

Michael Pickhardt*

INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTES Y TARIFICACIÓN VIARIA EN LA UNIÓN EUROPEA. IMPLICACIONES TEÓRICAS PARA EL COMERCIO**

Este artículo reintroduce el concepto de Sax-Wicksell de provisión y financiación de infraestructuras de transporte en un modelo de bienes reservados. Se estudia la propuesta de la UE, la cual se enmarca en un contexto de fijación de precios de infraestructura de transporte comunitaria, así como el nuevo sistema de precios de uso viario establecido en Alemania. Entre otros aspectos, se argumenta que las ganancias obtenidas por la recaudación de tasas, que se supone que internalizan los efectos externos negativos del tráfico, tales como la congestión y los daños medioambientales, deberían emplearse en la reducción de las principales causas que provocan dichos efectos con el fin de evitar la aparición de incentivos a la búsqueda de rentas y estimular el comercio y el crecimiento económico.

Palabras clave: comercio internacional, infraestructura de transporte, tarificación viaria, teoría de los bienes reservados, inputs públicos, peajes, crecimiento económico, efectos externos.

Clasificación JEL: F10, H42, L91.

1. Introducción

La provisión óptima de la infraestructura de transportes asegura unos costes de transporte mínimos y, por

tanto, garantiza los beneficios que aporta el libre comercio. Por este motivo, la provisión óptima de infraestructura de transportes ha sido siempre un tema central en la política de la Unión Europea (UE) y en sus Estados miembros, aun así, durante la última década este debate ha ganado fuerza de manera considerable (ver Button, 2005). Principalmente, la financiación a través de impuestos de circulación y de carburante *versus* la imposición directa para el uso de infraestructura de transporte ha sido el tema central del debate. Por ejemplo, a finales de la década de los noventa la Comisión Euro-

* Chemnitz University of Technology. Department of Economics. VWL IV, Finanzwissenschaft.

El autor agradece los comentarios y sugerencias aportados por Ingo Barenz y Carsten Colombier en borradores anteriores de este artículo, por haber sido de gran utilidad. El autor es el único responsable de los defectos y errores que pudieran aparecer.

** Traducción de Laura Márquez.

pea (1998, página 3) constataba que de los 15 Estados miembros: cinco recaudaban dinero a través de peajes, seis utilizaban el mecanismo de la «Euroviñeta» para vehículos comerciales pesados, uno aplicaba una forma diferente de impuesto y los otros tres países no cargaban impuestos por el uso de autopistas. Además, todos los Estados miembros cargaban tasas anuales por el uso de vehículos, que variaban hasta un máximo de 3.000 ecus, e impuestos sobre el consumo de diesel hasta un máximo de 330 ecus por 1.000 litros¹. La Comisión Europea (1998, página 5) concluyó que estas diferencias, y que cada país siguiera sus propias iniciativas en lo referente a esta política, tendría un efecto negativo sobre la eficiencia de la infraestructura de transporte y el tráfico en la UE que afectaría negativamente al comercio, tanto nacional como internacional, de la UE. Como consecuencia, la Comisión Europea solicitó iniciar un proceso hacia la armonización de la financiación de la infraestructura de transportes en la UE. Esta iniciativa ha dado lugar hasta la fecha a varios informes relacionados con los costes de transporte y Directivas o propuestas de Directivas sobre financiación de infraestructura de transportes.

El objetivo de este artículo permite distinguir dos partes bien diferenciadas. En primer lugar, se analizan varios conceptos y criterios correspondientes a la financiación de infraestructuras de transportes que parecen haberse pasado por alto en la moderna economía del transporte y en el debate de la UE. En segundo lugar, se abordan varios problemas que podrían complicar la provisión óptima de infraestructura de transportes. Aunque el análisis podría aplicarse a la infraestructura de transporte en general, este artículo se centra principalmente en las infraestructuras de transporte por carretera, que es el modo de transporte predominante en la UE.

El artículo tiene la siguiente estructura. En el siguiente apartado, se introducen los criterios de Sax y Wicksell

de provisión y financiación de infraestructura de transportes. En la sección tercera, estos criterios se comparan con las propuestas recientes de la UE. La sección cuarta incide sobre algunos aspectos adicionales relevantes en lo que a la provisión óptima de infraestructura de transportes se refiere. En la última parte del artículo se presentan las correspondientes conclusiones.

2. El concepto Sax-Wicksell de provisión y financiación de infraestructura de transporte

El economista Emil Sax (1845-1927) publicó la primera edición de su tratado en economía del transporte, *Die Verkehrsmittel in Volks- und Staatswirthschaft*, en dos volúmenes (1878 y 1879). Este extenso trabajo podría representar el primer análisis del sector del transporte que se centra en todos los modos de transporte conocidos hasta ese momento. Pickhardt (2005a) proporciona una visión de conjunto del trabajo de Sax sobre la economía del transporte, mientras que Schmidt (1987) y Neck (1989) ofrecen un análisis de la contribución de Sax a la economía pública.

Respecto de la provisión y financiación de las infraestructuras de transporte², Sax (1878, páginas 62-86) considera un sistema de etapas múltiples. En una primera etapa, sólo las empresas privadas proporcionan infraestructuras de transporte y la financiación se basa totalmente en precios de mercado. Las otras tres etapas consideran la competencia pública, pero en diferentes grados, reflejándose en la provisión y financiación de las infraestructuras de mayor importancia. Por ejemplo, en la segunda etapa Sax considera empresas públicas o reguladas públicamente. En esta etapa, se cargan los impuesto-precio (*tax price*), refiriéndose con dicho término al precio que cubriría los costes o proporcionaría beneficios a largo plazo, mientras que a corto plazo el impuesto-precio estaría normalmente por debajo del

¹ El Ecu (European Currency Unit) fue el precursor del euro y fue reemplazado por éste el 1 de enero de 1999.

² SAX no utiliza el término «infraestructura», sino que habla de *standing capital* (*stehendes Capital*).

coste de producción unitario (Sax 1878, página 81)³. Es por esta última razón por la que una empresa privada no podría ofrecer este impuesto-precio. Por tanto, la perspectiva de largo plazo de la empresa pública, que se refleja en la cobertura del coste y la obtención de beneficios sólo en el largo plazo, permite fijar precios por debajo de los precios de mercado de corto plazo, los mínimos que la empresa privada tendría que fijar, *ceteris paribus*. Además, según Sax (1878, página 71), los precios por debajo del nivel de mercado de corto plazo inducirían a una mayor demanda de transporte, lo que mejoraría el comercio y produciría una mayor competencia en el comercio, siendo beneficioso para la economía en su conjunto. En otras palabras, los impuesto-precio inducirían un proceso dinámico de aumento del bienestar. Sin embargo, se debe señalar que las empresas públicas, al igual que las privadas, buscan tener un excedente o beneficio, aunque más a largo que a corto plazo. En cualquier caso, el término que Sax denomina precio-impuesto es una expresión algo engañosa porque se refiere a un precio de coste estimado o tasado y no se corresponde con la recaudación de un impuesto. En este nivel, Sax introduce las instituciones públicas. Aquí, la ausencia de precios es todavía un principio orientador en relación con el uso de las infraestructuras de transporte. Sólo se carga una tasa o cuota. En el sistema de Sax una tasa (*fee*) difiere del precio de mercado o de un impuesto-precio en la medida en que dicha tasa no está relacionada con el precio de reserva del usuario (precio de mercado) ni con los costes implícitos de la unidad del bien en cuestión. La tasa se calcula de tal manera que los costes totales de proporcionar la infraestructura son cubiertos por el total de ingresos obtenidos de aplicarla y la institución pública no prevé ni un superávit ni un déficit *a priori*. Por último, en la cuarta etapa, Sax analiza la provisión de las infraestructuras de

transporte por parte del gobierno. El principio de la exclusión de precios ya no es aplicable en esta fase y todos los agentes económicos son libres de utilizar la infraestructura de transporte como consideren adecuado. No hay imposición directa y la infraestructura se financia totalmente a través de los presupuestos generales, es decir mediante la estructura de impuestos generales. El Cuadro 1 resume las cuatro etapas en la provisión de infraestructuras según el sistema de Sax.

A continuación, se destacan cuatro aspectos relacionados con dicho sistema por etapas de Sax. En primer lugar, el sistema está relacionado con el modo y no con el tiempo. Por tanto, las cuatro etapas no reflejan necesariamente un desarrollo a lo largo del tiempo. Las cuatro etapas podrían encontrarse simultáneamente en un mismo sistema de transporte, con ciertas infraestructuras proporcionadas por la empresa privada y otras infraestructuras por la empresa pública, instituciones públicas o el mismo gobierno. El criterio para aplicar una u otra etapa a un determinado modo de transporte está en función del uso que se haga de este. Por ejemplo, si la utilización de determinado modo de transporte es reducida debería aplicarse la provisión de infraestructuras a través del mercado, mediante los correspondientes precios, pero si toda la población utiliza mayoritariamente un modo de transporte con similar intensidad, lo más apropiado sería la provisión de tales infraestructuras a través del gobierno y financiadas por los impuestos generales.

En segundo lugar, en términos modernos, el sistema por etapas refleja diferentes grados de efectos externos positivos del sistema de transporte sobre el comercio y el crecimiento y se supone que los diferentes sistemas de fijación de precios incorporan estos efectos (Sax 1878, páginas 71-77 y 82-86). En tercer lugar, la opinión de Sax acerca de la provisión a través de empresas privadas (etapa 1) y del gobierno (etapa 4) es que estos son casos excepcionales (Sax 1878, páginas 63-77 y 83-84). La provisión de infraestructuras a través de empresas públicas (etapa 2) y de instituciones públicas (etapa 3) sería la norma general. Por último, el sistema

³ El término «impuesto-precio» es usual en la literatura hacendística y se ha respetado al emanar directamente de los trabajos de Emile SAX. Podrían haberse utilizado términos como «peaje» o «peaje en sombra», con particularidades específicas y de uso más moderno.

CUADRO 1
SISTEMAS DE PROVISIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE EMIL SAX

Etapa	Institución que proporciona el servicio	Esquema de fijación de precios	Exclusión de precios	Grado de aplicación
1	Empresa privada	Precios de mercado	Sí	Excepcional
2	Empresa pública	Impuesto-precio (<i>tax price</i>)	Sí	Habitual
3	Institución pública	Tasa o cuota	Sí	Habitual
4	Gobierno	Impuesto general	No	Excepcional

por etapas de Sax es sólo una parte de un marco teórico más amplio que incluye, entre otras cosas, varias leyes en torno al transporte (Sax 1878, páginas 16-86). Estos otros aspectos no se analizan en el presente artículo.

El economista sueco Knut Wicksell (1851-1926), en su trabajo *Finanztheoretische Untersuchungen nebst Darstellung und Kritik des Steuerwesens Schwedens* (1896, páginas 125-138), trata el sistema por etapas de Sax⁴. Wicksell (1896, página 130) defiende que, en principio, a los usuarios de determinada infraestructura les es indiferente⁵ pagar por el beneficio que reciben mediante un impuesto-precio o a través de contribuciones en forma de tasa, tanto en una sola entrega como en forma de mensualidades, pagos trimestrales o anuales a lo largo de un período de tiempo más dilatado. Wicksell señala que en el último caso se permitiría una inmediata reducción del impuesto-precio respecto del verdadero coste por unidad de uso. Además, distingue dos

casos adicionales. En el primero, los costes por unidad de uso son, o bien próximos a cero, o bien superan a los ingresos, mientras que en el segundo de los casos el coste por unidad de uso es significativo.

En el primer caso, la exclusión de precios podría ser eliminada por completo, por lo que cada agente económico sería libre de utilizar la infraestructura correspondiente. Según Wicksell (1896, página 130) tanto el abandono del principio de exclusión vía precios, como la inmediata reducción del impuesto-precio hasta el nivel de los costes reales por unidad de uso conllevaría un incremento en su utilización y sería beneficioso no sólo para la economía en su conjunto, sino también para cada entidad individual. A continuación, Wicksell señala que las empresas privadas normalmente no serán capaces de elegir este procedimiento, a menos que los consumidores hayan formado una asociación o «club» y se doten a sí mismos de la infraestructura relevante. Esto constituye, de acuerdo con Wicksell (1896, página 130), un importante argumento para que la provisión del transporte y otras infraestructuras se realice por el Estado o el gobierno y Wicksell (1896, páginas 130-132) presenta un ejemplo numérico para demostrarlo. Sin embargo, reconoce que sería difícil, cuando no imposible, calcular el impuesto exacto que reflejara, realmente, el grado en el que un individuo ha utilizado efectivamente la infraestructura, o el beneficio subjetivo individual derivado del uso de la misma. A pesar de esto, Wicksell

⁴ WICKSELL (1896, páginas 125-138) no se refiere a SAX (1878), pero sí a SAX (1890, página 571), SAX (1887, página 461) y SAX (1885, página 533). SAX (1890, 1885) representa una contribución al estudio de los transportes y comunicaciones en el *handbook* de Schönberg. Este artículo es una versión abreviada de SAX (1878, 1879) y la nota de SAX (1887, página 461) sobre el valor y aranceles diferenciales está también relacionada con su tratado de economía de los transportes, en particular, con las empresas públicas (etapa 2). Para mayor detalle de las referencias bibliográficas ver PICKHARDT (2005a).

⁵ Wicksell no utiliza el término «infraestructura», sino *undertaking* (*Unternehmung*, en alemán).

(1896, página 132) argumenta que la ganancia resultante en la utilidad individual supondría, en cualquier caso, excedentes (mayores o menores) para todos y cada uno de los individuos.

En el segundo de los casos, donde el coste unitario de utilización es significativo, el principio de exclusión vía precios debería seguir siendo aplicable y tener libre acceso no sería una opción de mejora del bienestar (Wicksell 1896, página 133). En este caso, la reducción del impuesto-precio no debería ser mayor que el coste real unitario de utilización. Este último coste debería disminuir al aumentar la frecuencia de uso. Por este motivo, Wicksell (1896, página 133) formula la regla general de que la reducción del impuesto-precio debería producirse únicamente hasta que el «nuevo precio» cubra los costes de infraestructura adicionales (marginales), provocados por el aumento de la frecuencia de uso que resulta de la disminución de precios. Wicksell (1896, páginas 133-134) reitera esta regla general en términos matemáticos del siguiente modo: se supone que los costes unitarios son constantes e iguales a k para cada actuación. Entonces el impuesto-precio apropiado p vendría dado por:

$$p = k, \quad [1]$$

Alternativamente, si los costes unitarios no fueran constantes, los costes anuales totales de la infraestructura $[C]$ deberían expresarse como función de la frecuencia de uso anual x , esto es:

$$C = f(x) \quad [2]$$

donde la forma funcional f debería determinarse empíricamente. Un reducido aumento en la frecuencia de uso anual, dx , provocará un aumento correspondiente en los costes anuales totales:

$$dC = f'(x) dx \quad [3]$$

y este aumento correspondiente en los costes anuales totales se cubrirá con los ingresos adicionales que au-

mentarán con el incremento en frecuencia de uso anual, dx , porque:

$$f'(x) dx = p dx, \text{ o } [C' = p] \quad [4]$$

Además, debería tenerse en cuenta que, *ceteris paribus*, la frecuencia de uso x también depende del impuesto-precio p , que puede expresarse como:

$$x = \varphi(p) \quad [5]$$

de nuevo la forma funcional real de φ debería determinarse empíricamente. Sustituyendo [5] en [4] entonces:

$$f'(\varphi(p)) = p \quad [6]$$

que permite el cálculo del impuesto-precio óptimo, p^* .

Wicksell (1896, página 134) continúa su análisis destacando dos importantes implicaciones de su regla de fijación de precios. Primero, al cargar p^* significaría que sólo los costes variables están completamente recuperados por el precio cargado y que el déficit emergente es igual a los costes fijos de provisión de infraestructura de transportes⁶. Al mismo tiempo, si se carga el precio p^* se garantiza eficiencia en la asignación porque se tiene en cuenta la frecuencia óptima de uso x^* . Segundo, no es posible ningún ingreso que supere los costes (variables). En caso de que se produzcan tales excesos en los ingresos sólo sería necesario reducir el impuesto-precio p . Como se ha descrito anteriormente, el proceso dinámico induciría a una mayor demanda y, según Wicksell (1896, página 134) «... todos se beneficiarían, nadie perdería, siempre y cuando la disminución en los beneficios se compensara apropiadamente mediante impuestos». Por supuesto, según el

⁶ Wicksell no tiene siempre razón en esto. En lo referente a la provisión de infraestructuras, con la fijación de precios mediante costes marginales, sus resultados dependen de manera crucial de las economías de escala que puedan existir (ver BUTTON, 2004, página 16).

criterio de Wicksell la noción de «apropiadamente» se refiere a un esquema de impuestos que sea (casi) unánimemente adoptado (1896, página 135). También debería enfatizarse que el impuesto no es un impuesto general, sino más bien un impuesto específico exigido a quienes se benefician de la infraestructura de transporte y los ingresos impositivos serían destinados exclusivamente a cubrir los costes fijos de la correspondiente infraestructura de transporte, reflejándose el carácter de «tasa o cuota de club» del impuesto. En este contexto se observa que Wicksell (1896, página 135) destaca que en los casos en que la infraestructura de transporte nacional es frecuentemente utilizada por los extranjeros, que no pagan impuestos, la compensación del coste podría ser alcanzada a través de aranceles específicos o acuerdos internacionales de compensación. De nuevo, este comentario señala el carácter de club del enfoque de Wicksell. Finalmente, en lo referente al análisis de la cuarta etapa de Sax, Wicksell (1896, página 136) lo desestima porque el impuesto-precio p no debería, en general, estar por debajo del coste de una actuación adicional (marginal).

A modo de resumen, Wicksell (1896) se ocupa de la idea básica de provisión de infraestructuras de transporte en un modelo de club a partir de Sax (1878) y desarrolla un concepto de provisión óptima de infraestructura de transporte. Por tanto, ambos autores Sax y Wicksell son partidarios de un sistema en que la infraestructura de transporte es, en general, provista en un modelo de club, que consiste en que sólo los usuarios y beneficiarios pagan por la infraestructura de transporte y los precios dependen negativamente de la frecuencia de uso, dado que los ingresos son utilizados exclusivamente para cubrir los costes. A lo largo de este artículo este enfoque en la provisión y financiación de infraestructura de transporte viene referido como de Sax-Wicksell. Existen, sin embargo, algunas diferencias fundamentales entre Sax y Wicksell, entre ellas: i) Sax no considera la fijación de precios por costes marginales, ii) las dos etapas excepcionales en el sistema de Sax, es decir, las etapas 1 y 4, podrían no representar realmente una pro-

visión tipo club y iii) Wicksell no considera diferentes etapas. A excepción de en las limitaciones mencionadas, la regla de fijación de precios de Wicksell es la que se aplica generalmente. Entonces, los cargos directos a los usuarios en todo el sistema por etapas de Sax podrían diferir de aquellos que se desprenden de la regla de fijación de precios de Wicksell, excepto en casos donde las estructuras de costes específicos prevalecen. Hasta este punto, la frecuencia de uso x podría no ser la óptima en las cuatro etapas del sistema de Sax. Como el esquema de fijación de precios de Wicksell siempre incluye la financiación de impuestos de los costes fijos, Sax y Wicksell efectivamente proponen diferentes escenarios institucionales que podrían tener efectos adversos sobre el bienestar. Por tanto, es difícil decir *a priori* que sistema de fijación de precios es el que mayor bienestar aporta.

Finalmente, los criterios de Sax y Wicksell respecto a provisión y financiación de infraestructura de transporte deben enmarcarse en su contexto histórico. La consideración de los costes marginales en la fijación de precios, en relación con la provisión de infraestructura de transporte, fue introducida por Dupuit (1844, 1849) y Launhardt (1872) y no por Wicksell (1896). Sin embargo, Wicksell parece haber desarrollado su concepto independientemente de estos autores. Esta conjetura se deriva del hecho de que Wicksell (1896, página 136) se asombra de que los resultados más plausibles de su análisis sobre financiación de infraestructuras no habían sido observados en la literatura, a excepción del trabajo de Marshall, *Principles of Economics* (Book V, Ch. VIII, § 8). Además, ni los escritos de Dupuit ni los de Launhardt fueron muy populares en su tiempo. Al igual que Sax y Wicksell, Dupuit y Launhardt rechazaron, en general, la provisión de infraestructuras de transporte por las empresas privadas porque cargarían precios demasiado altos y por tanto no maximizarían el bienestar de la sociedad. Ni Dupuit ni Launhardt tratan la idea de provisión de infraestructuras de transporte en un modelo de club. Finalmente, como Sax (1878) no hace referencia a Dupuit y lo hace sólo una vez a Launhardt con respecto al establecimiento de una red de transporte (Sax

1878, página 148), parece que la idea de provisión de infraestructuras de transporte en un modelo de club proviene de Wicksell (1896) y, hasta cierto punto, de Sax (1878).

Han sido varios los autores que han ofrecido una visión de conjunto de las contribuciones de Dupuit y Launhardt a la economía, entre ellos Ekelund (1987), Niehans (1987), Johansson y Mattsson (1995), y Backhaus (2000).

3. Las propuestas de la Unión Europea sobre la tarificación directa en el uso de infraestructuras de transporte.

En la sección anterior se han revisado varios puntos de vista del siglo XIX en lo que a financiación de infraestructuras de transporte se refiere. Teniendo en cuenta estas consideraciones debería ser evidente que el sistema por etapas de Sax todavía representa una descripción ajustada de casi la totalidad del sistema de transporte de los 25 Estados miembros de la UE. Pero esa vinculación con el sistema por etapas de Sax no se ha hecho evidente hasta la fecha. Sin embargo, las propuestas realizadas por la Comisión en relación con un marco de tarificación para las infraestructuras comunitarias de transporte implican un cambio fundamental y, en esencia, el abandono del sistema de etapas de Sax. Por tanto, esta sección compara y contrasta los modelos de Sax y Wicksell con las propuestas presentadas por la Comisión y, cuando procede, con los esquemas de financiación de las infraestructuras de transporte aplicadas en los países miembros de la UE. El Libro Blanco *Fair Payment for Infrastructure Use* (Comisión Europea, 1998) es la base de todas las Directivas y propuestas de Directivas dictadas recientemente por la UE sobre esta cuestión. Por este motivo, a continuación se esbozan los criterios sostenidos por la Comisión en el Libro Blanco.

Un marco común de tarificación de infraestructuras de transporte en la UE

Según el Libro Blanco (Comisión Europea 1998, página 2), la provisión de infraestructuras de transporte es efi-

ciente si se tienen en cuenta todos los beneficios y costes, tanto privados como públicos. El uso eficiente de la infraestructura de transporte se promueve cuando los costes variables se reflejan en los precios finales que soportan los usuarios. En este contexto, se defiende que los diferentes modelos de tarificación actuales distorsionan la competencia, y por tanto tienen un impacto negativo sobre el comercio y el bienestar, mientras que «un modelo común de tarificación permitiría jugar a todos en condiciones de igualdad y corregiría los desequilibrios intra e intermodales» (Comisión Europea, 1998, página 4). Se estima que los beneficios totales sobre el bienestar se situarían entre 30.000 y 80.000 millones de ecus al año (Comisión Europea, 1998, páginas 12 y 30). Esta conclusión se refuerza con varias observaciones y argumentos:

- i) Los Estados miembros han gravado el transporte según el criterio de aumentar los ingresos gubernamentales, más que el de cubrir los costes variables o totales de transporte (1998, página 3),
- ii) Distorsiones como el desequilibrio modal, la congestión y la contaminación son frecuentemente consideradas como problemas específicos y aislados, más que problemas interrelacionados (1998, página 3).

Por tanto, el nuevo enfoque de la Comisión Europea (1998, páginas 5-12) respecto a la fijación de precios por el uso de la infraestructura de transporte consiste en el desarrollo de un marco basado en principios comunes de tarificación que se propone para los vehículos comerciales en todos los modos de transporte y con la opción de extender el proyecto a los vehículos de pasajeros (ver Parlamento Europeo, 1999, y Comisión Europea, 2003). Estos principios incluyen: tarificación basada en costes sociales marginales, incentivos adecuados, cobertura de costes y subsidiariedad. No hay duda, sin embargo, que la introducción de la fijación basada en costes sociales marginales es la piedra angular de la propuesta de la Comisión⁷. Se espera que la introduc-

⁷ Los costes sociales marginales se definen como aquellos costes variables que reflejan el coste de un vehículo adicional (o unidad de

ción de la fijación de costes marginales sociales incentiva a los agentes económicos, tanto por el lado de la demanda (conductores de vehículos y propietarios) como de la oferta (provisión de infraestructuras), a diseñar sus proyectos individuales de manera más eficiente. Además, la Comisión cuenta con que sea posible la cobertura total del coste para la provisión de infraestructuras de transporte, eliminando, o al menos reduciendo, la necesidad de los subsidios del gobierno o la provisión gubernamental de infraestructura de transporte.

Para valorar el proyecto de la Comisión, la siguiente subsección lo compara con los criterios de Sax y Wicksell.

El criterio de la Comisión: ¿Algo nuevo?

La Comisión estaría en línea con los criterios de Wicksell al proponer la tarificación basada en los costes marginales. Sin embargo, no se menciona que este principio data de autores del Siglo XIX como Dupuit, Launhardt y Wicksell. Esto podría justificarse porque los escritos de Wicksell (y Sax) sólo han sido traducidos recientemente a la lengua inglesa (ver Sandelin, 1997, y Pickhardt, 2005a). Ello explicaría por qué, incluso en contribuciones contemporáneas donde el mérito oportuno se le concede a algunos autores del Siglo XIX, no se menciona ni a Sax ni a Wicksell (por ejemplo, ver Button 2004, páginas 8-9, Johnansson y Mattsson, 1995, páginas 10-13).

Una importante diferencia entre los escritos de Sax y Wicksell, por una parte, y la propuesta de la Comisión, por la otra, está relacionada con el tratamiento de los efectos externos positivos y negativos provocados por los usuarios (por ejemplo, mejora del crecimiento eco-

nómico, costes medioambientales) o a aquellos que utilizan las correspondientes infraestructuras más o menos de forma simultánea (por ejemplo, costes de accidentes y pérdidas de tiempo debido a la congestión del tráfico). Sax y Wicksell consideran y enfatizan únicamente los efectos positivos del transporte y, en particular, la interdependencia del precio unitario con el número de usos y el impacto positivo sobre la diversificación espacial de la competencia que fomentaría, a su vez, el comercio, el crecimiento económico regional y el bienestar. Por contra, la Comisión parece centrarse principalmente en los efectos externos negativos del tráfico. En gran parte, esta diferencia refleja el desarrollo a lo largo del tiempo y, en particular, el intenso aumento de las externalidades medioambientales negativas en relación con el transporte. Según Aschauer (1989) muchos estudios empíricos han identificado el efecto positivo de las inversiones en infraestructura pública sobre el crecimiento económico (por ejemplo, ver Ott, 2001, página 58)⁸. Recientemente, Colombier (2004, página 57) identifica una correlación estable y positiva entre el gasto del gobierno en infraestructuras de transporte y comunicaciones y el crecimiento económico en 21 países de la OCDE. Por tanto, la Comisión debería haber considerado modelos de crecimiento apropiados para calcular el impacto de las infraestructuras de transporte sobre el crecimiento económico y analizar el impacto de usos alternativos sobre los esquemas de financiación o las tasas de crecimiento. La afirmación de la Comisión (1998, páginas 29-32) de que la introducción del marco de tarificación propuesto tendría «un efecto escaso o nulo en el crecimiento del PIB, aunque permitiría obtener un beneficio a través de la posterior utilización de los ingresos» es bastante cuestionable, al menos en lo que hace referencia a su primera parte. Este cuestionamiento se refuerza con el hecho de que la Comisión (1998,

transporte) por utilizar las redes de infraestructura. Podrían incluir los gastos operacionales (por ejemplo, energía y mano de obra), costes de daños de infraestructura (por ejemplo, repavimentación), costes de congestión (por ejemplo, costes asociados a retrasos para otros usuarios, o de exclusión), costes medioambientales (por contaminación del aire, del agua o de tipo acústico), y costes de accidentes.

⁸ Según OTT (2001, página 58), de un conjunto de 39 estudios, el 72 por 100 encuentran una relación positiva entre las inversiones en infraestructuras públicas y el crecimiento económico, el 20 por 100 una relación negativa y en el 8 por 100 de los casos la relación es ambigua.

página 7), por el contrario, pretende que cada Estado miembro pague subsidios a los gestores de infraestructuras, «en compensación por los beneficios sociales secundarios que se deriven para los demás ciudadanos no usuarios del transporte».

Otra diferencia importante está relacionada con la cobertura de los costes de capital o costes fijos de las infraestructuras de transporte. La Comisión (1998, páginas 7, 9 y 45-46) propone cubrir estos costes a través de los «cargos por congestión» y, donde sea necesario, a través de tarifas adicionales de carácter fijo. Por contra, Wicksell busca cubrir estos costes mediante una tasa específica y Sax considera cubrirlos mediante un impuesto (etapa 4) o mediante otro tipo de cobro al usuario (etapas 1 a 3). Pero con la tarificación por costes marginales cabría la posibilidad de financiar los costes fijos a través de tasas de congestión, sólo si la provisión de la correspondiente infraestructura estuviera asociada con economías de escala (crecientes). En este caso los costes unitarios de la provisión disminuirían al aumentar la capacidad de dicha provisión, por lo que los costes medios superarían los costes marginales, y la tarificación por costes marginales podría no compensar los costes fijos de la infraestructura⁹. Sin embargo, parece haber al menos un motivo por el que los cargos por congestión no deberían emplearse nunca para cubrir los costes fijos. En este sentido, nótese que la congestión es normalmente un fenómeno temporal que puede suceder debido a un accidente, escasas capacidades de coordinación de los conductores de vehículos individuales o porque demandas máximas puntuales no pueden ser cubiertas con la red de transporte o ciertas partes

de ella. En este último caso, la congestión indica algún tipo de «escasez de capacidad»¹⁰. Según la Comisión (1998, página 45), «rara vez se justifica construir una infraestructura que reúna condiciones de fluidez de la circulación también en horas punta. Se trataría más bien de «adecuar la infraestructura en cuestión a los niveles medios de demanda». Para mayor seguridad, dado que la tasa de congestión se fija óptimamente, ésta inducirá a un número suficiente de usuarios a que cambien sus patrones de demanda y, por tanto, se resuelva el problema de la congestión¹¹. Además, por lo que respecta a la internalización de la congestión, cabe destacar que no importa, en principio, cómo se gasten los ingresos recaudados por las tasas¹².

Si los ingresos de las tasas de congestión no se emplean en reducir el problema de escasez señalado y si defendemos la transitoriedad de la tasa de congestión, los agentes interesados (públicos y privados) tendrán el incentivo de fijar las tasas por congestión con un criterio de maximización de sus ingresos más que de internalizar óptimamente los efectos de la congestión. Como consecuencia, las tasas por congestión se fijarían de manera no óptima, monopolísticamente, y tenderían a ser demasiado elevadas y a prevalecer demasiado tiempo. En la práctica, este incentivo a la obtención de rentas podría ser incluso más fuerte si las empresas privadas estuvieran implicadas porque los agentes privados pueden beneficiarse directamente de las rentas obtenidas, mientras que los agentes públicos pueden beneficiarse sólo de manera indirecta, por

⁹ En todos los otros casos, es decir, con rendimientos constantes a escala o rendimientos decrecientes a escala, la fijación de los costes marginales cubriría o excedería los costes totales por lo que no habría necesidad de usar las tasas por congestión para cubrir los costes fijos. Para mayor detalle ver, por ejemplo, BUTTON (2004, página 16). Sin embargo, hay que señalar, que el concepto de efectos a escala es esencialmente un concepto cuantitativo que relaciona los cambios en el *input* con los cambios en el *output*. Aun así, los costes podrían también depender de las condiciones fundamentales de mercado.

¹⁰ De hecho, la escasez de capacidad es claramente reconocida por la COMISIÓN (1998, página 9).

¹¹ Una tasa de congestión óptima estaría en el punto donde la curva de los costes sociales marginales se cruzara con la curva de demanda, con la tasa de congestión óptima medida como la distancia entre la curva de costes privados marginales y la de los costes sociales marginales en este punto concreto. Para una ilustración gráfica ver BUTTON (2004, página 7, Fig. 3).

¹² Hay que observar, sin embargo, que si el gobierno decide emplear las ganancias de manera que se mejore el bienestar, resultaría un dividendo doble. Este tema es tratado por la Comisión al mencionar los «beneficios secundarios a través del reciclado de ingresos».

ejemplo, a través de mayores presupuestos o de un mayor número de empleados. En cualquier caso, serían demasiados los usuarios que podrían, bien quedar exentos, o bien pagar un precio excesivo, lo que provocaría efectos negativos sobre la competencia, el comercio y el crecimiento. Por ejemplo, las industrias que comercian bienes de bajo valor añadido serían especialmente sensibles a pequeños cambios en los precios afectándoles de manera desproporcionada (véase, por ejemplo, Martínez-Zarzoso *et al.*, 2005). Además, la ampliación de las infraestructuras de transporte es sólo una opción para resolver el problema de escasez. Button (1998), por ejemplo, apunta un conjunto de alternativas a las de tasas de congestión que representan, a su vez, una opción de gasto de la recaudación de dichas tasas con el criterio de resolver el problema fundamental de escasez. Por tanto, para evitar el problema de los incentivos a la obtención de rentas, las ganancias de la recaudación de tasas que se suponen internalizan los efectos externos negativos deberían emplearse siempre con el objetivo de evitar dichos efectos externos. Bajo tales circunstancias, las tasas por congestión representarían un instrumento a corto o medio plazo para resolver los problemas de escasez de capacidad. Entonces, el proyecto de la Comisión para financiar la provisión de infraestructuras de transporte, por medio del factor escasez en la tarificación por costes sociales marginales, parece ignorar los incentivos a la obtención de rentas que podría generar, o implícitamente asume que un altruista ajeno a cualquier forma de comportamiento egoísta es quien fija la tasa de congestión al nivel verdaderamente óptimo.

Finalmente, parece haber un importante elemento común en la propuesta de la Comisión y en los trabajos de Sax y Wicksell. De hecho, hasta cierto punto, la Comisión parece ser partidaria de la provisión de infraestructuras de transporte en un modelo de club y, por tanto, implícitamente adopta el concepto de Sax-Wicksell de provisión y financiación de infraestructuras de transporte. Principalmente, esto es porque la Comisión recomienda que los gestores de las infraestructuras públicas

o privadas mantengan aquella parte de las tasas relacionadas con los costes de provisión de infraestructura, y que aquellas otras partes relacionadas con los costes externos deberían cederse al gobierno para emplearse en la reducción de los daños externos causados o para compensar a los afectados (Comisión 1998, páginas 9-10). Hay que observar, sin embargo, que la Comisión recomienda gastar la recaudación de las tasas procedente de los cargos sobre costes sociales (daños medioambientales y costes de accidentes) en reducir el peligro o compensar a los afectados, pero no recomienda este mismo procedimiento, es decir, disminuir la escasez, en relación con las tasas de congestión. Esta discrepancia refuerza el argumento planteado anteriormente a favor de la utilización de los ingresos de las tasas de congestión exclusivamente en resolver el problema fundamental de capacidad. Además, la Comisión señala que, en el pasado, los Estados miembros cobraban o gravaban el transporte con el objetivo de aumentar los ingresos del gobierno más que para cubrir los costes variables o totales del transporte. En otras palabras, los Estados miembros han conseguido un excedente a partir de la política de provisión de infraestructuras de transporte. El caso de Alemania puede tomarse como ejemplo que ejemplifica dicha posición.

El Cuadro 2 muestra datos sobre gastos e ingresos relacionados con el transporte en Alemania para el año 2003 (el último año para el que tales datos están actualmente disponibles). En Alemania, el gobierno federal es responsable de las autopistas y carreteras federales, mientras que los Estados federados (*Länder*) y los municipios se encargan del resto de carreteras. A finales de 2003, la red de carreteras federal constaba de 12.044 km. de autopistas y 41.139 km. de carreteras federales. Como puede verse en el Cuadro 2, en 2003 los ingresos del gobierno federal en concepto de tasas relacionadas con el tráfico multiplicaban por siete el gasto en infraestructuras viarias federales. Es más, sólo la parte reservada para infraestructuras del impuesto sobre carburantes, unida a la parte de los ingresos por el IVA aplicado en dicho impuesto, cubriría con creces el

CUADRO 2
SISTEMA FEDERAL DE CARRETERAS ALEMÁN. GASTOS E INGRESOS EN 2003
 (En millones de euros)

	Gastos		Ingresos		
	Autopistas federales	Carreteras federales	Total	Gobierno federal	
Operacionales	420,0	405,4	Impuesto sobre el carburante	38.148,8	38.148,8
Mantenimiento	754,9	657,8	Impuesto sobre vehículos	7.335,6	—
Ampliación.	561,2	—	IVA	>6.103,8	>3.137,96
Nueva construcción	1.057,6	791,3			
Intereses y adquisición de terrenos	128,8	106,3			
Carreteras construidas con capital privado	166,0	55,5			
<i>Subtotal</i>	<i>3.088,5</i>	<i>2.016,3</i>			
Gastos diversos y asuntos comunes		476,1			
Total		5.580,9	Total	>51.588,2	>41.286,76

NOTA: El mantenimiento se refiere al proceso de conservación de las carreteras y a parte de su reconstrucción y ampliación, entendida esta como la creación de nuevos carriles; Nueva construcción se refiere a la construcción de nuevas autopistas y mejora de las carreteras existentes; los apartados de Mantenimiento, Ampliación y Nueva construcción incluyen el gasto en la reducción de la contaminación acústica; Gastos diversos y asuntos comunes incluye investigación, publicaciones, planificación, carriles-bici, etcétera.; El apartado de Impuesto sobre el carburante excluye los impuestos en combustibles empleados para calefacción (petróleo y gas natural); el Impuesto sobre vehículos corresponde sólo a los Estados federales; el IVA se refiere exclusivamente al 16 por 100 cargado en el apartado de Impuesto sobre el carburante, y la cuota de IVA del gobierno federal, en 2003, fue del 51,41 por 100. El precio de mercado del carburante se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación:

$[(\text{valor de mercado neto de un litro de carburante} + \text{impuesto sobre el carburante por litro}) * 1,16(\text{IVA}) = \text{precio de mercado por litro de carburante}]$.

FUENTES: Bundesverkehrsministerium (2004, página 31); Statistisches BUNDESAMT (2004).

gasto del gobierno federal en carreteras. Esto ilustra el volumen de las rentas que el gobierno federal extrae de la provisión de infraestructuras de transporte. Además, ésta supone únicamente una pequeña parte porque no se incluye el IVA ni sobre los valores netos de los carburantes ni sobre otros bienes y servicios relacionados con el transporte.

Además, no se incluye el ingreso adicional de otros impuestos directos e indirectos debido a mejoras de la actividad económica, inducidas por la provisión de infraestructuras de transporte¹³. Sería interesante ver cuánto dinero gastó el gobierno federal en 2003 en la re-

ducción de los daños externos provocados o en compensar a los afectados, esto es, por ejemplo, en la reducción de las emisiones de dióxido de carbono y agentes contaminantes relacionadas con el transporte. Aunque no se tenía disponibilidad de datos exactos parece muy dudoso que este gasto ni siquiera se aproximara a los 30 ó 35.000 millones de euros.

Para asegurarnos, en un modelo de club se asumiría que todos los usuarios de carreteras forman un club virtual y comparten los costes de la provisión del bien accesible en su condición de miembros, es decir, las infraestructuras terrestres. La tasa o cuota de pertenencia al club se calcularía dividiendo los costes totales de la provisión de la infraestructura entre el número que refleje la cantidad de miembros del club. Por ejemplo, el número de miembros del club, en 2003, podría haber sido el número de vehículos registrados (54.082.200), el nú-

¹³ Hay que destacar, sin embargo, que los datos del Cuadro 2 pueden incluir impuestos en carburantes empleados en ferrocarril (excluyendo electricidad) y transporte de vías navegables interiores.

mero medio anual de vehículos en las carreteras (21.159.050), el número anual de vehículos-kilómetros (322.500.000.000) o una combinación de estas u otras medidas. En el caso de la red federal de carreteras en Alemania, las cuotas del club, en 2003, habrían sido: 103,19 euros por vehículo registrado, o 263,76 euros por vehículo en las carreteras, o 0,0173 euros por kilómetro recorrido. Cada una de estas medidas tiene sus ventajas e inconvenientes, aunque ello no se aborda en este artículo. Es importante enfatizar que el «club de infraestructuras terrestres» debería ser compensado por los efectos externos positivos que genera a los no-usuarios y a la economía en su conjunto en términos de mejora de la competencia, del comercio y del crecimiento económico. Por las razones explicadas anteriormente, esta compensación debería emplearse exclusivamente en infraestructuras terrestres para disminuir la tasa del club. Igualmente, los usuarios de vehículos deberían compensar a terceros por el daño medioambiental que puedan provocar. De nuevo, es importante emplear estas ganancias exclusivamente en la reducción del daño medioambiental causado, por ejemplo, en investigación y desarrollo de carburantes menos contaminantes, como el biodiésel o el hidrógeno, motores que ahorren combustible, etcétera. Sin embargo, tal discriminación en cuotas y cobros requiere una modelización formal para tener una percepción ajustada de las interdependencias y de las condiciones de optimización. Buchanan (1965) propone el primer modelo formal de un club económico y Cornes y Sandler (1996, páginas 347-480) y Galzer *et al.* (1997) ofrecen una visión general de la teoría de club¹⁴. En Picar (2003, páginas 146-171; 2005b) podemos encontrar un ejemplo de club que modeliza de forma explícita el consumo tanto en ámbitos de rivalidad, como de no-rivalidad. Se aborda el análisis de una utilización bajo rivalidad de la infraestructura viaria, con

efectos negativos (daños medioambientales y de congestión) y positivos (para no usuarios y la economía en su conjunto) de carácter no-rival.

Para resumir, los aspectos centrales del Libro Blanco de la Comisión son convincentes pero no tan novedosos, ya que fueron propuestos en el siglo XIX por autores como Sax y Wicksell. En concreto, la tarificación por costes marginales y la provisión de infraestructuras de transporte utilizando un modelo de club. Además, otros aspectos nuevos como la consideración de los costes sociales marginales en lo referente a la contaminación y congestión relacionada con el transporte representan una extensión del principio de costes marginales o no son completamente convincentes, por ejemplo, la inversión de los ingresos por tasas de congestión en cubrir costes más que en resolver el problema subyacente de la escasez.

4. Otras cuestiones relacionadas con la tarificación por el uso de carreteras

En las secciones anteriores se han tratado diversos conceptos teóricos para el cálculo de la provisión óptima de infraestructuras de transporte. En la práctica, sin embargo, hay múltiples obstáculos que pueden complicar este proceso. Esta sección ilustra algunos de ellos mediante la experiencia obtenida a partir de la introducción de un sistema de tarificación directa en Alemania.

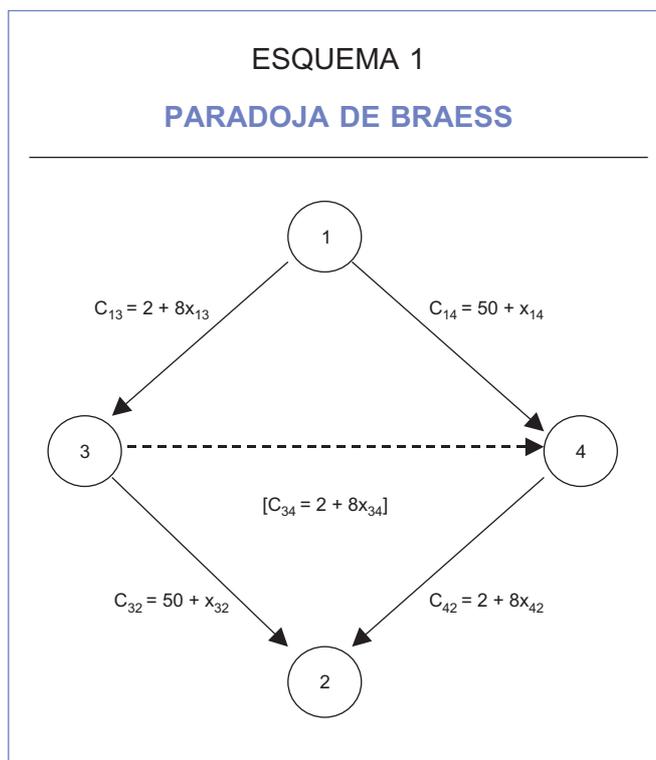
En base a la Directiva Europea 1999/62/EC, Alemania introdujo, recientemente, un cambio fundamental en el uso de sus infraestructuras terrestres. Hasta finales de 2004 todas las carreteras eran gratuitas, pero desde el 1 de enero de 2005 para poder utilizar la red alemana de autopistas los vehículos comerciales pesados están sujetos a cargos directos. Estos cargos incluyen tres elementos: i) distancia recorrida en kilómetros, ii) número de ejes del vehículo, iii) categoría del vehículo en función de sus niveles de emisión. No se tiene en cuenta el componente de congestión. Actualmente los cargos varían entre 0,09 y 0,14 euros por kilómetro (MautHV, 2003). El ingreso acumulado en la primera mitad de 2005 es de 1.400 millones de euros (Bundesverkehr-

¹⁴ Hay que destacar que Buchanan tradujo partes de WICKSELL (1896) en 1958, pero no el capítulo V, donde Wicksell aboga por la provisión y financiación de las infraestructuras de transporte en un modelo de club.

sministerium, 2005) y en términos anuales se espera un ingreso total de entre 3.000 y 3.400 millones de euros. Estas recaudaciones engrosan el presupuesto federal, pero se reservan para los gastos de gestión del sistema de tarificación y para cubrir los costes de funcionamiento, mantenimiento y mejora de la infraestructura federal de transporte, en su mayoría autopistas y carreteras, pero también la red ferroviaria y las vías navegables interiores (ABMG, 2004).

Una comparación con los datos del Cuadro 2 muestra que el ingreso anual esperado para el año 2005 compensaría los costes totales del sistema federal de autopistas en 2003. A pesar de los costes medioambientales y del hecho de que los camiones pesados causan un daño a las carreteras mil veces mayor que los coches de pasajeros, estas cifras indican claramente que los vehículos comerciales pesados están soportando unos cobros excesivos. O, en otras palabras, que el cobro no se ha calculado de manera óptima. Además, si se asume que los patrones de gastos e ingresos en 2005 son aproximadamente similares a los de 2003, los ingresos procedentes de los cargos simplemente incrementan la renta del gobierno federal. Por tanto, a pesar de las ganancias asociadas en eficiencia, las intenciones de búsqueda de rentas podrían también haber entrado en juego. Por ejemplo, el sistema permite al gobierno gravar los vehículos extranjeros en tránsito que, de otro modo, solo contribuirían a través de impuestos sobre el carburante e IVA. Además, la empresa privada que inventó, desarrolló y ahora opera de forma monopolística el sistema de cobro no sólo recibe unos beneficios prácticamente libres de riesgo, sino que se beneficia igualmente de un mecanismo de promoción que le permitirá vender

¹⁵ Según las cifras de KRAFTFAHRTBUNDESAMT (2005), el número de camiones recién registrados con un peso máximo total de 7,5 a 12 toneladas, es decir, los camiones que no están sujetos al cargo, ha aumentado en la primera mitad de 2005, el 36,9 por 100 comparado con el mismo período de 2004. Sin embargo, el número total de camiones recién registrados aumentó solo el 4,7 por 100 e incluso los camiones con un peso de entre 12 y 18 toneladas disminuyeron un 5,2 por 100 durante el mismo período.



su tecnología a otros usuarios (gobiernos) potenciales. De nuevo, este caso constata la relevancia de los incentivos de obtención de rentas que conducen al cobro de tasas no óptimas, como ya se mencionó en la sección anterior.

Otro problema que ha surgido tras la puesta en marcha del sistema está relacionado con el comportamiento de los conductores de vehículos. Resulta que cada vez ha habido más conductores de los esperados que no pagan el precio estipulado y un número inesperadamente alto se libra legalmente de hacerlo, bien pasando a utilizar camiones de peso inferior, bien utilizando la red de carreteras federales en lugar de la de autopistas¹⁵. En determinadas áreas este tipo de comportamiento es una causa importante del aumento del ruido y otros tipos de contaminación, además de mayores grados de congestión. En la economía del transporte tales problemas se pueden analizar mediante la paradoja de Braess (por ejemplo, ver Johansson y Mattson, 1995, página 24). El Esquema 1 muestra una versión ligeramente

modificada del ejemplo original de Braess (1968, página 263). Hagstrom y Abrams (2001) desarrollan una paradoja de Braess generalizada.

El Esquema 1 representa una red de transporte con cuatro nodos numerados del 1 al 4, donde C_{ij} representa el coste de viajar desde el nodo i al j en términos de unidades de tiempo, x_{ij} es la frecuencia de uso en términos de unidades homogéneas de conductores de vehículos que viajan desde el nodo i hasta el j , y las flechas indican la dirección permitida para viajar. Supongamos que el tráfico va desde el nodo de oferta 1 al nodo de demanda 2, que la demanda en el nodo 2 es constante e igual a $x = 6$, y que la conexión entre los nodos 3 y 4 no existe. En este caso la distribución del flujo de equilibrio en las dos rutas posibles [1-3-2] y [1-4-2], es:

$$x_{13} = x_{32} = x_{14} = x_{42} = 3$$

que produce unos costes de:

$$[(C_{13}=)26 + (C_{32}=)53] = [(C_{14}=)53 + (C_{42}=)26] = 79$$

por unidad de conductor de vehículo, y unos costes totales de $(79*6) = 474$. Ahora supongamos que la conexión entre los nodos 3 y 4 se añade a la red. La primera unidad de conducción de vehículo que cambia, *ceteris paribus*, a la nueva ruta [1-3-4-2] incurre en un coste de:

$$[(C_{13}=)26 + (C_{34}=)10 + (C_{42}=)34] = 70$$

y, por tanto, tiene un beneficio de 9 unidades. Pero el coste total ha aumentado en:

$$(78*2+70*1+87*3) = 487$$

Además, a causa de que $79 < 87$, las otras tres unidades de conducción de vehículos en la ruta [1-4-2] tienen un incentivo a buscar una ruta alternativa. La búsqueda continúa hasta que el nuevo flujo de equilibrio entre las tres rutas posibles es alcanzado en:

$$[1-3-2] = [1-3-4-2] = [1-4-2] = 2,$$

que produce unos costes de 86 para cada unidad de conducción de vehículo y unos costes totales de $(86*6) = 516$. Por tanto, a causa de que $79 < 86$ y $474 < 516$, la paradoja surge en el sentido de que añadir nueva infraestructura a una red de transporte ya existente puede aumentar tanto los costes individuales, como los totales del viaje. Si consideramos la paradoja en sentido inverso, el bloqueo de algunas partes de un sistema viario puede disminuir los costes de viaje. De hecho, la prohibición de circular en determinadas partes de la red federal de carreteras para vehículos comerciales pesados es una opción que actualmente se debate en Alemania y que intenta superar el problema ya citado de la evitación de paro por un número creciente de usuarios.

Además, el Esquema 1 puede utilizarse para ilustrar la provisión de infraestructuras de transporte en un modelo de club. Se asume que sólo existe una ruta [1-3-2] y que los costes fijos totales, T , operacionales y de mantenimiento, incluyendo los pagos por intereses, ascienden a $T = 156$ unidades monetarias al año. Además, la demanda depende negativamente de la tasa individual del club,

$$c_i, \text{ con, } x = \varphi(c_i), (5), \text{ p.e...., } \varphi(80) = 6, \varphi(75) = 8, \\ \varphi(70) = 11, \dots,$$

donde el ejemplo numérico mimetiza el utilizado por Wicksell (1896, página 131).

Caso A (no existen costes de congestión): la tasa individual del club, c_i , se calcula:

$$c_i = T/x, \quad [7]$$

donde x es, de nuevo, la frecuencia de uso. En este caso, el tamaño óptimo del club en términos de x se aproximaría a infinito, $x \rightarrow \infty$, lo que, en principio, permitiría satisfacer toda la demanda.

Caso B (existen costes de congestión): en este caso se supone que también existen costes variables (9 unidades monetarias por unidad de uso, x , que representarían los costes de congestión). Entonces, si $x = 6$ como

en el caso de la paradoja de Braess, las tasas del club equivalen a $c_i = 80$, dado que:

$$c_i = T/x + 9x. \quad [8]$$

Con la estructura de costes dada, sin embargo, el tamaño óptimo del club sería $x^* = 4$, que hace que $c_i^* = 75$ ¹⁶. Por tanto, un miembro representativo del club no admitiría un quinto o sexto miembro. Aunque, si predominan los rendimientos constantes a escala en la producción de infraestructura, el club podría ser replicado con los mismos costes (es decir, ruta [1-3-2] más ruta [1-4-2], como en el Esquema 1), y la demanda total podría satisfacerse con dos clubes separados. Este reparto representaría un equilibrio óptimo de Pareto, con tarificación por costes sociales marginales y una provisión óptima de infraestructuras de transporte. Asumamos ahora que los ingresos del componente de costes por congestión, es decir $((9^* 4)^* 4 =) 144$, se emplean en la reducción de los costes fijos totales T ($156 - 144 = 12$), como ha propuesto la Comisión. Dentro del club, la tasa debería reducirse a:

$$c_i = [(12/4) + (9^* 4)] = 39.$$

Aunque, como $c_i = [T - (9x) x] / x + 9x$, la ecuación [8] se reduce a [7] dentro del club, y únicamente los miembros del club se beneficiarían. Por contra, si los ingresos se emplearan en la reducción o eliminación de la congestión a largo plazo, y la función de congestión pasara de ser $9x$ a, por ejemplo, $3x$, el tamaño óptimo del club aumentaría, *ceteris paribus*, hasta $x^* = 7$, con rendimientos de $c_i^* = 43$. En este caso, los miembros iniciales del club y algunos de los nuevos en el club original o en los que se han creado posteriormente se beneficiarían

directamente a través de la disminución en la tasa del club, y la economía en su conjunto se beneficiaría de manera indirecta a través de la mejora de la actividad del transporte. De hecho, esto constituye otra razón por la que sería mejor emplear los ingresos de los cargos por congestión en la reducción del problema de escasez en lugar de cubrir los costes fijos.

Finalmente, la paradoja de Braess podría tener varias implicaciones para la modelización de la infraestructura de transporte. La dotación de infraestructuras se modeliza normalmente como un *input* público y, dependiendo de si el consumo se produce bajo revalidad o no, se pueden distinguir varias especificaciones de *inputs* públicos (Colombier y Pickhardt, 2002, 2005). Ott (2001) y Ott y Turnovsky (2005), recientemente, han demostrado que tales propiedades en el consumo —rivalidad o no rivalidad— determinan la elección del instrumento óptimo de financiación para la provisión de infraestructuras en un modelo de crecimiento endógeno. Por ejemplo, si ambos tipos de consumo prevalecen y la exclusión de precios es posible, los instrumentos óptimos de financiación incluyen una tasa de usuario, un impuesto sobre la renta y un impuesto al consumo (Ott 2001, páginas 119-137). Sin embargo, tal y como destaca Ott (2001, página 173), la infraestructura se especifica en su modelo como una variable flujo pura, especificación que no resultaría adecuada para el caso de una red de infraestructuras de transporte. La paradoja de Braess también exigiría la incorporación de variables estocásticas que captaran el comportamiento en la elección de ruta por los conductores. En esta línea, Smith *et al.* (1995), por ejemplo, desarrollan un modelo estocástico de equilibrio del usuario.

5. Conclusiones

Los textos de Sax y Wicksell referentes a temas de transporte no han sido tenidos en cuenta en la economía de transporte moderna. Sin embargo, el análisis realizado en este artículo indica que el concepto Sax-Wicksell de provisión y financiación de infraestructuras de transporte en un modelo de club tendría múlti-

¹⁶ Como $dc_i/dx = -(T/x^2) + 9$, (9), la condición del tamaño óptimo del club es: $9 = T/x^2$, (10), a partir de la cual se obtiene que $x^* = 4,163...$ y $c_i^* = 74,939...$. A causa de la naturaleza discreta de x , se prefiere la aproximación $x^* = 4$ y $c_i^* = 75$. Un razonamiento análogo se utiliza posteriormente, cuando $x^* = 7$ y $c_i^* = 43$.

ples ventajas en marcos institucionales alternativos y podría ser, por tanto, conveniente para una provisión óptima. En este contexto, se ha argumentado que los ingresos recaudados por los cobros instaurados para incorporar los efectos negativos externos del tráfico, tales como la congestión y el daño medioambiental, deberían emplearse en la reducción de las causas fundamentales de estos efectos para evitar la existencia de incentivos a la obtención de rentas, así como para estimular el comercio y el crecimiento económico. Por supuesto, tal conjetura exige una modelización apropiada, acorde con lo señalado más arriba. Sin embargo dicha modelización va más allá del alcance del presente artículo, constituyen el objeto de futuras líneas de investigación.

Referencias bibliográficas

- [1] ABMG (2004): «Gesetz Über die Erhebung von Streckenbezogenen Gebühren für die Benutzung von Bundesautobahnen mit Schweren Nutzfahrzeugen», *Bundesgesetzblatt*, I, 2004, 3122. <http://www.juris.de>
- [2] ASCHAUER, D. A. (1989): «Is Public Expenditure Productive?», *Journal of Monetary Economics*, 23, páginas 177-200.
- [3] BACKHAUS, U. (2000): «An Engineer's View of Economics: Wilhelm Launhardt's Contributions», *Journal of Economic Studies*, 27(4), páginas 424-476.
- [4] BRAESS, D. (1968): «Über ein Paradoxon aus der Verkehrsplanung», *Unternehmensforschung*, 12, páginas 258-268.
- [5] BUCHANAN, J. M. (1965): «An Economic Theory of Clubs», *Economica*, 32, páginas 1-14.
- [6] BUNDESVERKEHRSMINISTERIUM (2004): *Strassenbaubericht 2004*, Bonn. <http://www.bmvbw.de>.
- [7] BUNDESVERKEHRSMINISTERIUM (2005): *Stolpe: Bislang höchste Mauteinnahmen im Juni*, junio, No. 226/2005, Berlín. <http://www.bmvbw.de>.
- [8] BUTTON, K. (1998): «Road Pricing and the alternatives for controlling road traffic congestion», en K. BUTTON y E. VERHOEF (eds.), *Road Pricing, Traffic Congestion, and the Environment*, Cheltenham: Edward Elgar, páginas 113-135.
- [9] BUTTON, K. (2004): «The Rationale for Road Pricing: Standard Theory and Latest Advances», en G. SANTOS (ed.), *Road Pricing: Theory and Evidence*, Oxford: Elsevier, páginas 3-25.
- [10] BUTTON, K. (2005): «Transport Policy», en M. PETER VAN DER HOEK (ed.), *Handbook of Public Administration and Policy in the European Union*, New York: CRC Press (Taylor&Francis), páginas 515-529.
- [11] COLOMBIER, C. (2004): *Government and Growth*, Working Paper No. 4, Bern: Swiss Federal Finance Administration <http://www.efv.admin.ch/d/wirtschaft/studien/berichte/htm>
- [12] COLOMBIER, C. y PICKHARDT, M. (2002): «Public Inputs - Some Clarifications and a Taxonomy», en I. BARENS y M. PICKHARDT, *Die Rolle des Staates in der Oekonomie - Finanzwissenschaftliche Perspektiven*, Marburg: Metropolis, páginas 253-286.
- [13] COLOMBIER, C. y PICKHARDT, M. (2005): «A Note on Public Input Specifications», *International Advances in Economic Research*, 11(1), páginas 13-18.
- [14] COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (1998): *White Paper: Fair Payment for Infrastructure Use*, Bruselas.
- [15] COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (2003): *Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se modifica la Directiva 1999/62/CE relativa a la aplicación de gravámenes a los vehículos pesados de transporte de mercancías por la utilización de determinadas infraestructuras*, Bruselas.
- [16] CORNES, R. y SANDLER, T. (1996): *The Theory of Externalities, Public Goods and Club Goods*, Cambridge (MA): Cambridge University Press.
- [17] EKELUND (1987): «Dupuit, A-J-E. J.», en J. EATWELL, M. MILGATE y P. NEWMAN (eds.), *The New Plagiarist: A Dictionary of Economics*, Volumen 1, páginas 943-944.
- [18] GALZER, A.; NISKANNEN, E. y SCOTCHMER, S. (1997): «On the Uses of Club Theory: Preface to the Club Theory Symposium», *Journal of Public Economics*, 65, páginas 3-7.
- [19] HAGSTROM, J. N. y ABRAMS, R. (2001): «Characterizing Braess's Paradox for Traffic Networks», *Proceedings of the IEEE 2001 Conference on Intelligent Transport Systems*, páginas 837-842.
- [20] JOHANSSON, B. y MATTSSON, L-G. (1995): «Principles of Road Pricing», en B. JOHANSSON y L. G. MATTSSON (eds.), *Road Pricing: Theory, Empirical Assessment and Policy*, 1996, Dordrecht: Kluwer, páginas 7-33.
- [21] KRAFTFAHRTBUNDESAMT (2005): *Zulassungsstatistik 2005*, Flensburg. <http://www.kba.de>
- [22] MARTÍNEZ-ZARZOSO, I.; SUÁREZ-BURGUET, C. y PÉREZ-GARCÍA, E. M. (2005): «Determinants of Transport Costs and Trade - Sectoral Evidence for Spanish Exports», en M. PICKHARDT y J. SARDÀ (eds.), *Perspectives on Competition in Transportation*, Berlín: VWF.
- [23] MAUTHV (2003): «Verordnung zur Festsetzung der Höhe der Autobahnmaut für schwere Nutzfahrzeuge», *Bundesgesetzblatt*, I, 2003, 1001. <http://www.juris.de>
- [24] NECK, R. (1989): «Emil Sax's Contribution to Public Economics», en *Journal of Economic Studies*, 16(2), páginas 23-46.

- [25] NIEHANS, J. (1987): «Launhardt, C. F. W.», en J. EATWELL, M. MILGATE y P. NEWMAN (eds.), *The New Plagra-ve: A dictionary of Economics*, volumen 3, páginas 140-142.
- [26] OTT, I. (2001): *Produktive Staatsausgaben und endo-gens Wachstum*, Marburg: Metropolis.
- [27] OTT, I. y TURNOVSKY, St. J. (2005): *Excludable and Non-Excludable Public Inputs: Consequences for Economic Growth*, CESifo Working Paper No. 1423. <http://www.CESifo.de>
- [28] PARLAMENTO EUROPEO (1999): *Directive 1999/62/EC of the European Parliament and of the Council on the charging of heavy goods vehicles for the use of certain infras-tructures*, Bruselas.
- [29] PICKHARDT, M. (2003): *Studien zur Theorie öffentli-cher Güter*, Marburg: Metropolis.
- [30] PICKHARDT, M. (2005a): «Emil Sax on Competition and the Role of the State in Transportation», en M. PICKHARDT y J. SARDÀ (eds.), *Perspectives on Competition in Transportation*, Berlín: VWF (forthcoming).
- [31] PICKHARDT, M. (2005b): *Club Goods and the Dichotomy of Public vs. Private Goods*. Presentado en la 7.ª Confe-rencia Anual *INFER*, Londres, 7-9 octubre.
- [32] SANDELIN, B. (ed.) (1997): *Knut Wicksell: Selected Eassays in Economics*, volumen 1, Londres: Routledge.
- [33] SAX, E. (1878): *Die Verkehrsmittel in Volks- und Staatswirtschaft*, Band I, Wien: Alfred Hölder.
- [34] SCHMIDT, K. (1987): «Sax, Emil», en J. EATWELL, M. MILGATE y P. NEWMAN (eds.), *The New Plagra-ve: A dictio-nary of Economics*, volumen 4, página 248.
- [35] SMITH, T. E.; ERIKSON, E. A. y LINDBERG, P. O. (1995): «Existence of Optimal Tolls under Conditions of Sto-chastic User-Equilibria», en B. JOHANSSON y L. G. MATTSSON (eds.), *Road Pricing: Theory, Empirical Assess-ment and Policy*, Dordrecht: Kluwer, páginas 7-33.
- [36] STATISTISCHES BUNDESAMT (2004): «Steuerhaus-halt 2003», *Finanzen und Steuern, Fachserie 14, Reihe 4*. Wiesbaden. <http://www.destatis.de>
- [37] WICKSELL, K. (1896): *Finanztheoretische Untersu-chungen nebst Darstellung und Kritik des Steuerwesens Schwedens*, Jena: Gustav Fischer. Existe traducción al inglés de algunas partes en: J. M. BUCHANAN en R. A. MUSGRAVE y A. PEACOCK (eds.) (1958), *Classics in the Theory of Public Finance*, Londres: MacMillan, páginas 72-118.