
EL TRANSPORTE Y LOS USOS DEL SUELO: UNA SINTESIS DE LA EXPERIENCIA ANGLOSAJONA

D. Jaime Aldama Caso,

INTRODUCCION

Es objeto de este artículo pasar una revista crítica a las teorías y experiencias aplicadas que tanto en EE.UU. como en Gran Bretaña han incidido sobre el análisis del binomio transporte-usos del suelo con caracter biunívoco. Este caracter biunívoco excluye los intentos de predecir los movimientos de personas y vehículos generados a partir de un determinado tipo de desarrollo territorial para centrarse en los intentos de estudiar los impactos que la construcción y/o operación de un sistema de vías de comunicación, a nivel urbano o metropolitano, ocasiona sobre las actividades y, por tanto, sobre la ocupación y usos del suelo.

PRIMERAS EXPERIENCIAS

Aunque en teoría parte integrante del proceso de planificación territorial, la planificación del transporte, tanto por el tipo de actividad eminentemente técnica que llevaba aparejada, como por la procedencia, principalmente, del campo de la ingeniería de los expertos involucrados en este campo, se consideró desde sus comienzos como parte independiente del proceso de la planificación urbana y metropolitana.

Así en sus orígenes, que algunos autores —Aragón (1973)— sitúan en 1946, la planificación del transporte no plantea ninguna relación de causa-efecto con el planeamiento urbano y metropolitano. La necesidad de los estudios de tráfico que se formulan en aquella época está motivada por el aumento espectacular en EE.UU. después de la segunda Guerra Mundial, de la propiedad y uso del automóvil privado. Por lo tanto, los ingenieros de tráfico aceptaban como la manera más adecuada para determinar las futuras demandas de movilidad, extrapolar los flujos de tráfico vehicular existentes sin detenerse a pensar en otro tipo de consideraciones. Son *Mitchell & Rapkin (1953)* los que, al llegar a la determinación precisa de cómo diferentes tipos de usos del suelo originan diferentes intensidades de flujos de tráfico, modificaron este enfoque. De obtener los flujos de tráfico como dato de partida se pasó a conseguir información sobre los usos del suelo que producían esos flujos (*Brunton, 1975*). Y este criterio ha sido en definitiva el que, con sucesivas aportaciones y modificaciones, ha predominado en los estudios de planificación del transporte urbano y metropolitano llevados a cabo en los años posteriores.

LOS MODELOS DE TRANSPORTE

Herederos directos de los descubrimientos de *Mitchell & Rapkin* son los estudios de tráfico y transporte para Detroit (DMATS, 1953), Y Chicago (CATS, 1956) que constituyen dos claros ejemplos de los que podrán denominarse modelos de la primera generación. En ellos la relación entre usos del suelo y transporte aparece cuantificada

* Este artículo es un resumen de un trabajo de investigación realizado por su autor, Ingeniero de Caminos, con el título "El Transporte y los Usos del Suelo. Hacia una formulación de un modelo causal a través de una revisión de teorías". El trabajo y el artículo han sido revisados por Enrique J. Calderón Balanzategui, Dr. Ingeniero de Caminos.

únicamente en una sola dirección y este hecho se refleja en el objetivo de ambos planes: "Reducir fricciones en los viajes de forma que mediante la construcción de nuevas infraestructuras los peatones y los vehículos puedan ir y venir dentro del área urbana y metropolitana tan rápidamente como sea posible, y de manera coherente con las limitaciones de coste y seguridad" (CAST, 1959). Se trata, por lo tanto, según Brunton (*op. cit.*), de un enfoque eminentemente funcional, que tiene por objeto mejorar los problemas asociados a la movilidad mediante la inversión en nuevas infraestructuras, o bien, como alternativa secundaria, apoyando el transporte público existente. La relación usos del suelo-transporte es unívoca, y en ningún momento de estos estudios aparece un análisis del impacto recíproco del transporte sobre la ocupación y utilización del suelo urbano.

Como señala Gómez-Ordoñez (1973), en el proceso de planeamiento del área de Chicago, el CATS no tiene otra lógica que legitimar tecnocráticamente la red viaria propuesta, pero no se puede considerar como un Plan, tal y como se entiende este término actualmente, puesto que no hay una idea de ordenación global del territorio, dentro de la cual el transporte sea un elemento más, sino que el CATS se "añade" al planeamiento de Chicago y su área metropolitana después de haberse estudiado separadamente del resto de la planificación de dicha área. Por otra parte, y analizando la metodología propuesta por el CATS (ver fig. 1), la cual incorpora a su vez la ya clásica secuencia de generación, distribución, distribución modal y asignación, utilizada posteriormente en todos los modelos de transporte, se puede apreciar que no existe ningún momento en el que se intente modificar la estructura inicial de usos del suelo. Por el contrario, ésta se toma como dato fijo de partida, y el modelo de transporte aplicado sólo pretende acoplar la red viaria que mejor cubra la demanda de transporte generada por la localización inicial de las actividades.

PROPUESTA DE USOS DEL SUELO

MODELO DE TRANSPORTE

Generación - Distribución - Asignación

PLAN FINAL

Fig. 1

LOS MODELOS DE INTERACCION SUELO-TRANSPORTE

Dos son las diferencias fundamentales entre los primeros modelos de transporte y los modelos de interacción suelo-transporte, también llamados de la segunda generación. Por un lado, la manera en que los dos tipos de modelos se integran en la planificación urbana y metropolitana, y, por otro, la introducción del concepto accesibilidad como forma de cuantificar la interacción entre el transporte y los usos del suelo.

Respecto a la primera diferencia, y al analizar el estudio más representativo de esta época, que fue el Penn-Jersey Transportation Study (P.J.T.S., 1965) se encuentra entre sus objetivos la "determinación de influir, a través de la inversión en transporte, en la localización de las actividades, y en el proceso de ocupación del suelo". Este hecho refleja el cambio experimentado respecto al CATS sobre la concepción de ambos estudios en relación al planeamiento urbano y metropolitano (ver fig. 2). El estudio de transporte en el Penn Jersey pretende integrarse con el planeamiento y no agregarse separadamente como sucedía con los modelos de la primera generación.

OBJETIVOS GLOBALES DE PLANIFICACION PARA EL AREA DE ESTUDIO

PROPUESTA DE USOS DEL SUELO

MODELO DE TRANSPORTE

Generación - Distribución - Asignación

PLAN FINAL INTEGRADO

Fig. 2

Por otra parte, y ya en relación con la segunda diferencia, es necesario aclarar previamente el distinto uso que del concepto se hace en los modelos de la primera y segunda generación.

En los primeros modelos, de transporte, el acceso a un área quedaba definida por la facilidad de llegar a dicha zona medida en tiempo, distancia o coste. Esta forma de medida constituye una definición de lo que algunos autores posteriormente denominarían "accesibilidad potencial" (Aragón *et al.*, 1974), la cual señala únicamente la interrelación existente entre los elementos territoriales, pero con independencia de la demanda de comunicación entre los mismos. Sin embargo, Hansen (1959), al definir la accesibilidad como una medida que relaciona las actividades existentes en una zona con el acceso a la misma, modifica el valor que hasta entonces se le había dado al concepto de acceso o accesibilidad potencial. A partir de ese momento el acceso a una área no tiene sentido si no guarda una relación directa con los niveles de actividad y oportunidades de interacciones con otras actividades que cada zona del territorio ofrece. La accesibilidad potencial da paso a una nueva concepción que entiende la accesibilidad como factor de interacción (Aragón *et al.*, *op. cit.*), y responde a la capacidad de realizar distintas actividades en determinadas localizaciones (OCDE, 1977).

Volviendo entonces al estudio de Penn Jersey y a la manera en que éste intentaba integrar el nuevo concepto de accesibilidad en su formulación, aquélla queda materializada por el hecho de que no se define a priori un plan de usos del suelo como *input* al modelo de transporte, sino que se propone un modelo de usos acorde con los objetivos globales de la planificación urbana y metropolitana, el cual se

relaciona, a través del modelo de transporte, con diversas alternativas de la red viaria. Este modelo analiza de qué manera, planes alternativos de redes viarias modifican los niveles de accesibilidad del modelo inicial de usos, y la forma en que queda afectada la localización de las actividades residenciales, comerciales, industriales, económicas, etc. Por lo tanto, y al terminar este análisis, es necesario comprobar si el nuevo modelo de usos que resulta sigue cumpliendo con los objetivos globales de planeamiento, y por consiguiente un nuevo ciclo de transporte.

En definitiva, el proceso propuesto por el estudio del Penn Jersey respondía al siguiente esquema metodológico (ver fig. 3).



Fig. 3 (Echenique, 1975)

Sin embargo, y a pesar de sus propósitos iniciales, el PJTS no consiguió superar los defectos fundamentales observados en los modelos de la primera generación. Las razones son de tres tipos:

- Por un lado la relación entre los objetivos globales de planificación del área de estudio y los diferentes modelos de localización de las actividades empleados, no llegaron nunca a establecerse formalmente. Fueron dichos modelos los que terminaron por definir el tipo de desarrollo urbano deseable y no al revés, es decir, recogiendo e intentando que los modelos simularan los objetivos y aspiraciones de la comunidad.
- Por otra parte, la función de costes de transporte, que pretendía relacionar el sistema viario propuesto con la localización de las actividades, no demostró reflejar tan exactamente dicho proceso como se pensaba en un principio. El propio concepto de accesibilidad no servía para explicar claramente el porqué de la elección de una localización por parte de una actividad determinada. Las teorías que sobre este punto habían sido formuladas en los primeros 60 (*Wingo, 1961; Alonso, 1964*), y sobre los cuales estaban basados los modelos de interacción suelo-transporte no servían para poder comprender gran parte de los procesos de localización de las actividades urbanas y metropolitanas.
- Finalmente, y a pesar de las limitaciones señaladas para poder hacer operativos los modelos, el manejo de los mismos en el ordenador era muy complejo, debido sobre todo al número de variables empleadas, a su grado de desagregación y a los métodos matemáticos usados para resolver las ecuaciones planteadas.

A pesar de todo, la experiencia desarrollada durante la puesta en marcha y utilización de los modelos de la primera y segunda generación tuvo dos consecuencias importantes:

- Por un lado, la adopción de la metodología adoptada en el PJTS, y del modelo de cua-

tro etapas propuesto por el CATS como mejor manera de afrontar el tema de la planificación del transporte en las grandes áreas urbanas y metropolitanas. Aunque con algunas modificaciones, este enfoque se ha mantenido constante hasta nuestros días.

- Por otra parte, todo el trabajo realizado entre las dos primeras generaciones de modelos y particularmente la publicación en 1959 del número extraordinario del JAIP, dedicado a los modelos, marca, como señala Echenique (1974), el advenimiento en el uso de los modelos matemáticos a la práctica de la planificación territorial.

LOS MODELOS URBANOS Y METROPOLITANOS

De estas dos consecuencias es sin duda la segunda de ellas la más importante por las aportaciones que su desarrollo trajo consigo. Tanto el perfeccionamiento alcanzado con el uso de los modelos, como la manera teórica de entender los procesos de planificación territorial, en boga a mediados de los años sesenta, tuvo como consecuencia que la posibilidad de reflejar en un solo modelo todos los elementos y relaciones de la estructura urbana y metropolitana se considerara un hecho perfectamente alcanzable.

Es *Lowry (1964)*, con su famoso modelo de metrópolis, el que inicialmente parece llegar a un procedimiento que explica el proceso de ocupación del suelo por parte de las diferentes actividades económicas, tanto básicas como de servicios, y residenciales. No se pretende explicar en este artículo la secuencia lógica del modelo de Lowry por considerar que ésta es de sobra conocida, sino que trata de presentar cuáles son sus innovaciones más interesantes respecto a los modelos de la primera y segunda generación.

- Es interesante destacar, en primer lugar, cómo su gestación no estuvo directamente asociada a la producción de ningún plan de transporte, sino que el modelo de Lowry fue formulado como parte de un paquete de modelos que sirvieran para generar alternativas y ayudar en el proceso de toma de decisiones del programa de renovación de la ciudad de Pittsburgh. La evolución de la teoría modelística pasa definitivamente a tener carácter propio y a emplearse como instrumento de ayuda en los procesos de planificación urbana y regional, y como caso particular del transporte.
- A diferencia de experiencias previas, con el modelo de Lowry quedan definidos en un único modelo todos los componentes del espacio urbano o regional, sin necesidad de recurrir a una suma de submodelos para obtenerlo. Los componentes más importantes del modelo son la población y el empleo, los cuales determinan unos usos del suelo, que junto con las características de la red de transporte completan el marco territorial.

- Por otra parte el modelo no se limita a localizar estas actividades en el espacio, sino que también predice el nivel alcanzado por las mismas, es decir, la cantidad de población y empleo, tanto básico como de servicios que se localiza en cada unidad territorial, a partir de una estructura inicial del empleo básico.
- Finalmente, en el funcionamiento de modelos anteriores, y a pesar del reconocimiento explícito en ellos de los diferentes componentes del sistema urbano o regional, es decir, residencia (población), empleo, servicio e infraestructura, en ningún momento éstos son analizados con una idea de globalidad, es decir, como un todo en el que todos sus elementos estén en interrelación. Por el contrario, sólo relaciones parciales son analizadas. Este es el caso, por ejemplo, de los modelos de interacción suelo— transporte en los que se pretende explicar las posibles modificaciones en la localización de las actividades producidas por variaciones en el sistema de transporte a través del concepto accesibilidad. Pero, en ningún caso se busca determinar el impacto que sobre el resto de las actividades urbanas puedan tener las variaciones producidas en los sectores analizados. Por el contrario, el modelo propuesto por Lowry viene a dar el primer intento de describir de una forma global los elementos y relaciones del sistema territorial, en este caso a escala metropolitana.

El impacto causado por la aparición del modelo de Lowry fue rotundo, y rápidamente su esquema conceptual fue adoptado por las diversas escuelas que por entonces investigaban el uso de los modelos en la práctica de la planificación territorial. Su operabilidad, la sencillez de su estructura casual y la posibilidad de ampliación del esquema general del modelo y mejora de sus aspectos parciales, en palabras de *Goldner (1973)*, fueron las causas determinantes para su inmediata adopción y difusión.

Así, en los Estados Unidos y en la segunda mitad de la década de los 60, fueron formulándose una serie de modelos que, basados en el de Lowry, intentaron mejorar sus tres fallos más importantes: la excesiva agregación de las variables empleadas, la complejidad de su manejo en el ordenador y la falta de una componente dinámica en el mismo. Merecen citarse el TOMM (Time Oriented Metropolitan Model) de *Crecine (1964)*, el BASS (Bay Area Simulation Study) de *Goldner & Graybeal (1965)*, y la versión de *Garin (1966)* sobre el modelo de Lowry, que es quizás la más conocida.

Todos estos modelos fueron experimentados en diferentes situaciones de planificación urbana y metropolitana con éxito diverso, excepto la versión de *Garin* que fue una aportación eminentemente teórica. Sin embargo, y desde el punto de vista de este artículo, la experiencia más interesante fue llevada a cabo por *Goldner (1968)* con su Projective Land Use Model (PLUM), mediante el cual se pretendía poder suministrar los *inputs* sobre usos del suelo y las predicciones sobre población,

vivienda y empleo necesario para el posterior desarrollo del Bay Area Transportation Study (BATS). La planificación del transporte había estado dominada a lo largo de la década de los 60 por la metodología derivada del Penn-Jersey, y, a pesar de la ingente cantidad de recurso económicos puestos en juego el resultado no había sido demasiado satisfactorio (*Boyce et al 1970*). Aunque aparentemente innovador, el PLUM sigue de alguna manera manteniendo la estructura tradicional. Sin embargo, los resultados obtenidos en este segundo proceso, aun habiendo alcanzado una mayor integración entre usos del suelo y transporte debido a la utilización de un paquete uniforme de funciones de localización, seguían adoleciendo del mismo defecto que en los anteriores LUTS (Land Use Transportation Study) debido sobre todo a la falta de realimentación (feed back) de los *outputs* finales en los *inputs* iniciales. Además seguían subsistiendo las mismas carencias sobre la consideración de los efectos sociales, económicos y ambientales derivados de la ejecución de planes de infraestructura del transporte.

LA EXPERIENCIA BRITÁNICA

La historia de la evolución de la modelística aplicada al análisis de la relación suelo-transporte, presenta en Gran Bretaña características análogas a la estadounidense, aunque distanciadas cada una de las etapas en un pequeño intervalo de tiempo.

Así, los primeros estudios de tráfico realizados en Gran Bretaña, que fueron el London Traffic Survey (1960) y el SELNEC Highway Plan (1962), utilizaron la metodología de los primeros estudios y los modelos de transporte de la primera generación como base de sus trabajos. Los objetivos, como señala *Brunton (op. cit.)*, eran análogos a los del CATS o DMATS: encuestar orígenes-destinos, calcular el tiempo empleado en los viajes, determinar la demanda de tráfico, averiguar el estado de la oferta y preparar un plan global de transporte para el área de estudio.

Sin embargo, la influencia de la evolución de la experiencia estadounidense no se hizo esperar, y de esta forma fueron siendo introducidas sucesivas modificaciones a la metodología inicial. Estas *medidas* se referían, fundamentalmente, a la necesidad de analizar, de forma conjunta, usos del suelo y transporte como elementos integrantes o inseparables del proceso de planificación del transporte.

Al mismo tiempo se estaba gestando lo que iba a ser el informe más influyente en la planificación del transporte urbano en Gran Bretaña. Se trata del ya clásico "Traffic in Towns" de *Buchanan (1963)*, que en sus conclusiones finales destacaba, entre otras cosas, la estrecha relación existente entre los usos del suelo y el transporte, no sólo a nivel urbano y metropolitano, sino incluso en cuestiones de planificación y distribución demográfica-laboral a escala regional. Por otra parte, y ya en el terreno institucional, *Buchanan* establecía la necesidad de cooperación entre todas las autoridades involucradas en alguno de ambos temas, y la formación de equipos técnicos mixtos que acometieran con un

enfoque integrador los problemas planteados por la ordenación urbana.

Representativos de esta segunda época, "post Traffic in Towns", son los Estudios de Transporte y Usos del Suelo (Land Use Transportation Studies) promocionados conjuntamente por el Ministerio de Transporte, y el de Vivienda y Gobierno Local, como la forma más adecuada para lograr un enfoque coordinado en la planificación de ambos elementos. Entre los más destacados se pueden citar los de West Midlands (1964), Greater Glasgow (1964), Teeside (1965), SELNEC (1965), Mereyside (1966), West Yorkshire (1967), Tyneside (1967)...

A pesar de la experiencia anglosajona del otro lado del Atlántico y del informe Buchanan, los objetivos, de estos planes seguían siendo eminentemente funcionales, reduciéndose el estudio de la relación suelo-transporte al análisis de los factores, que derivados de la ocupación del suelo por parte de diversas actividades, afectaban a la demanda presente y futura de movimientos. A continuación, y mediante la utilización del clásico modelo de transporte de cuatro etapas, se llegaba a la definición de la red de carreteras y los servicios públicos que solucionarían los problemas planteados por el transporte urbano (West Midlands, *op cit*). En definitiva, y como señala el estudio "Travel in Belfast" (1965), se trataba, una vez más, de producir un plan que procurara el movimiento más eficiente de personas y bienes por todos los medios de transporte posibles.

Para finalizar el análisis de esta segunda época, hay que señalar que el informe Buchanan fue también en parte culpable de este enfoque funcionalista, ya que junto con las conclusiones enunciadas anteriormente, señalaba a su vez la necesidad de rediseñar amplias áreas urbanas con vistas a obtener el máximo potencial en la utilización del vehículo privado, aunque de forma compatible con el equilibrio medio-ambiental mediante la adopción de una serie de medidas complementarias. Sin embargo, en la práctica se hizo excesivo hincapié en la primera parte de esta conclusión, llegándose finalmente a un enfoque eminentemente funcional del tráfico, considerando a éste como un fin más que como un medio para conseguir metas más amplias.

Es a finales de los 60 cuando tres grupos, que inicialmente estaban interesados en los aspectos teóricos de la modelística urbana, empezaron a desarrollar modelos para ser usados en la práctica de la planificación. A este hecho contribuyó el cambio institucional derivado de la "Town and Country Planning Act" (1968) y que modificaba el método hasta entonces empleado en la formulación de los planes de ordenación territorial, sustituyéndolo por un nuevo enfoque integrador basado en la teoría de sistemas. Se pensaba que los modelos, y en particular los basados en el esquema propuesto por Lowry, podían contribuir a la materialización, en términos cuantitativos, de las estructuras territoriales, urbana o regional, contempladas en su globalidad. El elemento uniformizador de las tres escuelas era, por lo tanto, la adopción del esquema conceptual, de integración de las actividades, propuesto por Lowry. Sin embargo, es posible también

encontrar características diferenciadoras entre los tres grupos mencionados:

- Por un lado están los "Town and Contry Planners" que inicialmente trabajaron en el tema de manera individual para luego desarrollar una actividad conjunta en el Departamento de Geografía de la Universidad de Reading bajo la dirección de M. Batty. Utilizaron los modelos, principalmente, para analizar el impacto y las implicaciones que a nivel subregional podían derivarse debido a cambios importantes en la estructura territorial (ej.: localización de un aeropuerto, una "new town"...), o bien como método de ayuda en la formulación de "Structure Plans". Sólo en una ocasión se utilizaron los modelos en la preparación de un estudio de transporte.
- Por otra parte, el Departamento de Arquitectura de la Universidad de Cambridge, y en particular el LUBFS (Land Use and Built Form Studies), dirigido por M. Echenique, desarrolló modelos que se aplicaron en el diseño y evaluación de diferentes formas de estructura urbana en diversas ciudades. Además, se amplió el esquema inicial de Lowry mediante la incorporación al modelo de un submodelo de "stocks urbanos", es decir de un submodelo que simulaba la inercia de la estructura física del área estudiada, y cómo el uso del suelo por parte de las actividades ya construidas determinaba la localización de las nuevas actividades. Ya más posteriormente, también le fue añadido al modelo un submodelo de transporte de manera que el modelo general resultante pudiera ser utilizado en la preparación de planes de transporte en grandes áreas urbanas y metropolitanas.
- Finalmente, el CES (Centre for Environmental Studies), dirigido por A.G. Wilson, desarrolló nuevos conceptos teóricos que habrían de ser incorporados posteriormente en la construcción de los modelos. En particular interesa destacar la aplicación del concepto "entropía", entresacado de la física termodinámica, en la sistematización de la obtención de nuevos modelos. Dentro del terreno práctico las aportaciones más interesantes del CES se encuentran en los estudios y planificación del transporte.

Es interesante detenerse a analizar las diferencias existentes entre la experiencia británica y la estadounidense, ya que podía pensarse en la existencia de un isomorfismo casi total entre ambas, debido a la utilización del mismo esquema teórico. Sin embargo, es posible encontrar con Batty (1975) cuatro diferencias fundamentales entre las dos:

- Todos los modelos ingleses fueron usados manejando datos reales existentes, lo cual no sucedió en EE.UU., donde algunos modelos fueron abandonados por la falta de datos fiables.
- Los modelos usados fueron relativamente pequeños en comparación con los americanos debido, sobre todo, a la estrechez del presupuesto manejado. Este hecho se vio compen-

- sado por la rapidez y facilidad obtenida en el manejo de los mismos.
- La tradición británica en materia de planificación tuvo como consecuencia que los modelos empleados estuvieron limitados por la propia actividad planificadora; no se pretendía, al contrario que en U.S.A., que los modelos fueran instrumentos exactos e independientes, de análisis o predicción, sino que sirvieran de ayuda en diversas fases del proceso de planificación.
 - Por último, el éxito alcanzado en su uso en Gran Bretaña fue relativamente importante, lo que creó un gran optimismo inicial al creer poder contar con un instrumento de racionalización para poner en práctica la nueva filosofía de planificación de los primeros 70. Sin embargo, es posible pensar también, que este éxito fue debido, en parte, al lento crecimiento de las ciudades inglesas en comparación con las estadounidenses.

LA CRISIS DE LOS MODELOS DE TRANSPORTE Y USOS DEL SUELO EN EL CONTEXTO DE LA CRISIS DE LA MODELÍSTICA URBANA Y METROPOLITANA

Es 1973 el año que marca el punto más bajo de la popularidad de los modelos entre los planificadores territoriales desde el comienzo de su uso en la década de los 50. Además de la crítica funcionalista que se planteó a los mismos, *Lee 1973*, están los cambios ideológicos derivados de los movimientos de protesta de finales de los 60 y que habían producido una nueva mentalidad en los ciudadanos en relación con los asuntos de planificación territorial. Surgieron nuevos objetivos y aspiraciones de la comunidad que no estaban ni podían ser incorporados a los modelos como, por ejemplo, la preocupación medio-ambiental, los efectos sociales derivados de los planes, el logro de un mejor diseño urbano y arquitectónico, etc. Por otro, el creciente interés de los ciudadanos en participar en las decisiones de planificación que fueran a afectar su modo de vida, no encajada de ninguna manera con la utilización que se hacía de los modelos. Naturalmente, aquéllos rechazaban por excesivamente tecnocráticos, ininteligibles y lejanos de la realidad los resultados producidos por los modelos.

Y es en la planificación del transporte donde ésta contradicción entre el enfoque modelístico y los deseos reales de la comunidad era más evidente. El primero seguía proponiendo más y más autopistas y carreteras para solucionar los problemas existentes de transporte, mientras que los ciudadanos eran cada vez más conscientes de los excesos ocasionados por este enfoque basado, en su mayor parte, en el transporte privado. Mientras que el objetivo de los planificadores del transporte era reducir la congestión del tráfico eliminando los embotellamientos y aumentando, por lo tanto, la velocidad, el objetivo social era mejorar la accesibilidad general

mediante la utilización coordinada de todos los modos de transporte posibles. Y para llevar a cabo esta política los modelos eran en su estructura clásica, por su concepción, instrumentos inútiles.

Por una parte, se pueden argumentar las ventajas derivadas de la aportación a la teoría de la planificación territorial de la metodología utilizada en los "Land Use Transportation Studies", la cual a su vez tiene su origen en el estudio de Penn-Jersey. Como innovaciones más importantes se pueden citar los conceptos de interacción manejados, que después derivarían hacia el enfoque sistémico ya analizado, la incorporación de nuevas técnicas de análisis y predicción, y la introducción de las fases de generación y evaluación de alternativas como partes fundamentales del proceso general de planificación.

Pero, por otra parte, esta el fracaso en cumplir el objetivo para el que fueron diseñados: es decir, formalizar y racionalizar las relaciones existentes entre el transporte y los usos del suelo. Así como en el otro sentido, suelo-transporte, las relaciones habían quedado suficientemente clasificadas con las aportaciones de Mitchell & Rapkin y el estudio de Chicago, la hipótesis previa de los LUTS nunca llegó a confirmarse plenamente.

La idea era que "el nivel relativo de las infraestructuras de transporte existentes influenciaban fuertemente la forma del desarrollo en una área dada, y, por tanto, podrían esperarse considerables ahorros en los costes si se examinaran diferentes alternativas de desarrollo humano". Para llevar a cabo esta idea se generaban y evaluaban diferentes alternativas de transporte utilizando los modelos como ayuda. Sin embargo, y como señalaban *Boyce et al (op. cit.)*, durante el proceso surgieron tres problemas fundamentales:

- Por una lado, no se encontraron evidencias claras para demostrar la hipótesis inicial: al modificar los usos del suelo o el transporte no se encontraban diferencias importantes en la componente contraria. Esto pudo ser debido a que las alternativas planteadas eran parecidas, a que los métodos usados para probarlas eran malos, a que los períodos de los planes eran cortos, o a que el sistema zonal elegido no era el apropiado.
- Por otra parte, el problema de cómo evaluar las diferentes alternativas de transporte se mostró como un problema en sí mismo y de difícil solución.
- Finalmente, siguieron subsistiendo las enormes dificultades operativas que planteaban los modelos de la primera y segunda generación.

Y fue principalmente por estas razones, que los esfuerzos y medios económicos de que se disponía para realizar estos planes, fueron rápidamente agotados sin llegar a resolver las cuestiones fundamentales. De nuevo hay que recurrir a las aportaciones al campo de la planificación territorial y a los aspectos educacionales, como la parte más positiva de la experiencia con los planes de transporte y usos del suelo.

EL ESTADO ACTUAL DE LA CUESTION

A partir de 1973 se produce un claro desdoblamiento entre las líneas seguidas por las escuelas estadounidenses y británicas analizadas hasta el momento. En la primera de ellas, la trayectoria seguida en el caso de los modelos y su aplicación a la planificación del transporte apenas se ha modificado a pesar de las fuertes críticas que se levantaron en su contra. Por el contrario en Gran Bretaña, el cambio legislativo que se produjo en materia de transporte trajo como consecuencia que los modelos quedaran relegados a su estudio y experimentación teórica, y que en la práctica de la planificación del transporte fueran sustituidos por otras técnicas y métodos.

En el caso estadounidense es sin duda *Putman* (1974) uno de los teóricos más importantes de esta última época. Apoyado por diversos organismos, entre ellos el "Department of Transportation, Federal Highway Administration", este autor insiste en la necesidad de utilizar los modelos como la mejor manera de materializar la relación existente entre los usos del suelo urbano y metropolitano y el transporte, aún reconociendo los fracasos de los intentos previos. Sus aportaciones más interesantes se centran en la necesidad de integrar más estrechamente los modelos de usos del suelo y el de transporte, ya que su planteamiento general no difiere demasiado de las experiencias derivadas del modelo de Lowry de finales de los años 60.

Dentro de esta misma línea de perfeccionamiento, se encuentra el trabajo de *Turner* (1975) se que se dirige específicamente al diseño de modelos urbanos y metropolitanos que sean posteriormente aplicables en los procesos de comprobación y evaluación de propuestas de redes de transporte.

Sin embargo, Turner no se concentra en lo que se podrían denominar aspectos funcionales de los modelos uno de los cuales podría ser el analizado por Putman, sino que intenta relacionarlos con los cambios producidos en los procesos de planificación urbana y regional en general, y del transporte en particular. En opinión de Turner, éstos podrían ser reducidos a tres:

- La creciente preocupación sobre la distribución de los efectos producidos por las inversiones (o no inversiones) realizadas sobre diferentes grupos de la comunidad, localizados en diferentes zonas del área urbana. Este hecho contrasta con la experiencia anterior en la que consideraban implicaciones agregadas a escala regional.
- El reconocimiento de que los efectos producidos por las decisiones en materia de transporte no se limitaban únicamente a los costes de construcción y operación que se consideraban en anteriores estudios.
- Y como resultado de los dos primeros, la necesidad de investigar sobre nuevas técnicas que sean capaces de recoger las nuevas exigencias planteadas por la planificación del transporte y los usos del suelo.

De acuerdo con estas consideraciones, Turner plantea un nuevo modelo, el "Urban Sistem Model (USM)", que aprovechando la estructura original del modelo de Lowry, incorpora en su formulación nuevas variables que sirven para analizar problemas tales como: las implicaciones económicas del desarrollo urbano, las posibles desigualdades sociales creadas por la puesta en marcha de un plan de transporte y los efectos medio ambientales y posibles costes energéticos producidos por el mismo.

De esta manera Turner, además de ampliar las posibilidades de los modelos, adecúa los mismos a las nuevas exigencias de las legislaciones estadounidense y británica en materia de planificación del transporte. La primera recoge a través de una serie de leyes, como por ejemplo la "National Environmental Policy Act (1970)" y la "Clean Air Act (1970)", la preocupación medio ambiental surgida en EE.UU. a principios de la década, mientras que la segunda en leyes tales como "Development and Compensation—Putting People First (1972)" y la "Land Compensation Act (1973)" intenta recoger de alguna manera los efectos secundarios producidos por el desarrollo de los planes de transporte.

Otro de los autores británicos que por las razones expuestas de cambio de legislación, se ve forzado a poner en práctica sus modelos de transporte y usos del suelo fuera de este país es Marcial Echenique. Como ya se explicó en el capítulo cuarto, para hacer aplicable su modelo urbano de stocks-actividades a los estudios de transporte, este autor no hizo más que, inicialmente, incorporarle un submodelo de transporte, de manera a reproducir, en este caso en un único modelo, el esquema general del estudio de Penn-Jersey. Este conceptualmente simple esquema fue aplicado posteriormente a la escala urbana en *Caracas* (1974), *Sao Paulo* (1975), *Teherán* (1976), *Bilbao* (1977), otra vez *Sao Paulo* (1978) y como modelo base en diversas aplicaciones en U.S.A. (1979). A la escala regional fue probado en el estado de *Sao Paulo* (1977) y en *Argentina* (1979), y en aplicaciones a un determinado "corredor" de transporte fue experimentado en el eje *Río de Janeiro-Sao Paulo-Campinas* (1978).

Quizás la versión más sofisticada de las propuestas hasta el momento por Echenique, sea la empleada para los casos de *Bilbao* (1977) y *Sao Paulo* (1978), y denominada LUST (Modelo de Uso del Suelo y Transportes Echenique, 1978). En esencia la estructura conceptual de esta última versión del modelo de Echenique no difiere demasiado de la inicial del modelo de Stocks-actividades, una vez incorporado a éste el submodelo de transporte. Nuevamente coexisten dos procesos interactivos: por un lado, uno que establece un equilibrio en el mercado del suelo, es decir en la localización de las actividades urbanas. Por otro, un proceso que establece un equilibrio en el mercado de transporte, es decir en la distribución del tráfico urbano. La relación entre los dos grupos puede resolverse hasta llegar a un equilibrio, pero Echenique prefiere que esto no sea así para de esta

manera reproducir el desfase existente entre los cambios en la utilización del sistema de transporte y su repercusión en el uso del suelo, relación que sólo se materializa a lo largo de los años. Dentro del primer proceso iterativo coexisten otros dos: la generación de actividades (demanda de actividades) y su localización. La primera se realiza por medio de un modelo de tipo *input-output* que a partir de una demanda inicial exógena, sector industrial, genera nuevas demandas intermedias que sirven a este sector y así sucesivamente. La localización va asociada al concepto utilidad que Echenique define como "el beneficio asociado con la localización de una zona para una actividad determinada" (*Echenique, 1978*). Desfasado en el tiempo, pero unido a este segundo proceso de localización de actividades, está además otro proceso iterativo que reproduce la creación de nuevas construcciones lo cual modifica la atraktividad inicial que presenta cada zona para localizar en ella las diferentes actividades.

Esta nueva versión del modelo de Echenique está enriquecida con la incorporación al mismo de una serie de variables en cada uno de los diversos ciclos definidos.

Así en el proceso de generación de actividades, la localización del empleo en el sector industrial, dato inicial, está condicionado por la zonificación existente, y la demanda de actividades asociada a este sector viene limitada por los datos extrapolados sobre el crecimiento regional. En la localización de las actividades, el tema de las subvenciones e impuestos que puedan influir en las decisiones de este tipo también se incluye en la formulación del modelo. Lo mismo sucede con la generación de nuevas construcciones que modifiquen la atraktividad de cada zona; este proceso recoge en su elaboración final en el modelo, las variables zonificación existente, coeficientes de edificabilidad e impuestos, como condicionantes determinantes de la actuación de promotores y constructores. Finalmente, en el segundo proceso iterativo, el que persigue un equilibrio, en el mercado de transporte, tiene también en cuenta los condicionantes de infraestructura, tarifas e impuestos de tráfico existentes que originan una variación en los costes o tiempos de viajes que el modelo de transporte original calculaba.

Concluyendo este tema, se podría decir que el modelo de Echenique es quizás la versión más desarrollada y puesta a punto de todas las analizadas hasta el momento, aunque habría que analizar más específicamente los resultados alcanzados por el mismo en los diversos casos en los que ha sido utilizado para poder reafirmar su utilidad.

Es también 1973 el año que marca la reorganización institucional de los organismos administrativos británicos que estaban relacionados con la planificación del transporte y las inversiones a él asociadas.

Hasta entonces los "Country Councils" tenían todas las responsabilidades en materia de construcción y mantenimiento de autopistas, pero, por el contrario, la coordinación entre los diferentes organismos encargados del transporte público era totalmente voluntaria. Sin embargo, y a raíz del

cambio que tiene lugar en el "Local Government" en 1972, le son dadas a los "Country Councils" plenas responsabilidades para desarrollar políticas de coordinación entre todos los organismos involucrados en el transporte de pasajeros.

Hay por tanto en la política británica de transporte de los primeros 70 un énfasis inicial en el transporte público frente al privado, aun a pesar de que los "Consejos de Condado" siguen teniendo las mismas responsabilidades en materia de autopistas, y por tanto transporte privado, que anteriormente.

Lo que pretendía este nuevo sistema era producir programas y políticas administrativas de transporte ("Transport Policy Programmes", 1975) que contemplaran de forma integrada las necesidades en este campo, pero sin tener que recurrir a los grandes estudios de transporte característicos de la década anterior. Además el nuevo sistema buscaba involucrar a los "County Councils" en nuevas áreas de decisión tales como el establecimiento de prioridades a la hora de invertir en transporte, enfatizando, como ya se ha dicho, la necesidad de contar prioritariamente con el transporte público para resolver las necesidades existentes.

Naturalmente se pretendía que los programas producidos junto con las inversiones previstas, formaran parte de una estrategia global de actuaciones para cada *Country*. A su vez estos planos corporativos ("Corporate Plans") se materializaban en planes físicos ("Development Plans") que recogían, entre otros, la localización final de las inversiones previstas, así como su programa de ejecución. Este último debía incluir una estrategia global a 10 ó 15 años vista, un programa de gastos por quinquenios y una revisión anual de los resultados alcanzados.

Como se puede deducir inicialmente de esta exposición, los modelos de transporte y del suelo estudiados anteriormente ya no tienen cabida dentro del sistema de planificación británico por un triple motivo:

- La no integración con el resto de las actuaciones de planificación que resulta del uso de los modelos reseñados.
- El elevado peso específico que los mismos conceden a las inversiones en transporte privado.
- La necesidad de revisión anual de las políticas de transporte con vistas a conseguir las necesarias inversiones. Los modelos son demasiado complicados y sus resultados excesivamente agregados para servir de instrumento de obtención de esas políticas.

Por lo tanto y desde la puesta en marcha del nuevo sistema, no se puede hablar de nuevas experiencias prácticas, en Gran Bretaña, en materia de modelos. Como ya se ha visto, Echenique ha efectuado varias aplicaciones prácticas de su modelo de transporte y usos del suelo en el extranjero, mientras que las escuelas de Batty y Wilson se han concentrado respectivamente en la defensa del uso de los modelos en la planificación y en su desarrollo teórico.

REFERENCIAS:

- ALONSO, W (1964): Location and land use. Harvard Univ. Press. Cambridge. Mass.
- ARAGON, F (1973): Evolución histórica de los modelos de interacción. Curso de Planificación Territorial. Centro de Perfeccionamiento del Colegio de Ingenieros de Caminos.
- ARAGON, F et al (1974): Conceptos de accesibilidad en su aplicación a estudios de carreteras. D.G. Carreteras. MOPU. Feb.
- BATTY, M (1975): In defense of urban modelling. The Planner. Vol. 61 nº 5, May 75.
- BOYCE, D et al (1970): Metropolitan plan marking. Regional Science Research Inst. Philadelphia.
- BRUNTON, M (1975): Introduction to transportation planning. Hutchinson & Co. Ltd.
- BUCHANAN, C (1963): Traffic in Towns. Her Majesty Stationary Office.
- CATS (1969): Chicago Area Transportation Study. Final Report.
- CRECINE, J.P. (1964): Time Oriented Metropolitan Model (TOMM). Technical Bulletin nº 6. Pittsburg Community Renewal Program.
- ECHENIQUE, M. (1975): Urban Development Models: fifteen years of experience. LUBFS Conference Proceedings nº 3. The Construction Press Ltd.
- ECHENIQUE, M. (1978): Desarrollo de un modelo de usos del suelo y transporte. Corporación Administrativa del Gran Bilbao.
- GARIN, R. A. (1966): A matrix formulation of the Lowry model for intrametropolitan activity allocation. Journal of the American Institute of Planners, nº 32.
- GOLDNER, W., and GRAYBEAL, R.S. (1965): The Bay Area Simulation Study. Pilot Model of Santa Clara Country and some applications. Berkeley: Center for the Real State and Urban Economics.
- GOLDNER, W. (1968): Projective Land Use Model (PLUM). BATSC Technical Report 219. Berkeley.
- GOLDNER, W (1973): The Lowry Model Heritage. Journal of the American Institute of Planners nº 37.
- GOMEZ ORDÓÑEZ, J.L. (1973): Los modelos urbanos en el proceso de planeamiento general. Curso de perfeccionamiento del Colegio de Ingenieros de Caminos.
- HANSEN, W.G. (1959): How accessibility shapes land use. Journal of the American Institute of Planners; May.
- LEE, D.B. (jr): Requiem for large scale computer models. Journal of the American Institute of Planners. May nº 39.
- LOWRY, I.S. (1964): A model of metropolis. Rand Corporation. Santa Mónica. California.
- MITCHELLE & RAPKIN (1953): Urban Traffic: A function of land use. Columbia Univ. Press.
- O.C.D.E. (1977): Besoin de transports pour les communes urbaines: le planification des transports de personnes. Col. Recherche Routiere. Paris.
- P.J.T.S. (1965): Penn Jersey Transportation Study. Final Report.
- PUTMAN, S.H. (1974): Urban land use and transportation models. A state of arte summary. Philadelphia.
- TURNER, L.G. (1975): Design of Urban Growth models for strategic land use transportation studies. Regional Studies. Vol. 9, Pergamon Press.
- WINGO, L (1961): Transportation and urban land. John Hopkins for Resources for the future. Baltimore.