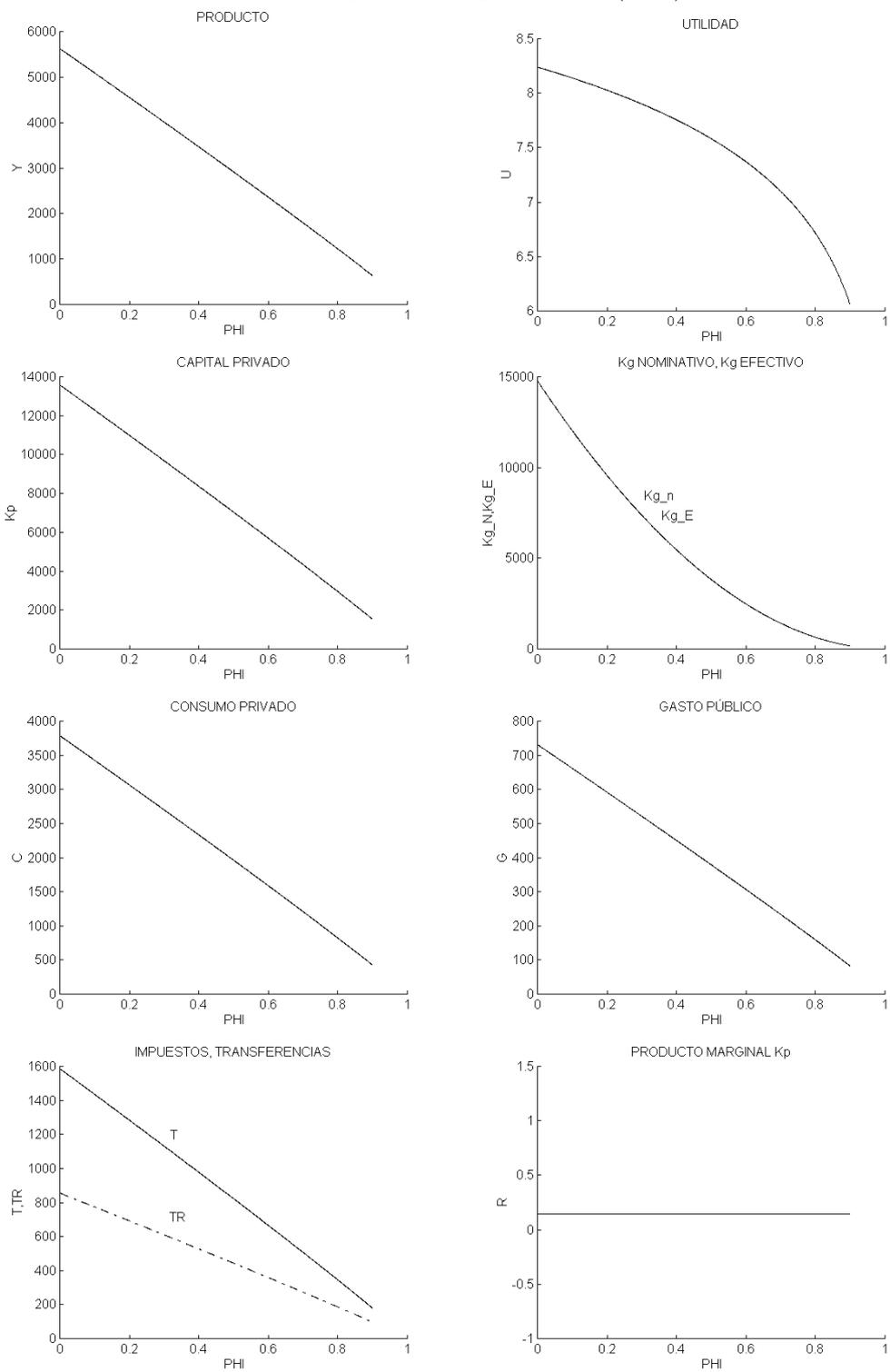


Gráfico 2. Estática comparativa. Cambios en ratio Φ
 Modelo de eficiencia ($\lambda > 0$)

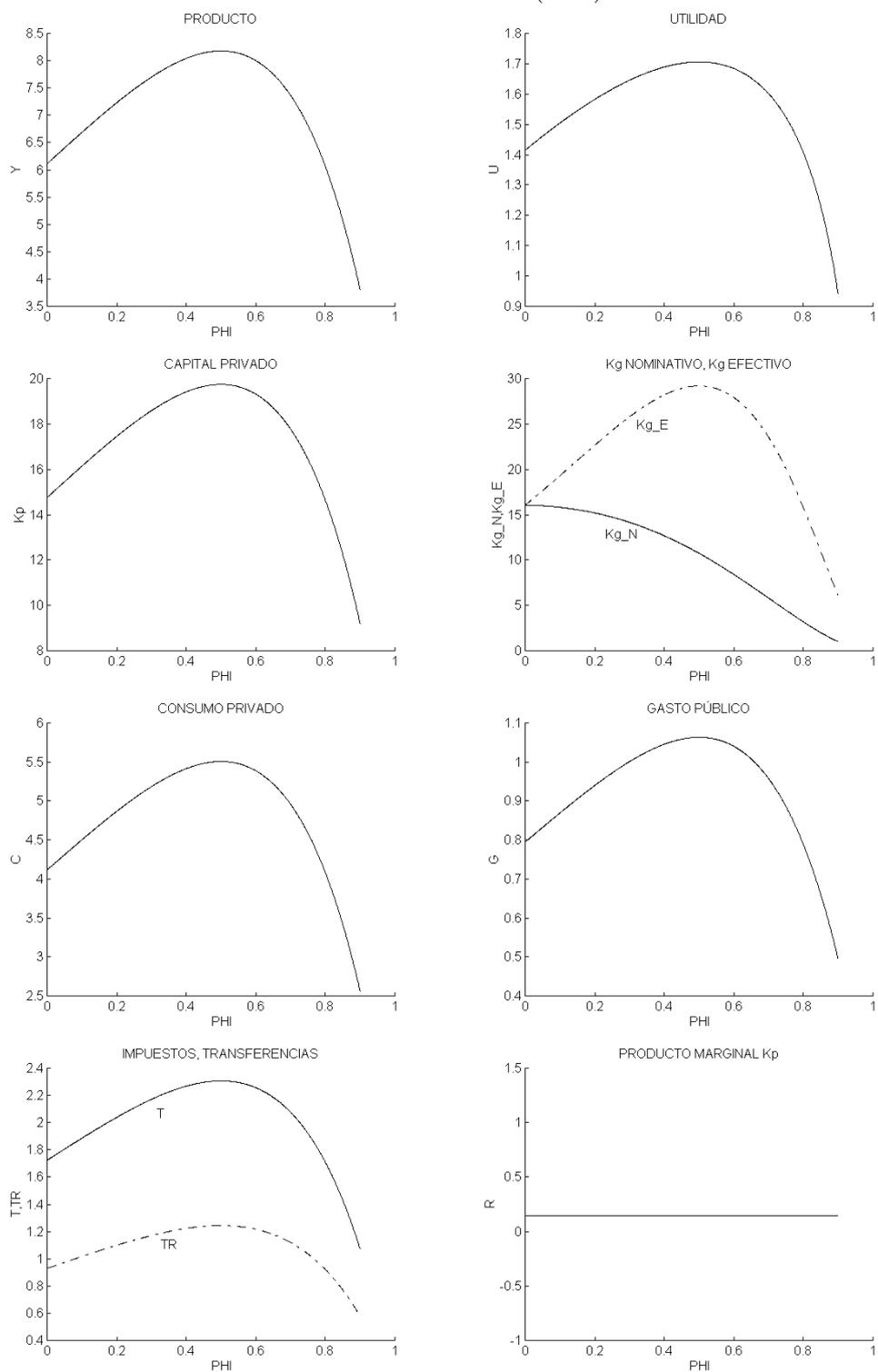


Gráfico 5. Análisis de estática comparativa. Aumentos en Γ
(financiados con impuestos de suma fija)

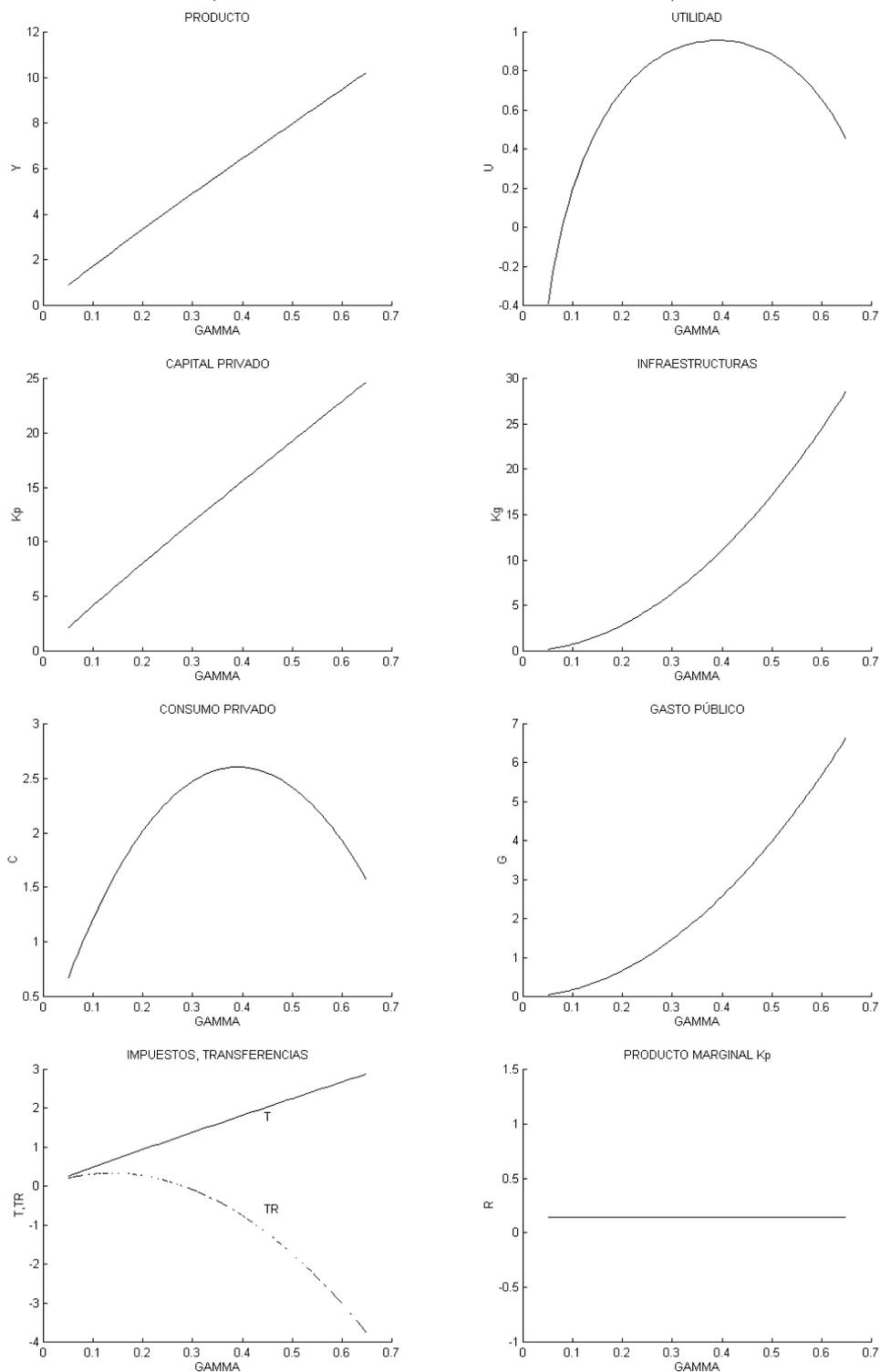


Gráfico 6. Estática comparativa. Cambios en Γ
(financiados con impuestos distorsionantes)

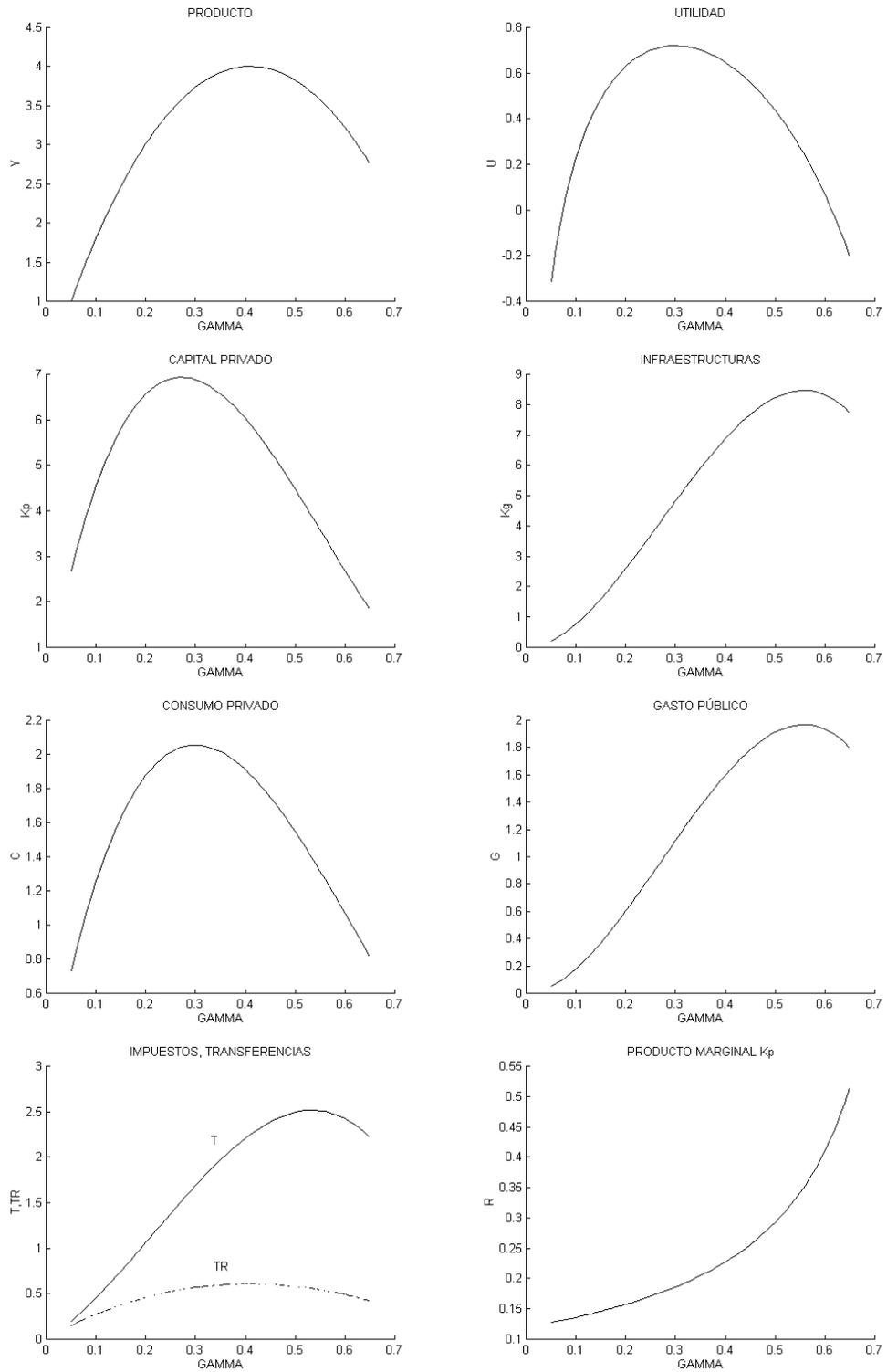
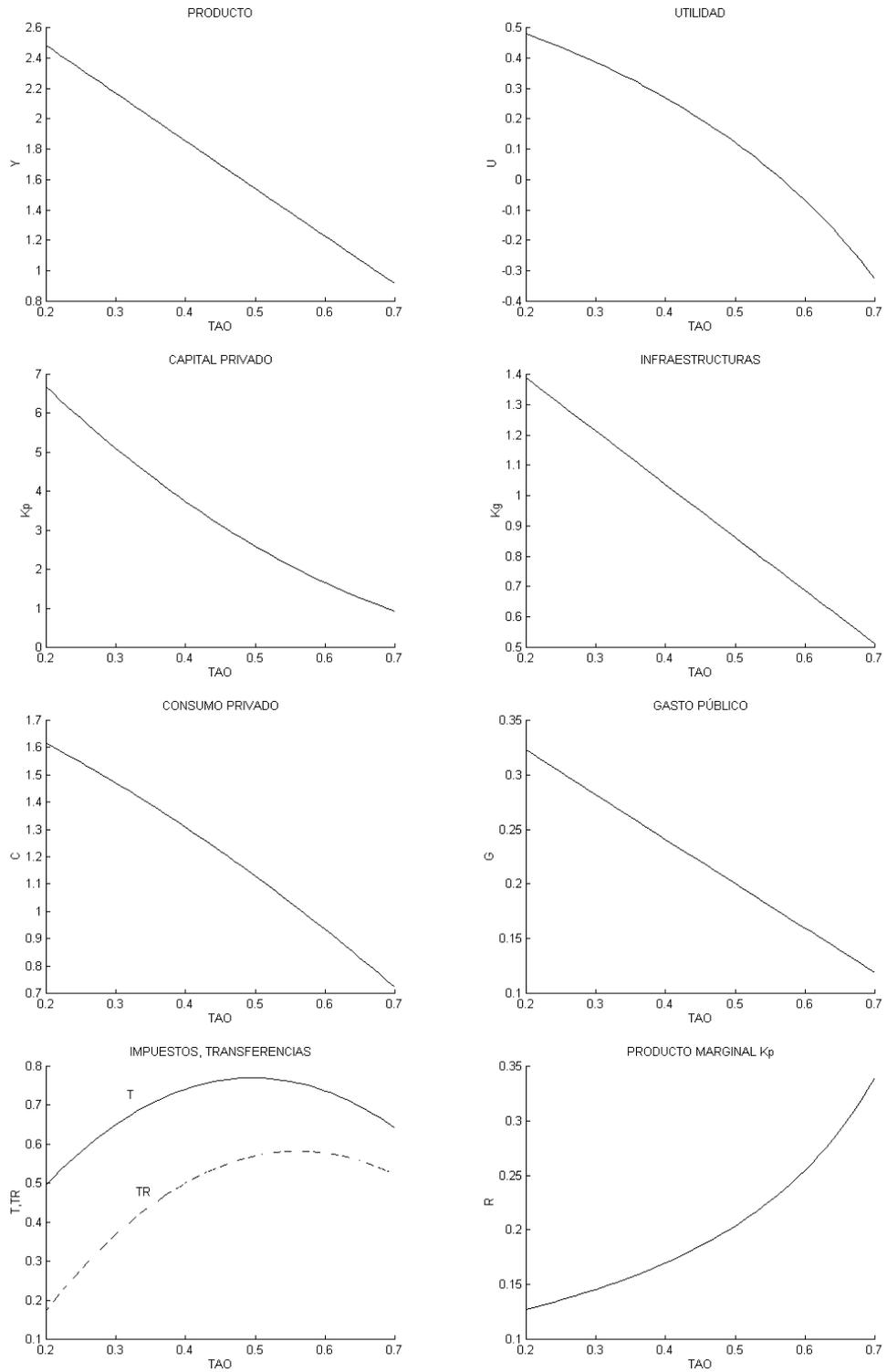


Gráfico 7. Estática comparativa. Aumentos en Υ
(destinados a transferencias)



4 CONCLUSIONES

En el marco teórico propuesto se parte de la hipótesis de que el consumo público puede tener un papel productivo por su contribución a la utilización eficiente del capital público físico disponible para el proceso productivo agregado.

Si este efecto eficiencia existe, políticas indiscriminadas de reducción de todo tipo de consumo público, sin distinguir según su función económica, puede ser nocivo para la productividad global de los factores productivos, en particular de las infraestructuras públicas, pudiendo afectar negativamente a la producción.

Frente a la modelización estándar del consumo público y la inversión pública como argumentos de la función de utilidad y la función de producción respectivamente, se propone un modelo teórico al que se denomina Modelo de Uso Eficiente de Infraestructuras. Este modelo introduce la hipótesis de que el stock efectivo de infraestructuras públicas que interactúa con el capital privado en el proceso productivo depende de cuánto invierte el sector público en la generación de capital público físico pero también de cuán eficientemente se emplea este capital. Esto último vendrá condicionado por cuánto consumo público emplea el gobierno en la explotación y mantenimiento del capital físico.

Al comparar el modelo de infraestructuras efectivas con el modelo estándar de consumo público no productivo (caso particular del primero), obtenemos conclusiones radicalmente distintas:

1. Bajo la hipótesis de consumo público inútil, un sector público que desee maximizar el producto de estado estacionario debe dedicar todo el gasto público a inversión en infraestructuras.
2. Bajo la hipótesis de eficiencia, el ratio C_g/G que maximiza la producción agregada es estrictamente positivo.

El ratio de composición del gasto óptimo en el modelo de infraestructuras efectivas viene determinado por el equilibrio entre dos tipos de efectos que genera el consumo público productivo sobre las infraestructuras nominativas:

- un efecto eficiencia positivo
- un efecto desplazamiento negativo

5 APÉNDICES

5.1 DEFINICIÓN DE VARIABLES Y PARÁMETROS ESTRUCTURALES EMPLEADOS

- C_t =consumo privado
 $I p_t$ =inversión privada
 $K p_t$ =stock de capital privado
 $K g_t$ =stock de infraestructuras nominativas
 $K g_t^E$ =stock de infraestructuras efectivas
 Y_t =producto agregado
 $T R_t$ =transferencias corrientes de suma fija recibidas por el consumidor del gobierno
 T_t =volumen de recaudación impositiva
 G_t =volumen de gasto público exhaustivo (consumo más inversión)
 $C g_t$ =consumo público
 $I g_t$ =inversión pública
 Γ_t =tamaño del gasto público exhaustivo
 Υ_t =tipo impositivo sobre las rentas del trabajo y el capital
 Φ_t =composición del gasto público exhaustivo
 w_t =salario
 r_t =rendimiento bruto del capital (antes de amortizaciones e impuestos)
 z_t =perturbación tecnológica
 β =parámetro de descuento o preferencia temporal
 σ =aversión relativa al riesgo
 α =elasticidad producto del capital privado
 α^g =elasticidad producto del capital público
 δ_k =tasa de depreciación del capital privado
 δ_g =tasa de depreciación del capital público

5.2 CALIBRACIÓN

5.2.1 VARIABLES EMPLEADAS EN LA CALIBRACIÓN DEL MODELO

A continuación aparece el título detallado de las variables utilizadas en la calibración del modelo, así como la fuente, unidades y periodo muestral.

- Gross Domestic Product and Components: 45-96

billions of dollars: table 8.19 ♦

billions of chained (1992) dollars: table 1.1 ◇

- Personal Consumption expenditures by type of product (durable goods, non-durable goods, services): 45-96

billions of dollars: table 2.6 ◆

billions of chained (1992) dollars: table 2.7 ◆

- Gross and Net investment by major type: 45-96

billions of dollars: table 5.4 ◆

billions of chained (1992) dollars: table 5.3 ◆

- Gross government fixed investment by type: 45-96

billions of dollars: table 5.14 ◆

billions of chained (1992) dollars: table 5.15 ◆

- Hours worked by full-time and part-time employees by industry: 48-96

millions of hours: table 6.9C ◆

- Population by age group: 40-96

thousands of persons: table b.32 □

- Fixed Reproducible Tangible Wealth: 29-96

Current-Cost Net Stock (billions of dollars; yearend estimates): t. 1▲

Real Net Stock (billions of chained (1992) dollars; yearend estimates): t.15▲

- Government-Owned Fixed Capital: 29-96

Current-Cost Net Stock (billions of dollars; yearend estimates): t.11▲

Chain-type quantity indexes for net stock of government-owned fixed capital (index numbers, 1992=100; yearend estimates): table 12▲

- Capacity utilization rates: 48-96

Percent: table b.52 □

Donde los símbolos corresponden a las siguientes fuentes:

◆ Annual Revision "Annual Only" tables, 1929-1996. USDOC, BEA, NIWD (BE-54), Washington DC 20250.

◇ BEA, GDP and related data: NIPA annual data, 1929-1996, <http://www.bea.doc.gov/>

▲ BEA, Industry and Wealth data, 1929-1996, <http://www.bea.doc.gov/>

□ Department of Commerce, Bureau of the Census. Obtenido en Economic Report of the President: <http://www.access.gpo.gov/>

5.2.2 PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN:

El proceso de calibración consiste en asignar valores a los parámetros estructurales del modelo, de preferencias y tecnología, con la intención de que éste sea capaz de reproducir el mayor número posible de propiedades a largo plazo de una economía observada.

Por lo general, las propiedades a largo plazo se refieren a ratios entre variables agregadas, tales como los ratios de consumo privado sobre producto agregado, o de gasto público sobre producto agregado, así como valores de correlaciones cruzadas y volatilidades relativas con el producto.

En el proceso de calibración usaremos datos extraídos de la economía americana, para el periodo de 1955 a 1996. Los datos estadounidenses presentan la ventaja de que los criterios de contabilización empleados en las Cuentas Nacionales (NIPA) incluyen entre las partidas de consumo público la amortización de capital público. Dicha amortización estaría aproximando lo que hemos definido en nuestro modelo como gastos de mantenimiento que conservan las infraestructuras en buenas condiciones de uso. Esto los convierte en datos muy adecuados para hacer estimaciones del parámetro de complementariedad del consumo público, especialmente para determinado tipo de infraestructuras, como autopistas, en las que esta componente de consumo tiene un peso muy elevado. En cambio, las Cuentas Nacionales europeas sólo han empezado a incluir la amortización del capital como consumo público a partir de la modificación del sistema de cuentas nacionales recogida en el SEC 95.

Los valores de los parámetros empleados en los ejercicios de simulación han sido obtenidos de dos formas alternativas, mediante ejercicios de calibración estándar y mediante ejercicios de estimación. Este doble criterio es el empleado en trabajos como el de Cassou (1995).

A continuación aparecen los valores medios muestrales para los ratios de las componentes de demanda agregada sobre el producto para el conjunto de medidas consistentes calculadas (siguiendo a Christiano (1988) y Puch y Licandro (1997)):

RATIOS	media	desv.típica
C/Y	0.639	0.0167
Ip/Y	0.231	0.0153
Ig/Y	0.027	0.0050
Cg/Y	0.103	0.0138
G/Y	0.130	0.0117
T/Y	0.282	0.0133
Cg/G	0.787	0.0500
Kp/Y	2.431	0.1077

Los valores calibrados para los parámetros estructurales de tecnología y preferencias son los siguientes (los parámetros del sector público en la función de producción se analizan detalladamente en el apartado siguiente):

Parámetros estructurales	valor
Parámetro de descuento (β) ¹⁴	0.98
Elasticidad-producto del capital privado (α)	0.3426
Depreciación capital privado (δ_k)	0.0609
Depreciación capital privado no residencial (δ_{knr}) ¹⁵	0.0815
Depreciación capital público (δ_g)	0.0495
Depreciación bienes consumo duraderos (δ_d)	0.21

La calibración de la tasa de depreciación de los capitales privado y público se realiza a partir de la ecuación que representa la ley de evolución del stock de capital, supuesto el estado estacionario determinista de la economía.¹⁶ En el caso de los bienes de consumo duraderos se escoge la tasa de depreciación ofrecida por Cooley y Prescott (1995).

Para la obtención del parámetro de elasticidad del capital privado, α , se calcula el porcentaje de las rentas del capital sobre el PNB, siguiendo la metodología expuesta por Cooley y Prescott (1995). Con el valor obtenido de α (0.34) y, utilizando la condición de primer orden que determina la elección intertemporal óptima del consumidor, en estado estacionario determinista, se deriva directamente el valor del parámetro β .

La elección del parámetro de elasticidad del capital público se realiza a partir de la estimación de la función de producción en logaritmos, y restringiendo el parámetro α al valor obtenido mediante Contabilidad Nacional.

Para ello, se sigue la metodología empleada en trabajos previos, como los de Bajo y Sosvilla (1993) o González-Páramo (1995) (ver Balmaseda (1996) para una revisión).

El primer paso es plantear una formulación de la función de producción consistente con nuestro modelo teórico en las siguientes dimensiones:

1. Rendimientos constantes en los factores privados: al no haber remuneración de mercado para el capital público, los factores privados reciben la totalidad de la Renta Nacional.
2. Crecimiento tecnológico exógeno determinista.
3. Elasticidad producto de los factores privados restringida al valor calibrado con los datos de Contabilidad Nacional.
4. Inclusión de la tasa de utilización de la capacidad productiva: ello nos permite recoger los cambios de ciclo económico y así obtener el equivalente a un stock de capital privado 'efectivo', que sea asimilable al generado por nuestro modelo.

¹⁴Calculada empleando una tasa de depreciación para el capital privado del 8,15% anual, lo que implica un tipo de interés de descuento de aproximadamente el 2% anual.

¹⁵knr=stock de capital no residencial. Se escoge esta tasa de depreciación para el modelo porque proporciona un valor para el parámetro β y para el tipo de interés de descuento que es estándar en otros estudios.

¹⁶ $\frac{K_t}{Y_{t+1}} \cdot \frac{Y_{t+1}}{Y_t} = \frac{I_t}{Y_t} + (1 - \delta_k) \cdot \frac{K_{t-1}}{Y_t}$.

El ejercicio de estimación se lleva a cabo para la función estándar de producción Cobb-Douglas con capital público, que servirá como marco de referencia, y para la función que incluye el concepto de 'infraestructuras efectivas'.

1. Modelo 'estándar':

$$y_t - n_t = \beta_0 + \beta_1 \cdot t + \beta_2 \cdot cu_t + \alpha \cdot (kp_t - n_t) + \alpha^g \cdot kg_t + \xi_t \quad (32)$$

2. Modelo de 'infraestructuras efectivas' o modelo de 'eficiencia':

$$y_t - n_t = \beta_0 + \beta_1 \cdot t + \beta_2 \cdot cu_t + \alpha \cdot (kp_t - n_t) + \alpha^g \cdot kg_t + \alpha^g \cdot \lambda \cdot \Phi_t + \xi_t \quad (33)$$

donde las variables en minúsculas corresponden a los logaritmos naturales de las variables (per capita) en nivel y en ambos modelos restringimos el parámetro α al valor calibrado con los datos. La variable t es una variable tendencial para eliminar la supuesta tendencia determinista de las series y cu_t es la tasa de utilización de la capacidad productiva.

La muestra empleada en la estimación corresponde al periodo de 1952 a 1996 y las series utilizadas son las siguientes (ver Apéndice 5.2.1, para fuentes y unidades):

y_t : producto nacional bruto per capita en términos constantes

kp_t : stock de capital privado, residencial y no residencial, per capita y en términos constantes

kg_t : stock de capital público no militar, per capita y en términos constantes

n_t : horas trabajadas, en términos per capita

Φ_t : ratio de composición del gasto (Cg/G), usando como definición de consumo (Cg) el consumo público considerado productivo (en sanidad, educación, transporte, energía, recursos naturales, policía y justicia) y como definición de gasto público (G) el total de gasto público exhaustivo no militar.

Una vez comprobado que las series del sistema tienen el mismo orden de integración, se estiman las dos regresiones arriba planteadas y se hacen pruebas sobre los residuos para contrastar la posible presencia de raíz unitaria. En la medida en que se rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria, podemos aceptar que existe una relación de cointegración entre las variables y la estimación en niveles es adecuada. Además, se contrasta y rechaza la hipótesis de endogeneidad del capital público respecto de la variable dependiente del modelo¹⁷.

Los resultados obtenidos corresponden a un valor α^g de 0.32 y un valor λ en el entorno de 2.

¹⁷Basándonos en la no significatividad de los parámetros del VAR(2) estimado entre la tasa de crecimiento de ambas series (son I(1)).

6 BIBLIOGRAFÍA

- Ambler, S. y A. Paquet (1996). "Fiscal Spending Shocks, Endogenous Government Spending, and Real Business Cycles". *Journal of Economic Dynamics and Control*, 20, 237-256.
- Aschauer, D.A. (1988). "The Equilibrium Approach to Fiscal Policy". *Journal of Money, Credit and Banking*, vol. 20 (1), February 1988, 41-62.
- Aschauer, D.A. (1989). "Is public expenditure productive?". *Journal of Monetary Economics*, 23, 177-200.
- Aschauer, D.A. (2000). "Public Capital and Economic Growth: Issues of Quantity, Finance, and Efficiency". *Economic Development and Cultural Change*, vol. 48, n^o2, 391-406.
- Bajo, O. y S. Sosvilla (1993). "Does public capital affect private sector performance?". *Economic Modelling*. July 1993, 179-184.
- Balmaseda, M. (1997). "Production function analysis of the rate of return on public capital". CEMFI, Documento de Trabajo 9707, Julio 1997.
- Barro, R.J. (1990). "Government Spending in a Simple Model of Endogenous Growth". *Journal of Political Economy*, vol. 98, n^o5, 101-125.
- Barro, R. J. y X. Sala-i-Martin (1992). "Public Finance in Models of Economic Growth". *Review of Economic Studies*, 59, 645-661.
- Barro, R. J. y X. Sala-i-Martin (1995). "Economic Growth". McGraw-Hill, New York.
- Baxter, M. y R.C. King (1993). "Fiscal Policy in General Equilibrium". *American Economic Review*, 83, 315-334.
- Cassou, S.P. (1995). "Optimal Tax Rules in a Dynamic Stochastic Economy with Capital". *Journal of Economic Dynamics and Control*, 19, 1165-1197.
- Christiano, L.J. (1988). "Why Does Inventory Investment Fluctuate So Much". *Journal of Monetary Economics*, marzo/mayo, 21, 247-280.
- Cooley, T.F. y E.C. Prescott (1995). "Economic Growth and Business Cycles". En T.F. Cooley (ed.) *Frontiers of Business Cycles Research*. USA: Princeton University Press, 1-38.
- Devarajan, S., V. Swaroop y H. Zou (1996). "The composition of public expenditure and economic growth". *Journal of Monetary Economics*, 37, 313-344.
- Easterly, W. y S. Rebelo (1993). "Fiscal policy and economic growth". *Journal of Monetary Economics*, 32, 417-458.

- Erenburg, S. J. (1993). "The real effects of public investment on private investment". *Applied Economics*, 25, 831-837.
- Erenburg, S. J. y M. E. Wohar (1995). "Public and Private Investment: Are There Causal Linkages?". *Journal of Macroeconomics*, Winter 1995, vol. 17 (1), 1-30.
- Fuente, A. de la (1997). "Fiscal policy and growth in the OECD". M^oHacienda, Secretaría de Estado de Presupuestos y Gastos, Dirección General de Presupuestos, *Documento de Trabajo D- 97007*, Octubre 1997.
- Futagami, K., Y. Morita y A. Shibata (1993). "Dynamic Analysis of an Endogenous Growth Model with Public Capital". *Scandinavian Journal of Economics*, 93, 607-625.
- García-Milà, T. (1987). "Government Purchases and Real Output: an Empirical Analysis and Equilibrium Model with Public Capital". Departamento de Economía e Historia Económica, Universidad Autónoma de Barcelona, Documento de discusión 93.88.
- Glomm, G. y B. Ravikumar (1997). "Productive government expenditures and long-run growth". *Journal of Economic Dynamics and Control*, 21, 183-204.
- González-Páramo, J. M. (1995). "Infraestructuras, productividad y bienestar". *Investigaciones Económicas*, vol. XIX (1), Enero 1995, 155-168.
- Hulten, C.R. (1996). "Infrastructure Capital and Economic Growth: How Well You Use It May Be More Important Than How Much You Have". *NBER Working Paper*, N^o5847, December 1996.
- King, R.C., C.I. Plosser y S.T. Rebelo (1988a). "Production, Growth and Business Cycles (I)". *Journal of Monetary Economics*, 21, 195-232.
- King, R.C., C.I. Plosser y S.T. Rebelo (1988b). "Production, Growth and Business Cycles (II)". *Journal of Monetary Economics*, 21, 309-341.
- Lansing, K.J. (1998). "Optimal Fiscal Policy in a Business Cycle Model with Public Capital". *Canadian Journal of Economics*, vol. 31, n^o2, 337-364.
- Lau, Sau-Him P. (1995). "Welfare-maximizing vs. growth-maximizing shares of government investment and consumption". *Economics Letters*, 47, 351-359.
- Ortega, E. (2000). "Las políticas económicas en la Unión Económica y Monetaria". *Banco de España*, febrero 2000, mimeo.
- Puch, L. y O. Licandro (1997). "Are there any special features in the Spanish Business Cycle?". *Investigaciones Económicas*, vol. XXI, 361-394.
- Turnovsky, S. J. (1996). "Optimal tax, debt, and expenditure policies in a growing economy". *Journal of Public Economics*, 60, 21-44.