



Hacienda Pública Española / Revista de Economía Pública, 170-(3/2004): 81-103  
© 2004, Instituto de Estudios Fiscales

## Rentabilidad social de la inversión pública española en infraestructuras \*

JAIME ALONSO-CARRERA  
MARÍA JESÚS FREIRE-SERÉN  
BALTASAR MANZANO  
*Universidade de Vigo*

*Recibido:* Diciembre 2003

*Aceptado:* Junio 2004

### Resumen

En este trabajo se cuantifican los efectos de la inversión pública española en infraestructuras sobre el bienestar social. Para ello se calibra con datos de la economía española un modelo de equilibrio general dinámico de agente representativo, donde la inversión pública se financia con impuestos distorsionantes. El *stock* de infraestructuras públicas tendrá un efecto positivo sobre la productividad agregada de los factores aunque, como aportación teórica novedosa, asumiremos que este efecto vendrá determinado por la dotación efectiva de infraestructuras. Consideraremos rendimientos decrecientes a escala a nivel privado derivados de la existencia de costes de transporte, los cuales dependen negativamente de la dotación de infraestructuras por unidad de *output*. La actividad inversora del sector público tendrá, por lo tanto, dos efectos contrapuestos sobre el bienestar. Por un lado, un incremento del *stock* de infraestructuras provoca un aumento de la producción efectiva agregada, mientras que por otra parte, hace que crezca la recaudación impositiva distorsionante, afectando a la renta disponible y a la decisión de los individuos sobre consumo, ahorro y oferta de trabajo. De esta forma, el efecto final sobre el bienestar de un incremento en la inversión pública dependerá de la política fiscal inicial y de la estrategia de financiación de ese incremento.

*Palabras clave:* Política fiscal, equilibrio general dinámico, dinámica comparativa, bienestar.

*Clasificación JEL:* E62, H20, O40.

### 1. Introducción

El trabajo seminal de Aschauer (1989) ha generado una extensa literatura empírica que trata de cuantificar el impacto del capital público en general, y de las infraestructuras públicas en particular, sobre la productividad <sup>1</sup>. Aunque los resultados de esos trabajos son dispares, y dependen mucho de la metodología utilizada, la conclusión común a todos ellos es que parece existir un efecto positivo y significativo de las infraestructuras públicas sobre la productividad. Dado este consenso, parece necesario estimar cuál es la rentabilidad social de la inversión pública en infraestructuras. Tradicionalmente, esto se ha hecho desde una perspec-

---

\* Este proyecto ha sido financiado por el Instituto de Estudios Fiscales, Ministerio de Hacienda.

tiva de equilibrio parcial, donde esta rentabilidad vendría dada por la ratio entre la productividad marginal del capital público y la productividad marginal del capital privado. Suponiendo que la inversión en capital privado es socialmente óptima, la inversión pública en infraestructuras será rentable socialmente si esa ratio es mayor que la unidad. Éste es el método utilizado por los trabajos que analizan la rentabilidad social de la inversión pública española (véase, por ejemplo, De la Fuente (1995, 2001) o Bajo *et al.* (2002)).

Ahora bien, el método anterior no considera el coste de la financiación de la inversión pública. En este sentido, es de esperar que el coste de la inversión pública sea mayor que el de la inversión privada al financiarse aquélla con impuestos distorsionadores<sup>2</sup>. La actividad inversora del sector público tiene dos efectos contrapuestos sobre el bienestar. Por un lado, un incremento del *stock* de capital público provoca un aumento de la producción agregada, mientras que por otra parte hace que crezca la recaudación impositiva distorsionante, afectando a la renta disponible y a la decisión de los individuos sobre consumo, ahorro y oferta de trabajo. De esta forma, la inversión pública en infraestructuras genera una rentabilidad social que es el resultado neto de comparar el coste de los fondos públicos y el beneficio del proyecto público.

Interiorizando la anterior consideración, este trabajo se propone cuantificar la rentabilidad social de la inversión pública española en infraestructuras mediante un enfoque de equilibrio general dinámico. Es decir, calcularemos los efectos macroeconómicos dinámicos netos que las variaciones de la inversión pública financiadas con impuestos distorsionantes tienen sobre el bienestar social. Con este objetivo, calibraremos y simularemos un modelo neoclásico de crecimiento ampliado para introducir el papel productivo del *stock* de infraestructuras. En este sentido, nuestro modelo es semejante al propuesto por, entre otros, Glomm y Ravikumar (1994, 1999), Fisher y Turnovsky (1998), quienes analizan la incidencia y/o el diseño óptimo de la política fiscal, o por Rioja (1999), quien también cuantifica los efectos sobre el bienestar de la inversión pública para un conjunto de países latinoamericanos. Ahora bien, a diferencia de esos trabajos, nosotros vamos a suponer que el papel productivo de las infraestructuras no viene determinado por la dotación absoluta de éstas, sino por su capacidad para cubrir una demanda y un territorio. Así, por ejemplo, algunos trabajos empíricos han mostrado que el impacto de la dotación de infraestructuras públicas en la productividad de las regiones españolas depende negativamente de la extensión del territorio sobre la que se distribuye (ver, por ejemplo, De la Fuente, 1994; De la Fuente y Vives, 1995; o Alonso-Carrera *et al.*, 2002). Todo esto indica la necesidad de reformular el papel que las infraestructuras públicas juegan en la determinación de la producción agregada. En este sentido, siguiendo a De la Fuente (1994) y De la Fuente y Vives (1995), consideraremos dos sectores productivos de mercado. El primer sector produciría bienes físicos, mientras que el segundo se encargaría de la distribución de esos bienes. El supuesto crucial es que esta distribución está sujeta a costes de transporte que dependen negativamente del *stock* de infraestructuras públicas y positivamente de la extensión del territorio de la región.

La microfundamentación del papel de las infraestructuras se completa con el supuesto de que los servicios productivos de aquéllas están sujetos a costes de congestión. Como

apuntan Barro y Sala-i-Martin (1995), todos los bienes y servicios públicos están sujetos a algún grado de congestión, lo cual es especialmente evidente en el caso de los servicios productivos prestados por las infraestructuras públicas. En este sentido asumiremos que el efecto de las infraestructuras sobre la productividad dependerá negativamente de la cantidad agregada de bien físico que debe ser transportado<sup>3</sup>. Además, el *stock* de infraestructuras se mantiene e incrementa mediante la inversión pública, que será financiada con impuestos sobre el capital, sobre las rentas del trabajo y sobre el consumo. En realidad, asumiremos que la actividad del gobierno se reduce a utilizar estas fuentes impositivas para financiar unas sendas exógenas de inversión pública y de consumo público, sujeto a una restricción de presupuesto equilibrado. Ahora bien, con el objetivo de aislar el efecto de la inversión pública, consideraremos que el consumo público ni reporta directamente bienestar ni afecta a la productividad. Su inclusión en el modelo trata de recoger la idea de que aumentos en la inversión pública generan incrementos en el consumo público<sup>4</sup>, lo cual tiene efectos negativos sobre el bienestar al incrementar las necesidades de recaudación en una cuantía mayor a las necesidades derivadas de los aumentos de la inversión pública.

Nuestra economía artificial será calibrada para replicar algunas características relevantes de la economía española, y la simularemos para cuantificar las variaciones en el bienestar derivadas de incrementos en la inversión pública. Para ello seguiremos un análisis de incidencia de presupuesto equilibrado, donde incrementos de la inversión pública son financiados con incrementos en los tipos impositivos de los impuestos distorsionantes. Nuestro análisis avanza que la inversión pública española en infraestructuras es socialmente rentable. Esto significa que el nivel actual de inversión pública en infraestructuras está por debajo del óptimo, y que es socialmente deseable detraer recursos del sector privado para aumentar la productividad vía incrementos del *stock* de infraestructuras. Evidentemente, esta rentabilidad depende cuantitativamente del impuesto o combinación de impuestos utilizados para la financiación de los incrementos de la inversión pública. Por ejemplo, se mostrará que la rentabilidad social de aumentar permanentemente la ratio inversión pública-PIB en un 1 por 100 es mayor si se financia con la imposición efectiva sobre el capital, seguida por la imposición sobre el consumo y la imposición sobre las rentas salariales. En cualquier caso, todos los resultados de este trabajo deben ser valorados teniendo en cuenta los efectos de equilibrio general que se generan con la reforma fiscal. En particular, existe un «feedback» entre la variación de la inversión pública y la del PIB. De esta forma, incrementos en la inversión pública afectarán a las bases imponibles de los impuestos distorsionadores y, por lo tanto, determinarán la incidencia de éstos.

El resto del trabajo se organiza de la forma siguiente. La sección 2 describe el modelo teórico utilizado para el análisis. En la sección 3 se introduce el proceso de calibración de los parámetros estructurales del modelo. La sección 4 estudia los efectos que los incrementos de la inversión pública en infraestructuras tienen sobre el bienestar social. La sección 5 presenta un análisis de sensibilidad de los resultados respecto a los supuestos clave del trabajo. Finalmente, la sección 6 concluye el trabajo con algunos comentarios finales y posibles extensiones futuras.

## 2. Marco teórico de análisis

Sea una economía cerrada formada por un continuo de consumidores idénticos que se enfrentan a un horizonte de vida infinito. Por simplicidad supondremos que la tasa de crecimiento de la población es igual a cero y normalizaremos el tamaño de ésta a la unidad. Los consumidores poseen un *stock* de capital inicial  $k_0$ , el cual alquilan a las empresas y puede ser aumentado mediante la inversión. Además, cada consumidor posee una unidad de tiempo en cada período, que dedica a ocio y a trabajo. Las preferencias de un consumidor representativo vienen representadas por la siguiente función de utilidad:

$$U = \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t u(c_t, 1-n_t) = \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \frac{[c_t^{1-\theta}(1-n_t)^\theta]^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma}, \quad [1]$$

donde  $c_t$  y  $n_t$  representan el consumo y la fracción de tiempo destinada a trabajar, respectivamente, en el período  $t$ ;  $\beta \in (0,1)$  es la tasa de descuento subjetiva sobre las utilidades futuras;  $\theta$  es el parámetro que mide la preferencia relativa por el ocio; y  $\sigma$  es la inversa de la elasticidad de sustitución intertemporal del bien compuesto de consumo  $C_t \equiv c_t^{1-\theta}(1-n_t)^\theta$ . En este modelo con ocio, la inversa de la elasticidad de sustitución intertemporal del consumo  $c_t$  viene dada por  $1-(1-\theta)(1-\sigma)$ .

Existe un número grande de empresas que se organizan en dos sectores productivos para ofrecer un bien homogéneo, el cual puede ser destinado al consumo, a aumentar el *stock* de capital privado o a gasto público. Es decir, siguiendo a De la Fuente (1994) consideraremos un proceso de producción que se desarrolla en dos etapas. Un sector produce el bien físico, y el otro sector se ocupa de la distribución de ese bien por el territorio. Por un lado, cada empresa del primer sector produce bienes mediante la siguiente función de producción:

$$x_t = Ak_t^\alpha (h_t^\phi n_t)^{1-\alpha}, \quad [2]$$

donde  $\alpha$  y  $\phi$  son parámetros tecnológicos pertenecientes al intervalo  $(0,1)$ ;  $x_t$  es el nivel de producción per cápita de bienes físicos;  $A$  es el factor de escala tecnológico;  $k_t$  es el *stock* agregado medio de capital privado; y  $h_t$  es el *stock* per cápita de capital humano, entendido como unidades eficientes de trabajo<sup>5</sup>. Supondremos crecimiento exógeno de la productividad del trabajo; i.e.,  $h_t = \xi^t h_0$  donde  $\xi$  representa la tasa bruta de crecimiento. Con el fin de garantizar crecimiento sostenido asumimos  $\xi > 1$ .

Las empresas del segundo sector compran los bienes físicos al precio  $p_t$ , y los distribuyen entre los consumidores. Asumiremos que en el proceso de distribución una fracción del *output* del primer sector de producción se pierde mediante su transporte desde la planta de producción al punto de distribución. Para ello supondremos que este proceso de distribución viene representado por una tecnología que depende de los bienes físicos adquiridos en la planta de producción y de la *cercanía efectiva* entre el punto de distribución y la planta de producción. Este factor dependerá positivamente del *stock* de infraestructuras públicas y negativamente de la distancia entre la planta de producción y el punto de venta de los bienes, donde ambos factores están dados para las empresas. En este trabajo, parametrizaremos este

factor distancia por la superficie del territorio que abarca la distribución de bienes. Además, asumiremos que los servicios que las empresas distribuidoras obtienen del *stock* de infraestructuras están sujetos a costes de congestión. En particular, consideraremos la siguiente tecnología de distribución de bienes físicos:

$$y_t = x_t^\eta \left( \frac{I_t}{X_t^\upsilon} \right)^\gamma S^{1-\eta-\gamma}, \quad [3]$$

donde  $y_t$  es la cantidad de bienes físicos que efectivamente son ofrecidos por cada empresa al consumidor,  $I_t$  es el *stock* agregado de infraestructuras públicas,  $X_t$  es la producción agregada de bienes físicos y  $S$  es la superficie del territorio. El parámetro  $\upsilon \in [0,1]$  mide el grado de congestión asociado al bien público; es decir, determina la relación que deben guardar las tasas de crecimiento de  $I_t$  y de  $X_t$  para que el nivel de servicios que las empresas distribuidoras obtienen del *stock* de infraestructuras permanezca constante en el tiempo. Para garantizar que la cantidad de bienes efectivamente distribuidos dependa positivamente de la cercanía efectiva entre la planta de producción y el punto de venta a los consumidores, asumiremos que  $\eta < 1 < \eta + \gamma$  y  $\gamma > 0$ . Finalmente, normalizamos a la unidad el precio final al que las empresas distribuidoras venden el bien físico a los consumidores.

Obsérvese que el factor cercanía efectiva del proceso de distribución es un factor exógeno para las empresas y que, por tanto, no está directamente remunerado. Esto provoca que las empresas distribuidoras reciban un beneficio estrictamente positivo incluso actuando competitivamente. Estos beneficios deben ser entendidos como las rentas económicas derivadas de la mayor cercanía entre la planta de producción y el punto de venta a los consumidores. Es decir, los individuos recibirán una renta económica que depende positivamente del *stock* de infraestructuras y negativamente de la superficie del territorio.

Introduciendo [2] en [3] se obtiene la siguiente forma reducida de la función del proceso de producción en dos etapas:

$$y_t = A^\eta k_t^{\alpha\eta} (h_t^\phi n_t)^\eta \left( \frac{I_t}{X_t^\upsilon} \right)^\gamma S^{1-\eta-\gamma}, \quad [4]$$

donde a fin de asegurar que el capital privado y el trabajo en unidades eficientes sean productivos a nivel agregado, debemos imponer que  $\eta - \gamma\upsilon > 0$ . La oferta final de bienes físicos  $y_t$ , realizada por cada empresa, vendrá dada por la función de producción efectiva [4]. El producto final de este proceso productivo será absorbido por la retribución del capital y del trabajo que participan en la producción inicial de los bienes, y por la renta económica o beneficio que se deriva del factor cercanía que determina el *output* del proceso de distribución.

El gobierno en esta economía financia una senda de gasto público a través de un impuesto que grava el consumo a la tasa  $\tau_t^c$ , un impuesto que grava las rentas del trabajo a la tasa  $\tau_t^w$ , un impuesto que grava las rentas netas del capital (incluidos los beneficios) a la tasa  $\tau_t^k$  y, por último, un impuesto de suma fija  $\tau_t$ . Además, el gasto público se divide de forma exóge-

na entre inversión pública y consumo público, que denotaremos por  $i_t^g$  y  $c_t^g$ , respectivamente. Finalmente, el gobierno se enfrenta a una restricción de déficit cero en todo momento de tiempo, donde el impuesto de suma fija es la variable que equilibra el presupuesto. Así, el gobierno se enfrenta a la siguiente restricción presupuestaria en cada período  $t$ :

$$i_t^g + c_t^g = \tau_t^c c_t + \tau_t^w w_t n_t + \tau_t^k [(r_t - \delta)k_t + \pi_t] + \tau_t, \quad [5]$$

donde  $\pi_t$  denota los beneficios empresariales;  $r_t$  y  $w_t$  son el tipo de interés y la tasa de salario en unidades eficientes, respectivamente; y  $\delta$  representa la tasa de depreciación del *stock* de capital. De esta forma, la restricción presupuestaria de un consumidor vendría dada por

$$(1 - \tau_t^w)w_t n_t + (1 - \tau_t^k)[(r_t - \delta)k_t + \pi_t] + k_t - \tau_t = (1 + \tau_t^c)c_t + k_{t+1}. \quad [6]$$

Por lo tanto, la restricción de disponibilidad agregada de recursos de la economía viene dada por

$$y_t = k_{t+1} - (1 - \delta)k_t + c_t + i_t^g + c_t^g.$$

Con el fin de mantener la importancia relativa del gasto público, supondremos que éste es una fracción del *output* efectivo, i.e.,

$$i_t^g = \varphi_t^{ig} y_t \text{ y } c_t^g = \varphi_t^{cg} y_t. \quad [7]$$

Asumimos que el consumo público no reporta bienestar ni participa en la producción, mientras que la inversión pública se acumula en el *stock* de infraestructuras, de tal forma que la ley de evolución de este *stock* viene dada por:

$$I_{t+1} = i_t^g + (1 - \mu) I_t, \quad [8]$$

donde  $\mu$  es la tasa de depreciación del *stock* de infraestructuras públicas.

Dados los *stocks* iniciales de capital privado,  $k_0$ , de capital humano,  $h_0$  y de infraestructuras,  $I_0$  y las sendas para las variables de política fiscal  $\{\varphi_t^{ig}, \varphi_t^{cg}, \tau_t^c, \tau_t^w, \tau_t^k, \tau_t\}$  un *equilibrio competitivo* se define como un conjunto de sendas para los precios  $\{w_t, r_t, p_t\}$  y para las asignaciones de cantidades  $\{c_t, n_t, k_t\}$ , tal que,

(i) las elecciones del consumidor representativo  $\{c_t, n_t, k_t\}$  maximizan [1] sujeto a [6] y la restricción de no negatividad de todas las variables;

(ii) las sendas  $\{n_t, k_t\}$  maximizan los beneficios de las empresas sujeto a la restricción tecnológica representada por la función de producción [4];

(iii) el gobierno sigue la restricción presupuestaria [5]; y

(iv) se satisfacen las condiciones de vaciado de los mercados de bienes, capital y trabajo.

En equilibrio, la competencia entre las empresas del sector de distribución asegura que el precio  $p_t$  al cual adquieren los bienes físicos en la planta de producción es igual al produc-

to marginal de esos bienes en el proceso de distribución. Por lo tanto, usando el hecho de que en un equilibrio simétrico  $x_t = X_t$  para todo  $t$ , este precio viene dado por

$$p_t = \eta x_t^{\eta-\gamma\nu-1} I_t^\gamma S^{1-\eta-\gamma}. \quad [9]$$

Dado ese precio de equilibrio los beneficios de este sector de distribución de bienes es igual a

$$\pi_t = (1 - \eta)y_t \quad [10]$$

En el mismo sentido, la competencia entre las empresas del sector de producción asegura que en equilibrio, el tipo de interés y la tasa salarial vengan dadas respectivamente por los productos marginales del capital y del trabajo en unidades eficientes. Usando el precio de equilibrio dado por [9] y la función de producción [2], obtenemos que en equilibrio se cumple lo siguiente:

$$w_t = \eta(1 - \alpha) B k_t^{\alpha(\eta-\gamma\nu)} \left( h_t^\phi \right)^{(1-\alpha)(\eta-\gamma\nu)} n_t^{(1-\alpha)(\eta-\gamma\nu)-1} I_t^\gamma, \quad [11]$$

$$r_t = \eta \alpha B k_t^{\alpha(\eta-\gamma\nu)-1} \left( h_t^\phi n_t \right)^{(1-\alpha)(\eta-\gamma\nu)} I_t^\gamma, \quad [12]$$

donde  $B = A^{\eta-\gamma\nu} S^{1-\eta-\gamma}$ .

Siguiendo el procedimiento estándar de Lagrange para la maximización restringida, encontramos las condiciones de primer orden del problema del consumidor, y manipulamos las expresiones para resumir las condiciones necesarias de optimalidad mediante el siguiente sistema de ecuaciones:

$$(1 + \tau_t^c) \left( \frac{u_2(c_t, 1 - n_t)}{u_1(c_t, 1 - n_t)} \right) = (1 - \tau_t^w) w_t, \quad [13]$$

$$\frac{u_1(c_t, 1 - n_t)}{(1 + \tau_t^c)} = \beta \left\{ \left( \frac{u_1(c_{t+1}, 1 - n_{t+1})}{(1 + \tau_{t+1}^c)} \right) \left[ 1 + (1 - \tau_{t+1}^k)(r_{t+1} - \delta) \right] \right\}, \quad [14]$$

junto a la restricción presupuestaria [6] y la condición de transversalidad:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \lambda_t k_t = 0, \quad [15]$$

donde  $\lambda_t$  es el multiplicador de Lagrange asociado a la restricción [6] del problema del consumidor, y  $u_1()$  y  $u_2()$  representan las utilidades marginales del consumo y del tiempo de ocio, respectivamente. Obsérvese que la ecuación [13] indica que la relación marginal de sustitución entre consumo y ocio debe ser igual al salario por unidad eficiente de trabajo después de impuestos. La condición [14] muestra que en equilibrio los consumidores invierten

en capital privado hasta que la rentabilidad neta después de impuestos iguala a la relación marginal de sustitución entre consumo presente y consumo futuro.

Para obtener crecimiento equilibrado a largo plazo supondremos que los tipos impositivos y las ratios inversión pública-*output* efectivo y consumo público-*output* efectivo son invariantes en el tiempo. Por lo tanto, de ahora en adelante asumiremos que  $\tau_t^k = \tau^k$ ,  $\tau_t^c = \tau^c$ ,  $\tau_t^w = \tau^w$ ,  $\varphi_t^{ig} = \varphi^{ig}$  y  $\varphi_t^{cg} = \varphi^{cg}$  para todo  $t$ . Para cada vector de instrumentos fiscales invariantes  $\{\tau^k, \tau^c, \tau^w, \varphi^{ig}, \varphi^{cg}\}$ , la economía que acabamos de introducir presenta una senda interior de crecimiento equilibrado, a lo largo de la cual el *stock* de capital privado, el consumo y el *stock* de infraestructuras crecen a una tasa constante, mientras que las asignaciones del tiempo, los precios relativos y la ratio *output* efectivo-capital privado permanecen constantes.

Denotemos por  $\psi$  la tasa estacionaria de crecimiento del *output* efectivo  $y_t$ . Dado que la inversión pública es una fracción constante del *output* efectivo, y puesto que la ratio *output*-capital es constante a lo largo de la senda de crecimiento equilibrado, de la función de producción reducida [4] se obtiene que el *stock* de capital y el *stock* de infraestructuras crecen también a la tasa  $\psi$  y además esta tasa debe cumplir que

$$\psi = \xi \frac{\delta(1-\alpha)(1-\gamma)}{1-\alpha(1-\gamma)-\gamma}. \quad [16]$$

Con esta condición, la tasa de crecimiento del *output*  $x_t$  del sector de producción de bienes es igual a  $\psi \frac{1-\gamma}{1-\gamma}$ . Finalmente, dividiendo la restricción presupuestaria [6] por  $k_t$ , obtenemos que el consumo también debe crecer a la tasa  $\psi$  a lo largo de la senda de crecimiento equilibrado.

Por motivos computacionales, normalizaremos las variables para eliminar las consecuencias del crecimiento a largo plazo. En particular, introducimos las siguientes variables normalizadas:

$$\hat{k}_t = \psi^{-t} k_t, \hat{c}_t = \psi^{-t} c_t, \text{ y } \hat{I}_t = \psi^{-t} I_t, \quad [17]$$

lo cual implica una normalización idéntica para el *output* efectivo, la tasa salarial en unidades eficientes, la inversión pública, el consumo público y el nivel del impuesto de suma fija. En esta normalización hemos usado la tasa estacionaria de crecimiento de las variables como factor de descuento de la variable original. De esta forma, las variables normalizadas  $\hat{k}_t$ ,  $\hat{c}_t$  y  $\hat{I}_t$  permanecerán constantes a lo largo de la senda equilibrada. Denotaremos por  $\hat{k}_t$ ,  $\hat{c}_t$  y  $\hat{I}_t$  los respectivos valores estacionarios de esas variables normalizadas.

A partir de las ecuaciones [5] a [17], y dados los supuestos hechos sobre las preferencias y las tecnologías, el equilibrio competitivo puede ser definido por un sistema dinámico de ecuaciones en primeras diferencias en  $\hat{k}_t$ ,  $\hat{c}_t$ ,  $n_t$  y  $\hat{I}_t$  junto con la condición de transversalidad [15] y las condiciones iniciales  $k_0$ ,  $h_0$  y  $I_0$ . Además, los valores estacionarios de  $\hat{k}_t$ ,  $\hat{c}_t$ ,  $n_t$  y  $\hat{I}_t$  se calcularían directamente resolviendo el sistema anterior después de imponer  $\hat{k}_t = \hat{k}$ ,  $\hat{c}_t = \hat{c}$ ,  $n_t = n$  y  $\hat{I}_t = \hat{I}$  para todo  $t$ .



### 3. Proceso de calibración

En esta sección se describe cómo han sido asignados los valores de los parámetros que caracterizan las preferencias, la tecnología y la política fiscal. Esta elección de los valores de los parámetros se ha basado en los datos anuales de la economía española durante el período 1970-1994, y recogidos de las estadísticas de la Contabilidad Nacional. Más precisamente, imponemos que el estado estacionario de nuestro modelo replique los valores medios de algunas ratios observados en los datos. La tabla 1 recoge los valores obtenidos para los distintos parámetros del modelo.

**Tabla 1**  
**Valor de los parámetros para el modelo base**

<i>Preferencias</i>		
Parámetro de descuento	$\beta$	0,96
Preferencia por el ocio	$\theta$	0,574
Elasticidad de sustitución intertemporal	$1/\sigma$	1
<i>Tecnología</i>		
Tasa bruta de crecimiento del capital humano	$\xi$	1,067
Factor de escala de la tecnología	$A$	1
Stock inicial de capital humano	$h_0$	1
Superficie del territorio	$S$	1
Coefficiente tecnológico del capital privado	$\alpha$	0,376
Coefficiente tecnológico del capital humano	$\phi$	0,43
Elasticidad- <i>output</i> efectivo de las infraestructuras	$\gamma$	0,126
Coefficiente tecnológico de costes de transporte	$\eta$	0,93
Tasa de depreciación del capital privado	$\delta$	0,10
Tasa de depreciación de las infraestructuras	$\mu$	0,05
Grado de congestión de las infraestructuras	$\upsilon$	0,93
<i>Política fiscal</i>		
Ratio inversión pública- <i>output</i> efectivo	$\varphi^{ig}$	0,05
Ratio consumo público- <i>output</i> efectivo	$\varphi^{cg}$	0,15
Tipo impositivo sobre consumo	$\tau^c$	0,1316
Tipo impositivo sobre salarios	$\tau^w$	0,3109
Tipo impositivo sobre capital	$\tau^k$	0,1633

Los parámetros  $\varphi^{ig}$  y  $\varphi^{cg}$  que determinan la senda de la inversión pública y el consumo público, han sido elegidos para reproducir las ratios inversión pública-PIB y consumo público-PIB de la economía española en el último año del período de calibración. Para la calibración de los tipos impositivos seguimos la metodología introducida por Mendoza *et al.* (1994), quienes obtienen los tipos efectivos de la comparación entre las medidas de precios antes y después de impuestos. De esta forma, los tipos impositivos sobre el consumo y sobre las rentas de los factores que se obtienen son consistentes con las distorsiones que afectan a un agente representativo en un marco de equilibrio general. En nuestro caso, los datos disponibles sólo permiten construir los tipos efectivos de estos impuestos entre 1985 y 1994.

Una vez calibrada la política fiscal, ya podemos calibrar los parámetros que caracterizan la tecnología y las preferencias. Por simplicidad supondremos que el parámetro  $\sigma$  que determina la elasticidad de sustitución intertemporal del consumo es igual a la unidad, lo que implica preferencias logarítmicas. El parámetro  $A$ , la superficie del territorio y el *stock* inicial de capital humano son factores de escala, por lo que los normalizaremos a la unidad. El parámetro  $\xi$  que introduce crecimiento exógeno, se calibra para reproducir el crecimiento medio del PIB. Siguiendo a Corrales y Taguas (1991) suponemos una tasa de depreciación del *stock* de infraestructuras,  $\mu$  del 5 por 100 anual.

De los datos no podemos inferir directamente el grado de congestión del *stock* de infraestructuras ni la elasticidad-*output* efectivo del *stock* de infraestructuras. Para calibrar  $\upsilon$  asumimos que en estado estacionario los servicios que cada empresa deriva del *stock* agregado de infraestructuras permanecen constantes en el tiempo. Para ello, la tasa de crecimiento de  $I_t$  debe ser igual a la tasa de crecimiento de  $X_t^\upsilon$ . Dados los valores computados en la sección 2 para esas tasas de crecimiento, nuestro objetivo de calibración impone  $\upsilon = \eta$ . Una vez fijado el grado de congestión, los coeficientes de las tecnologías de producción y distribución,  $\alpha$ ,  $\phi$ ,  $\eta$  y  $\gamma$ , han sido obtenidos de los resultados del trabajo de Alonso-Carrera *et al.* (2002). Estos autores estiman una función de producción reducida como [4] y, de esta forma, obtienen que las elasticidades-*output* efectivo del capital privado, del capital humano, del *stock* de infraestructuras, y de la superficie, son 0,306; 0,174; 0,126 y  $-0,056$ , respectivamente. Obsérvese en la tabla 1 que los valores tecnológicos calibrados suponen que la participación de las rentas salariales en el *output* efectivo  $y_t$  es igual a 0,507, mientras que la participación de las rentas no salariales, que en nuestro modelo son las rentas puras del capital y los beneficios es igual 0,493. Estos valores están en la línea de lo que nos muestran los datos, por lo que podemos dar por buena nuestra estrategia de calibración.

Finalmente, los valores de  $\delta$ ,  $\theta$  y  $\beta$  son elegidos para replicar en estado estacionario la ratio inversión-PIB, la ratio capital-PIB y la fracción de tiempo destinada a trabajar observada en los datos. Por un lado, la tasa de depreciación del capital  $\delta$  se escoge a través de la ley de evolución del capital en estado estacionario, dada por

$$\frac{\hat{i}}{\hat{y}} = \psi \left( \frac{\hat{k}}{\hat{y}} \right) - (1 - \delta) \left( \frac{\hat{k}}{\hat{y}} \right),$$

donde  $\hat{i}$  es el nivel normalizado de la inversión privada en estado estacionario. Por otro lado, el parámetro  $\theta$  que recoge la preferencia por el ocio y el factor de descuento  $\beta$  se calibran a partir de las condiciones de primer orden del problema del consumidor [13] y [14], en estado estacionario, las cuales en equilibrio vienen dadas por:

$$(1 + \tau^c) \left( \frac{\theta}{1 - \theta} \right) \left( \frac{n}{1 - n} \right) = (1 - \tau^w) \eta (1 - \alpha) \left( \frac{\hat{y}}{\hat{c}} \right),$$

$$\frac{\Psi}{\beta} = 1 + (1 - \tau^k) \left[ \alpha \eta \left( \frac{\hat{y}}{\hat{k}} \right) - \delta \right]$$

El método numérico de solución empleado en este trabajo es el propuesto por Sims (2002) y que aparece detallado en Novales *et al.* (1999). Este método se basa en analizar la estabilidad de la aproximación de primer orden del modelo, alrededor del estado estacionario. Este análisis indica la presencia de autovalores inestables, cuyos autovectores asociados proporcionan condiciones de estabilidad que han de imponerse para que el equilibrio competitivo sea globalmente estable. Estas condiciones caracterizan los subespacios de convergencia hacia el estado estacionario y garantizan el cumplimiento de las condiciones de transversalidad del modelo.

#### 4. Experimentos y resultados

En esta sección nos ocupamos de calcular cuál es la actual rentabilidad social de la inversión pública en España. Esta rentabilidad la aproximaremos por la ganancia media de bienestar que se deriva de un incremento de la ratio inversión pública-*output* efectivo con respecto a su valor bajo la política fiscal calibrada en la sección anterior, que denominaremos desde ahora en adelante *política base*. Para ello seguiremos un análisis de presupuesto equilibrado; es decir, el incremento en la inversión pública se ajusta con cambios en el sistema impositivo para mantener el presupuesto equilibrado en todo momento del tiempo. La variación de bienestar generada por esta reforma fiscal será el resultado neto de comparar la ganancia de bienestar que se deriva del incremento de la inversión pública y el coste de bienestar que origina el ajuste impositivo necesario para mantener el presupuesto del gobierno equilibrado. Por lo tanto, la magnitud de esa variación de bienestar dependerá crucialmente de cuál es el impuesto cuyo tipo se modifica.

El incremento de la participación,  $\varphi^{ig}$  de la inversión pública en el *output* efectivo desde su nivel en la política base nos llevará a un estado estacionario diferente. Lo que se trata es de calcular la variación en el bienestar que se deriva del ajuste desde el estado estacionario correspondiente a la política base al nuevo estado estacionario. Esta variación neta en el bienestar la computaremos siguiendo el procedimiento propuesto por Lucas (1987), el cual consiste en calcular cuántas unidades de consumo deberíamos darle, uniformemente en todos los períodos, a un individuo para que éste fuese indiferente al incremento de la inversión pública. Para ello, supondremos que inicialmente la economía está en el estado estacionario correspondiente a la política base, y de forma no anticipada y permanente el gobierno introduce la reforma fiscal propuesta. Lo que haremos es comparar el bienestar que se alcanzaría si la economía permaneciese en el estado estacionario de la política base y el que se alcanzaría si inicialmente se introduce la reforma fiscal. Atendiendo a este procedimiento, la variación neta de bienestar provocada por la reforma fiscal será, por tanto, el número  $\varepsilon$  que resuelve la siguiente ecuación:

$$\sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left[ u(\psi^t \hat{c}_t^r (1 + \varepsilon), 1 - n_t^r) - u(\psi^t \hat{c}^{pb}, 1 - n^{pb}) \right] = 0 \quad [18]$$

donde  $\hat{c}^{pb}$  y  $n^{pb}$  son los niveles estacionarios del consumo normalizado y del tiempo destinado a trabajar bajo la política base, mientras que  $\{\hat{c}_t^r\}_{t=0}^{\infty}$  y  $\{n_t^r\}_{t=0}^{\infty}$  serían las sendas de

consumo normalizado y del tiempo dedicado a trabajar asociadas a la reforma fiscal <sup>6</sup>. De esta forma, el producto  $\varepsilon \psi' \hat{c}_t^r$  es el incremento total del consumo requerido en el período  $t$  para restaurar el nivel de bienestar obtenido bajo la política base. La variación neta en el bienestar la expresaremos como la suma de los valores presentes de los incrementos totales en el consumo, expresado como porcentaje de la suma de los valores presentes del *output* efectivo.

A continuación usaremos el procedimiento arriba descrito para calcular la variación neta en el bienestar que se deriva de aumentar de forma permanente la participación,  $\varphi^{ig}$ , de inversión pública en el *output* efectivo en un 1 por 100. Analizaremos diferentes situaciones dependiendo de que estrategia de financiación escogemos: impuesto de suma fija, impuesto sobre el consumo, impuesto sobre las rentas salariales o impuesto sobre el capital. En primer lugar, calcularemos la variación del bienestar asociado a esta reforma en estado estacionario. En otras palabras, compararemos los niveles de bienestar que se alcanzarían en estado estacionario bajo la política base y bajo la política resultante de la reforma fiscal introducida. Por lo tanto, obviaremos de momento las repercusiones que sobre el bienestar tiene la transición entre los estados estacionarios. Dado que en estado estacionario el nivel de consumo normalizado según [17] y el tiempo de ocio permanecen constantes, la ecuación [18] se satisface si y sólo si la siguiente igualdad se cumple:

$$u(\hat{c}_t^r(1+\varepsilon), 1-n_t^r) - u(\hat{c}^{pb}, 1-n^{pb}) = 0 . \quad [19]$$

Es decir, la variación de bienestar viene dada en este caso por el valor de  $\varepsilon$  que iguala en cada período el valor de la utilidad que se alcanza bajo la política base y su valor bajo la política fiscal resultante de la reforma.

A continuación, trataremos de comprobar si la consideración de la transición entre los estados estacionarios afecta de forma significativa a los resultados. Para este cálculo tendríamos que resolver la ecuación [18] para obtener la compensación en consumo  $\varepsilon$ . Sin embargo, el cálculo numérico exige considerar un horizonte temporal finito, aunque lo suficientemente grande como para garantizar que la desviación con el estado estacionario que se alcance sea despreciable y para que, de esta forma, podamos asumir que la convergencia ha ocurrido. Siguiendo a Cooley y Hansen (1992), hemos considerado un horizonte de 2.000 períodos.

La tabla 2 presenta los resultados de los análisis anteriores. Lo primero que comprobamos al observar la tabla 2 es que tanto en el análisis de estado estacionario como en el análisis que tiene en cuenta la transición, el incremento de la inversión pública propuesto implica ganancias netas de bienestar con independencia de la estrategia de financiación escogida. Ahora bien, existen diferencias cuantitativas muy significativas entre los resultados de los dos análisis. Las ganancias netas son mucho menores cuando se considera la transición entre estados estacionarios que cuando sólo se comparan estados estacionarios. En particular, si reducimos el análisis a la comparación de estados estacionarios, obtenemos que tras el incremento en la inversión pública tendríamos que reducir el consumo de estado estacionario en más del 1 por 100 del *output* efectivo, dependiendo del impuesto usado para ajustar el presupuesto, para que los individuos obtuviesen en estado estacionario el nivel de bienestar asociado a la política base. Sin embargo, si incorporamos la transición entre estados estacionarios

rios, el consumo sólo tendría que ser reducido en menos del 0,30 por 100 del *output* efectivo para mantener el bienestar asociado a la política base. Es decir, al tener en cuenta la transición, la ganancia de bienestar del incremento de la inversión pública se reduce entorno a un 80 por 100 respecto a la ganancia obtenida del análisis de estado estacionario.

**Tabla 2**  
**Análisis de bienestar de la inversión pública**

<b>Impuesto</b>	<b>Estado estacionario</b>	<b>Con transición</b>
Imposición de suma fija	-1,3852	-0,2304
Imposición sobre consumo	-1,2994	-0,1866
Imposición sobre salarios	-1,2377	-0,1531
Imposición sobre capital	-1,3236	-0,2792

La segunda conclusión a extraer de los resultados de la tabla 2 es que, centrándonos en el análisis dinámico, la mejor forma de financiar el incremento de la inversión pública es mediante el impuesto sobre las rentas del capital, seguido del impuesto de suma fija, el impuesto sobre el consumo y el impuesto sobre las rentas salariales. De la ordenación anterior podría sorprender la posición del impuesto sobre el capital, pues es un resultado comúnmente aceptado que la imposición sobre el capital es la que tiene un mayor carácter distorsionante <sup>7</sup>. Ahora bien, este resultado debemos analizarlo mediante la *teoría del segundo óptimo*, que nos dice que la distorsión introducida por un impuesto depende de la existencia de otras distorsiones en el sistema, incluida otras distorsiones impositivas. En este sentido, debemos advertir que los resultados de la tabla 2 están generados por la interacción de varias distorsiones de distinto signo y distinta naturaleza. En primer lugar, debemos darnos cuenta de que no estamos haciendo un ejercicio de diseño fiscal óptimo, sino que estamos analizando los efectos sobre el bienestar de una reforma fiscal implementada a partir de una política base distorsionante y que, adicionalmente, la distorsión generada por el incremento impositivo va acompañada de la distorsión generada por el incremento de la inversión pública.

En segundo lugar, existe una ineficiencia productiva causada por la existencia de costes de congestión, lo cual provoca que el rendimiento privado de los bienes intermedios en la tecnología de distribución [3] sea mayor que su rendimiento social. Esto provoca que la producción de bienes intermedios en relación al *stock* de infraestructuras en el equilibrio competitivo esté por encima del nivel socialmente óptimo. En este sentido, como apuntan Barro y Sala-i-Martin (1992), la imposición distorsionante actúa como una tasa de uso que permite internalizar, al menos parcialmente, la distorsión generada por esos costes de congestión. Dado que el impuesto sobre las rentas del capital es el impuesto más distorsionador y, por lo tanto, es el que más reduce el nivel de *output* por unidad de recaudación, es también el impuesto más eficaz para conseguir la corrección de esa externalidad productiva.

Finalmente, debemos tener presente que en nuestro modelo el impuesto sobre las rentas del capital grava también la renta económica generada por el factor cercanía. Puesto que este

factor está dado para las empresas, el gravamen de su renta económica es en realidad un gravamen de suma fija; es decir, no introduce ninguna distorsión impositiva. Por lo tanto, el aumento del impuesto sobre las rentas de capital supone aumentar tanto la imposición distorsionante como la de suma fija, lo cual colabora sin duda a que sea este impuesto la mejor opción para financiar el incremento de la inversión pública.

El resultado de equilibrio general de la anterior combinación de distorsiones es *a priori* impredecible. Además, a lo anterior debemos añadir el hecho de que hemos considerado una política de gasto público endógena. Al ser la inversión y el consumo público un porcentaje del *output* efectivo, la reforma fiscal analizada implica un proceso de retroalimentación del gasto público que sin duda condicionan los efectos de aquella sobre el bienestar social. En definitiva, las distintas reformas analizadas generan distintas reacciones dinámicas de las variables macroeconómicas, las cuales son lo suficientemente complejas como para determinar cuál es el mecanismo exacto que da lugar a los resultados arriba expuestos. Una forma de descifrar ese mecanismo es representando el ajuste dinámico de la economía a su nuevo estado estacionario tras cada una de las reformas consideradas. En la figura 1 aparecen los efectos de las reformas sobre las distintas variables del modelo. Estos efectos se miden en términos de desviaciones porcentuales respecto al estado estacionario de la política base.

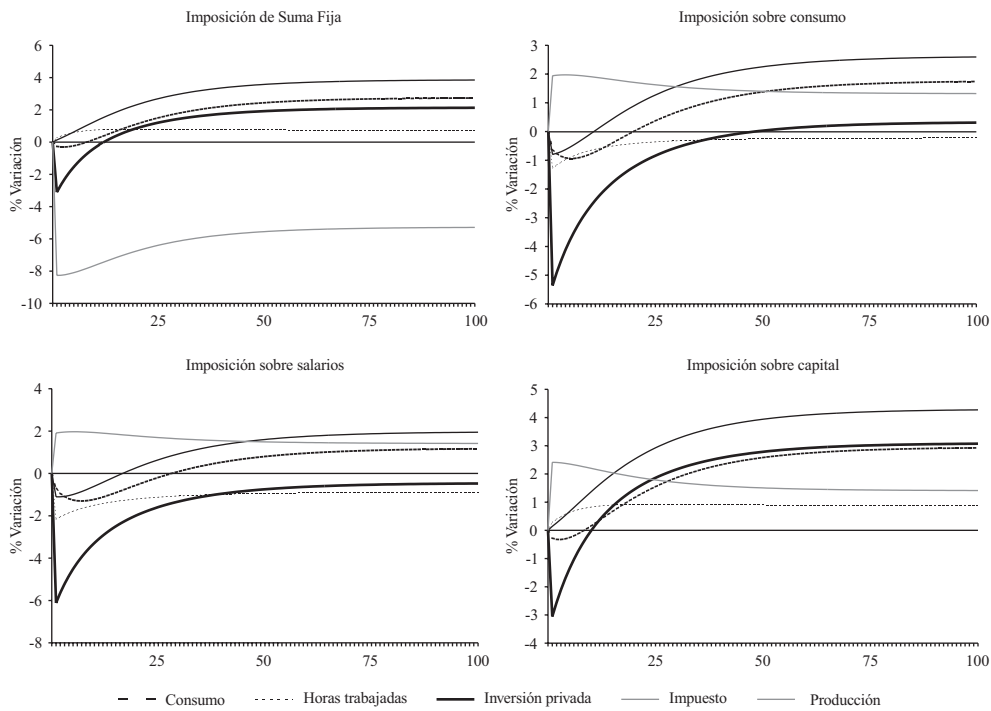


Figura 1

La figura nos permite entender por qué es mejor en términos de bienestar financiar el incremento de la inversión pública propuesto con el impuesto sobre el capital que con los impuestos sobre el consumo y sobre las rentas salariales. En el caso del impuesto sobre el capital, el consumo se reduce en los primeros períodos después de la reforma en una cantidad porcentualmente mucho menor que en el caso de los otros dos impuestos distorsionadores. Además, mientras en el caso de los impuestos sobre el consumo y sobre la renta salarial la oferta de trabajo cae en esos primeros períodos, en el impuesto sobre el capital esa oferta de trabajo aumenta desde el primer período. Esto tiene dos consecuencias importantes para entender el por qué de los resultados obtenidos. En primer lugar, ese ajuste dinámico implica que en el caso de la reforma financiada por el impuesto sobre el capital, la recaudación de los otros impuestos colabora a que el incremento necesario en la recaudación de ese impuesto no tenga por qué ser muy elevada. Sin embargo, en las reformas financiadas con los otros impuestos distorsionadores, la recaudación de los impuestos cuyos tipos impositivos no se modifican no colaboran, al menos suficientemente, a evitar tener que incrementar mucho la recaudación del impuesto que hemos tomado para ajustar el presupuesto. En segundo lugar, los ajustes dinámicos descritos implican que la reacción del *output* efectivo tras la reforma es más positiva si el impuesto sobre el capital es el que ajusta el presupuesto que si lo son los otros impuestos distorsionantes. Esto se traduce en que el efecto multiplicador generado por la dependencia bidireccional entre inversión pública y *output* efectivo sea mayor en la primera de esas estrategias de reforma que en las otras dos. La figura 2 confirma este argumento. Este gráfico nos proporciona la evolución de la inversión pública para cada una de las estrategias de financiación de la reforma analizada. Observamos que la inversión pública aumenta más en todos los períodos cuando la reforma se financia con el impuesto sobre el capital, seguido del impuesto sobre el consumo y del impuesto sobre la renta salarial.

Además de la explicación anterior del origen de los resultados de la tabla 2, debemos añadir el hecho de que, en un contexto con oferta endógena de trabajo, la imposición efectiva sobre el factor trabajo está determinada por el impuesto sobre las rentas salariales y también por el impuesto sobre el consumo, al distorsionar éste la elección intratemporal entre consumo y ocio. Por lo tanto, los efectos sobre el bienestar de los impuestos considerados deben ser interpretados en los términos siguientes. En la política base la imposición efectiva total sobre el factor trabajo es mucho mayor que la imposición efectiva sobre el factor capital<sup>8</sup>. De esta forma, el incremento en la imposición efectiva total sobre el factor trabajo, derivada del uso del impuesto sobre el consumo o del impuesto directo sobre la renta salarial para financiar el incremento de la inversión pública, genera una pérdida de eficiencia mayor que el incremento de la imposición efectiva sobre el capital<sup>9</sup>.

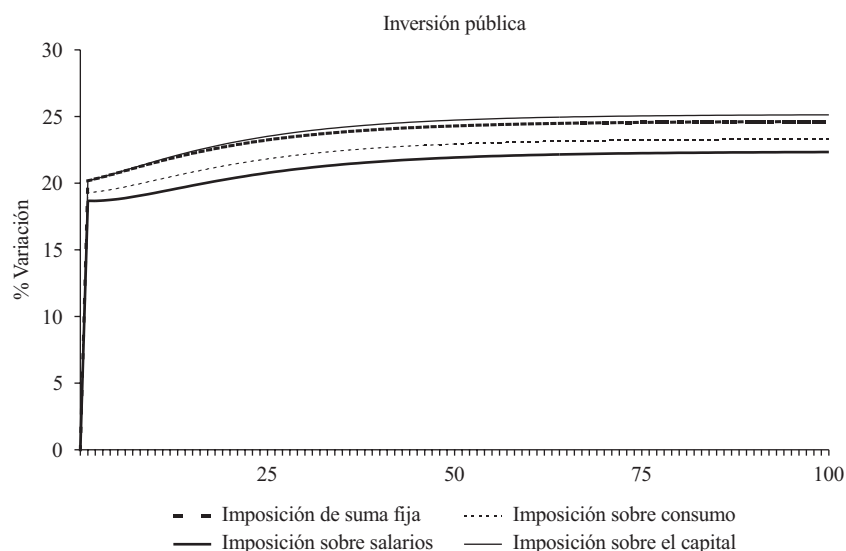


Figura 2. Inversión pública

## 5. Análisis de sensibilidad

Otra forma de descifrar el mecanismo que está detrás de los efectos sobre el bienestar de las reformas fiscales analizadas en la sección anterior, es mediante un análisis de sensibilidad de los resultados de la tabla 2 respecto a los parámetros que guían las distorsiones anteriormente especificadas. Con este objetivo, en esta sección se estudia cómo esos resultados dependen de los rendimientos decrecientes a nivel privado, de la participación del *stock* de infraestructuras en el *output* efectivo y del grado de congestión. Realizamos, por lo tanto, un análisis de sensibilidad respecto a los parámetros  $\eta$ ,  $\gamma$  y  $\upsilon$ . Los resultados de este análisis quedan recogidos en las tablas 3, 4 y 5. En todos los casos observamos que estos parámetros tienen efectos significativos sobre la rentabilidad social de la inversión pública en infraestructuras.

Las variaciones en los parámetros  $\eta$  y  $\gamma$  no alteran la ordenación de las formas de financiación de la reforma por orden de ganancias de bienestar. Ahora bien, las variaciones en esos parámetros sí afectan al importe de la ganancia de bienestar y, en algún caso, a su signo. En primer lugar, la tabla 3 ilustra cómo las ganancias de bienestar de las reformas son mayores cuanto menores son los costes de transporte medidos por el parámetro  $\eta$ , aunque las diferencias entre los distintos casos analizados son pequeñas. En concreto, las mayores ganancias se obtienen en el caso  $\eta = 1$ , en el cual el modelo se reduce al modelo estándar con capital público y rendimientos constantes a escala en capital privado y trabajo en unidades eficientes (ver función reducida de producción [4]).



**Tabla 3**  
**Análisis de sensibilidad sobre costes de transporte**

Impuesto	$\eta = 1$		$\eta = 0,85$	
	Estacionario	Dinámico	Estacionario	Dinámico
Imposición de suma fija	-1,4385	-0,2504	-1,3282	-0,2084
Imposición sobre consumo	-1,3490	-0,2016	-1,2500	-0,1706
Imposición sobre salarios	-1,3027	-0,1751	-1,1727	-0,1305
Imposición sobre capital	-1,3539	-0,3031	-1,2829	-0,2530

En segundo lugar, observamos de la tabla 4 que la ganancia de bienestar del incremento de la inversión pública es evidentemente creciente con el parámetro  $\gamma$  que mide la productividad del *stock* de infraestructuras, y además los resultados cuantitativos varían de forma importante entre los ejemplos considerados. En concreto destaca que cuando  $\gamma = 0,05$  el incremento propuesto de la inversión pública proporciona pérdidas de bienestar para todas alternativas de financiación consideradas, aunque se mantiene la ordenación entre esas alternativas. Es decir, en este caso el beneficio derivado del incremento de la inversión pública es menor que el coste derivado de la distorsión impositiva. Este resultado tiene una relevancia extra si advertimos que muchos trabajos empíricos estiman para la economía española un valor de la productividad del capital público entorno al 5 por 100 (ver De la Fuente, 2002). Además, puede sorprender que incluso obtengamos pérdidas de bienestar cuando nos financiamos con un impuesto de suma fija. Esto se explica por el carácter endógeno de la política de gasto público, lo cual provoca que incrementos de la inversión pública tengan un efecto multiplicador sobre el *output* efectivo y, por lo tanto, sobre las bases imponibles de los impuestos distorsionantes.

**Tabla 4**  
**Análisis de sensibilidad sobre productividad infraestructuras**

Impuesto	$\gamma = 0,2$		$\gamma = 0,05$	
	Estacionario	Dinámico	Estacionario	Dinámico
Imposición de suma fija	-2,9520	-0,9650	0,0794	0,4693
Imposición sobre consumo	-2,9238	-0,9455	0,1487	0,5438
Imposición sobre salarios	-2,9044	-0,9303	0,2542	0,6100
Imposición sobre capital	-2,9337	-1,0114	0,1172	0,4278

Finalmente, la tabla 5 muestra que las ganancias de bienestar del incremento propuesto para la inversión pública son mayores cuanto menores son los costes de congestión. Dado el nivel actual del *stock* de infraestructuras, un aumento de la inversión pública alimenta la producción de bienes intermedios, lo cual provoca que la ganancia derivada del mayor *stock* de infraestructuras se vea minorada por los mayores costes de congestión. Este efecto alimenta-

**Tabla 5**  
**Análisis de sensibilidad sobre costes de congestión**

Impuesto	$\nu = 1$		$\nu = 0,85$		$\nu = 0$	
	Estacionario	Dinámico	Estacionario	Dinámico	Estacionario	Dinámico
suma fija	-1,3634	-0,2173	-1,4104	-0,2456	-1,6998	-0,4157
consumo	-1,2819	-0,1791	-1,3196	-0,1952	-1,5595	-0,2928
salarios	-1,2235	-0,1497	-1,2543	-0,1570	-1,4554	-0,2006
capital	-1,3063	-0,2707	-1,3436	-0,2890	-1,5782	-0,3983

ción de los costes de congestión será mayor cuanto mayor sea el parámetro  $\nu$ . Observemos que las mayores ganancias de bienestar se producen cuando no existen costes de congestión; es decir, cuando  $\nu = 0$ . En este último caso, también destaca que la reforma financiada con el impuesto sobre el capital proporciona, al contrario que en el modelo base, unas ganancias de bienestar menores que aquella financiada con el impuesto de suma fija. La explicación de este cambio de prioridades está en el hecho apuntado anteriormente de que ahora, al no existir costes de congestión, los impuestos distorsionantes pierden su función correctora de la distorsión productiva. Con todo el impuesto sobre las rentas del capital sigue siendo mejor instrumento para financiar el incremento de la inversión pública que los impuestos sobre el consumo y sobre las rentas salariales. A esto último colabora, sin duda, la existencia ya apuntada de un componente de suma fija en la imposición sobre el capital vía gravamen de la renta económica del factor cercanía, así como el hecho de que los dos últimos impuestos supongan un gravamen efectivo elevado sobre el factor trabajo.

Para finalizar este análisis de sensibilidad, debemos reconocer que los efectos sobre el bienestar de incrementos de la inversión pública están condicionados por el diseño particular de esa reforma fiscal. En nuestro modelo base, el gasto público se determina endógenamente, lo cual implica que la inversión pública genera un efecto multiplicador del *output* efectivo que conduce a una evolución de la economía determinada por la retroalimentación entre inversión pública y *output* efectivo. Evidentemente, este hecho condiciona de forma determinante los resultados obtenidos respecto a los efectos sobre el bienestar de los incrementos en la ratio inversión pública-*output* efectivo. Para comprobar esto analizaremos los efectos sobre el bienestar de un shock permanente sobre la inversión pública cuando el gasto público se fija mediante una regla exógena. Supondremos que la economía está situada en el estado estacionario correspondiente a la política base, y que el gobierno decide que la inversión pública no sea determinada endógenamente como un porcentaje del *output* efectivo, sino que siga un senda exógena. En particular, asumiremos que el gobierno decide que la inversión pública sea en adelante un 20 por 100 mayor del nivel de la inversión pública en el estado estacionario asociado a la política base, manteniéndose el consumo público en el nivel correspondiente a este estado estacionario. Es decir, tras la reforma la inversión pública vendrá dada por  $\tilde{i}_t^g = 1,2\bar{i}^g$ , donde  $\bar{i}^g$  denota la inversión pública del estado estacionario asociado a la política base. Observemos que a diferencia de la reforma analizada anteriormente, ahora la inversión pública y el consumo público permanecen constantes después de la reforma y, por

lo tanto, la estrategia de financiación de la reforma no afecta a su nivel, suavizándose el efecto multiplicador del incremento de la inversión pública<sup>10</sup>. Esto se traducirá en unas consecuencias sobre el bienestar distintas a las obtenidas de la primera reforma considerada.

La tabla 6 recoge las ganancias de bienestar de este incremento de escala de la inversión pública para cada estrategia de financiación escogida. Observamos que ahora también existen diferencias significativas entre los resultados del análisis en el que sólo se comparan estados estacionarios, con los resultados del análisis que incorpora los ajustes dinámicos. Sin embargo, ahora estas diferencias no sólo son de escala sino que también existen diferencias en las jerarquías de las estrategias de financiación. En el análisis que sólo compara estados estacionarios, esta ordenación es la inversa a la obtenida en la tabla 2 para el caso donde se incrementaba el porcentaje de *output* efectivo destinado a inversión pública, mientras que si incorporamos el ajuste dinámico la ordenación coincide con la de esta última tabla. La explicación a este resultado se puede extraer observando la evolución de los tipos impositivos de los impuestos que ajustan el presupuesto. La tabla 7 compara los tipos impositivos estacionarios del impuesto que ajusta el presupuesto público en la política base y en la situación tras la reforma fiscal. Observamos que esos tipos impositivos decrecen, lo cual se deriva del hecho de que la nueva reforma implica unas necesidades adicionales de recaudación decrecientes en el tiempo.

**Tabla 6**  
**Análisis bienestar bajo gasto público exógeno**

Impuesto	Estado estacionario	Con transición
Imposición de suma fija	-1,5708	-0,5268
Imposición sobre consumo	-1,6002	-0,4618
Imposición sobre salarios	-1,6265	-0,3925
Imposición sobre capital	-1,5929	-0,5240

**Tabla 7**  
**Ajuste tipos impositivos estacionarios bajo gasto público exógeno**

Impuesto	Tipos en política base	Tipos después reforma
Imposición de suma fija	-0,0495	-0,0602
Imposición sobre consumo	0,1316	0,1287
Imposición sobre salarios	0,3109	0,3075
Imposición sobre capital	0,1633	0,1596

El incremento de la inversión pública aumenta las bases imponibles de todos los impuestos en una proporción mayor que las necesidades de financiación. Esto implica que aquellos impuestos que mantienen el tipo impositivo constante ven aumentada su recaudación de tal forma que el ajuste presupuestario genera una reducción del tipo impositivo utilizado para este ajuste. Este descenso de los tipos impositivos explica el orden de ganancias de bienestar

obtenidos en la tabla 6 por dos razones. En primer lugar, ese descenso en el tipo impositivo será más positivo para el bienestar social cuanto mayor sea la recaudación aportada en la política base por el impuesto correspondiente. Estas contribuciones recaudatorias son mayores para el impuesto sobre la renta salarial, seguido del impuesto sobre el consumo y el impuesto sobre el capital. En segundo lugar, volvemos a recoger el hecho de que la imposición efectiva total sobre el factor trabajo es mucho mayor que la imposición efectiva sobre el factor capital en la política base. Por lo tanto, cualquier descenso en esta imposición efectiva sobre el factor trabajo es mejor en términos de bienestar que un descenso en la imposición efectiva sobre el capital.

## 6. Comentarios finales y extensiones

En este trabajo hemos calibrado un modelo de crecimiento neoclásico para estudiar los efectos que sobre el bienestar tiene la inversión pública española en infraestructuras. Para ello hemos introducido el papel de las infraestructuras como un factor que reduce los costes de transporte de bienes, por lo que no es la dotación bruta de infraestructuras sino su dotación efectiva la que determina en nuestro modelo las diferencias en productividad y en renta per cápita. Ahora bien, los efectos sobre el bienestar de la inversión pública están condicionados por la estrategia de financiación escogida. Para nuestro estudio hemos escogido un enfoque de incidencia de presupuesto equilibrado, donde los incrementos de la inversión pública se acompañaron de incrementos en los tipos impositivos de algunos impuestos para mantener el presupuesto equilibrado en todo momento del tiempo. Los resultados obtenidos, por lo tanto, reflejan el efecto neto sobre el bienestar resultante de comparar el beneficio que se deriva del incremento del *stock* de infraestructuras y el coste asociado al incremento de la recaudación impositiva distorsionante.

Los mecanismos a través de los cuales las políticas fiscales afectan al bienestar social son el resultado de las relaciones entre las preferencias y las tecnologías, así como de la interacción entre las distintas distorsiones fiscales y productivas existentes. Todo ello genera unos efectos sobre el bienestar a priori impredecibles y, algunas veces, unos resultados inesperados. Por ejemplo, hemos encontrado que la mejor forma posible de financiar un incremento de un 1 por 100 en la ratio inversión pública-PIB es mediante la imposición efectiva sobre el capital. Esto, aunque choca con nuestra idea de que esta imposición es la más distorsionadora, puede explicarse por el ajuste dinámico de la economía tras la reforma fiscal. Este ajuste genera una interacción entre inversión pública y PIB que hace que el efecto multiplicador de la reforma sea muy elevado, lo cual se traduce en un fuerte aumento del PIB y del bienestar.

Este trabajo es susceptible de ser ampliado en varias direcciones. Por un lado, una extensión natural del modelo sería la endogenización del proceso de acumulación de capital humano. De esta forma, introduciríamos un nuevo margen de decisión de los individuos que se vería afectado por la inversión pública en infraestructuras. Además, el nivel de capital humano determinaría cuál es la dotación efectiva de infraestructuras. Por otro lado, el análisis del

presente trabajo podría ser extendido a la valoración de la inversión pública en infraestructuras en términos de equidad o distribución de la renta. Este análisis exigiría la extensión del presente modelo para introducir agentes heterogéneos, de tal forma que se pueda aproximar la distribución de la renta en España, y analizar entonces los efectos redistributivos de las reformas fiscales aquí consideradas.

## Notas

1. Véase De la Fuente (2002) para una revisión selectiva de esta literatura.
2. Por ejemplo, Alonso-Carrera *et al.* (2003) muestran que el exceso de gravamen o coste de eficiencia del actual sistema impositivo español es significativamente importante.
3. Generalmente, la literatura asume que el uso de capital público está congestionado por el uso del capital privado [véase, por ejemplo, Fisher y Turnovsky (1998)]. Ahora bien, otros trabajos asumen que esa congestión se deriva del nivel de *output* o de empleo [véase, por ejemplo, Glomm y Ravikumar (1994) o Turnovsky (1996)].
4. Pensemos, por ejemplo, que el *stock* de infraestructuras genera costes anuales de explotación y mantenimiento.
5. Hemos considerado  $\phi < 1$  porque las estimaciones econométricas de [2] son coincidentes al encontrar una participación del capital humano en el *output* menor que la participación de la fuerza de trabajo (tanto medida en horas como en trabajadores). Ver, por ejemplo, De la Fuente y Vives (1995).
6. Es decir, éstas son las sendas de equilibrio correspondientes a las variables normalizadas según [17], obtenidas de la resolución de nuestro modelo tras introducir la reforma fiscal, y tomando como condición inicial del *stock* de capital, del *stock* de capital humano y del *stock* de infraestructuras su valor en el estado estacionario correspondiente a la política base.
7. Véase, por ejemplo, Chamley (1981) para una formulación de este resultado.
8. El tipo impositivo efectivo total sobre el factor trabajo viene dado por la ratio  $\frac{\tau^w + \tau^c}{1 + \tau^w}$  (ver, por ejemplo, Sorensen, 2000). Así, el tipo impositivo efectivo total sobre el factor trabajo en la política base es del 33,76 por 100, frente al 16,33 por 100 del tipo impositivo efectivo sobre el factor capital.
9. Véase Alonso-Carrera y Manzano (2002) para una explicación detallada de este argumento de incidencia.
10. Recordemos que estamos trabajando con variables normalizadas. Por lo tanto, la nueva ley de determinación de la inversión pública implica que el valor no normalizado de ésta crece a una tasa constante e igual a la tasa exógena de crecimiento de la economía.

## Referencias

- Alonso-Carrera, J. y M. J. Freire-Serén (2002), “Infraestructuras públicas y desarrollo económico de Galicia”, en De la Fuente, A., M. J. Freire-Serén y J. Alonso-Carrera, *Infraestructuras y desarrollo regional*, Documentos de Economía 15, Centro de Investigación Económica y Financiera, Fundación Caixa-Galicia.
- Alonso-Carrera, J. y B. Manzano (2003), “Análisis dinámico del coste de bienestar del sistema impositivo español. Una exploración cuantitativa”, *Hacienda Pública Española/Revista de Economía Pública* 167 (4), 9-32.
- Aschauer, D. (1989), “Is public expenditure productive?”, *Journal of Monetary Economics*, 23: 177-200.

- Bajo, O., C. Díaz y D. Montávez (2002), "Optimal endowments of public investment: an empirical analysis for the spanish regions", *Papeles de Trabajo*, 20/02, Instituto de Estudios Fiscales.
- Barro, R. y X. Sala-i-Martin (1992), "Public finance in models of economic growth", *Review of Economic Studies*, 59: 645-661.
- Barro, R. y X. Sala-i-Martin (1995), *Economic Growth*, New York: McGraw-Hill.
- Chamley, C. (1981), "The welfare cost of capital income taxation in a growing economy", *Journal of Political Economy*, 89: 468-496.
- Cooley, T. y G. Hansen (1992), "Tax distortions in a neoclassical monetary economy", *Journal of Economic Theory*, 58: 290-316.
- Corrales, A. y D. Taguas (1991), "Series macroeconómicas para el período 1954-1988: un intento de homogenización", en Molinas, C., M. Sebastián y A. Zabalza (eds.), *La economía española. Una perspectiva macroeconómica*, A. Bosch e Instituto de Estudios Fiscales, 583-646.
- De la Fuente, A. (1994), "Capital público y productividad", en Joan M. Esteban y Xavier Vives (directores), *Crecimiento y convergencia regional en España y Europa*, II, Instituto de Análisis Económico (CSIC) y Fundación de Economía Analítica.
- De la Fuente, A. (1995), "Composición de la inversión y crecimiento", *Revista de Economía Aplicada* vol. III (9), 135-145.
- De la Fuente, A. (2001), "Infraestructuras y política regional", *Estudios sobre la Economía Española* 122, FEDEA.
- De la Fuente, A. (2002), "Infraestructuras y productividad. Un panorama de la literatura", en De la Fuente, A., *Fondos Estructurales, inversión en infraestructuras y crecimiento regional*, Documentos de Economía 18, Centro de Investigación Económica y Financiera, Fundación Caixa-Galicia.
- De la Fuente, A. y X. Vives (1995), "Infrastructure and education as instruments of regional policy: evidence from Spain", *Economic Policy*, 20: 13-51.
- Fisher, W. H. y S. J. Turnovsky (1998), "Public investment, congestion and private capital accumulation", *The Economic Journal*, 108: 399-413.
- Glomm, G. y B. Ravikumar (1994), "Public investment in infrastructure in a simple growth model", *Journal of Economic Dynamics and Control* 18, 1173-1187.
- Glomm, G. y B. Ravikumar (1999), "Competitive equilibrium and public investment plans", *Journal of Economic Dynamics and Control*, 23: 1207-1224.
- Lucas, R. E. Jr. (1987), *Models of Business Cycles*, New York: Basil Blackwell.
- Mendoza, E., A. Razin y L. Tesar (1994), "Effective tax rates in macroeconomics", *Journal of Monetary Economics*, 34 (3), 297-323.
- Novales, A., E. Domínguez, J. Pérez y J. Ruiz (1999), "Solving nonlinear rational expectations models by eigenvalue-eigenvector decompositions", en R. Marimón y A. Scott (eds.), *Computational methods for the study of dynamic economies*, Oxford University Press, 62-92.
- Rioja, F. K. (1999), "Productiveness and welfare implications of public infrastructure: a dynamic two-sector general equilibrium analysis", *Journal of Development Economics*, 58: 387-404.
- Sims, C. A. (2002), "Solving linear rational expectations models", *Computational Economics*, 20: 1-20.

Sorensen, P. B. (2000), "The case for international tax coordination reconsidered", *Economic Policy*, 31: 429-472.

Turnovsky, S. J. (1996), "Optimal tax, debt, and expenditure policies in a growing economy", *Journal of Public Economics*, 60: 21-44.

### Abstract

This paper quantifies the welfare effects of Spanish public investment in infrastructures. For that purpose, we calibrate from Spanish economy data a dynamic general equilibrium model with a representative agent, where public investment is financed with distortionary taxes. The *stock* of public infrastructures will have a positive effect on aggregate productivity of *inputs*, although we will assume that this effect depends on the effective endowment of infrastructures. We also assume private decreasing returns to scale by introducing costs of transport, which depend negatively on the *stock* of infrastructures per unit of *output*. Hence, the public investment has two countervailing effects on social welfare. An increase in the *stock* of infrastructures pushes the effective *output* up, whereas this argument also requires an increase in distortionary taxation, which affects negatively the disposable income and, thus, individuals' decisions on consumption, savings and labor supply. Therefore, the welfare effect of an increase in public investment will finally depend on the initial fiscal policy and on the way the government decides to finance this increase.

**Key words:** Fiscal policy; dynamic general equilibrium; comparative dynamics; social welfare.

*JEL classification:* E62, H20, O40.

