

## 2. Técnicas cuantitativas en el proceso de Planeamiento urbano

por Félix Arias

### 1. LOS SISTEMAS DE PLANEAMIENTO URBANO

1.1. Entendemos por sistema de planeamiento, el conjunto de competencias institucionales y figuras legales implicadas en y establecidas para la gestión de la organización espacial del sistema social. Conjunto concebido para realizar una serie de tareas por medio de ciertas actividades sujetas a controles centralizados. Apoyándose estas actividades en unos medios tales como capacidades técnica, financiera, jurídica, organizativa, etc.

En abstracción podemos identificar, en este como en otros sistemas, una estructura (instrumentos y competencias) mediante los que unos procesos (técnico, político, inversionista, etc.) se pueden comportar de distinta forma (planeamiento indicativo o centralizado, continuo o discreto, etc.) en la regulación de la dinámica urbana.

Los comportamientos referidos deben entenderse como concreción en momentos históricos específicos de filosofías políticas y económicas, así como del avance científico y el progreso social.

Al ser el planeamiento urbano una dimensión tan sólo de la planificación global, del sistema social que corre a cargo del ejecutivo, depende, efectivamente, de la filosofía política y económica que inspiran su acción.

Asimismo podemos distinguir diversos sistemas de planeamiento según el grado de avance científico. Concretamente en planea-

miento urbano distinguimos dos sistemas: discreto y continuo. El primero tomó la forma legal de «end-state o master plans», como son los planes generales de nuestra Ley del Suelo, y el segundo es hacia el que se orientan los nuevos planes ingleses, franceses, italianos, polacos, etc., y recientemente los españoles como parece ser el caso del Esquema director de Madrid y la figura de Plan Coordinador de la propuesta de reforma de la Ley del Suelo.

1.2. El sistema de planeamiento urbano que hemos llamado *discreto* se basa en planeamientos sectoriales (tráfico, usos del suelo, ordenación vial, compañías de servicios, etc.) muy poco coordinados. Los planes consisten fundamentalmente en una imagen final, de la organización espacial, que hay que alcanzar. Esta imagen está concebida para cubrir las necesidades a largo plazo, con una previsión de la estructura urbana y reserva de suelo para los distintos tipos de actividades. Todo el territorio está tratado con el mismo grado de precisión, quedando calificado su suelo para todo el período de vigencia del plan. Técnicamente el sistema se limita a elaborar planes para distintas áreas del territorio (Nación, Provincia, Comarca y Municipio) y gestionar lo que el plan legisla a través de inversiones públicas y controles del uso del suelo. Al término de su vigencia, previamente si es necesario, se revisa el plan y se define una nueva imagen.

La crítica técnica a este sistema considera que el plan determina una concreción excesiva para la

totalidad del territorio evitando así la posibilidad de utilizar suelo que puede ser útil si cambian las circunstancias o fueron erróneas sus hipótesis. Además, y paradójicamente, al gestionar la urbanización se comprueba una gran falta de concreción en cuanto a los elementos estructurantes del desarrollo urbano, debido fundamentalmente a la falta de coordinación sectorial antedicha. En la práctica ha sido imposible mantener estos planes al día, al no responder a las demandas de los procesos socio-económicos, quedando desbordados por la dinámica urbana que no se concretiza con arreglo al plan sino a la lógica de los intereses de la iniciativa privada, no pudiendo aquél establecer en muchos casos ni unas mínimas bases de control social sobre las disfuncionalidades, que producen la mayor escala y complejidad de los asentamientos y la estructura de las actividades económicas, sobre el consumo colectivo.

1.3. Como consecuencia de las deficiencias en el sistema de planeamiento discreto y al tratar de controlar un proceso *continuo* como la dinámica de urbanización, por medio de un proceso isomórfico, está surgiendo el nuevo sistema de planeamiento continuo. Tomando ejemplo en el caso inglés (1), este sistema busca un

(1) Los documentos fundamentales para estudiar el nuevo sistema de planeamiento inglés, son los siguientes:

— Planning Advisory Group, 1965.  
— Town and Country Planning Act, 1968.

— Ministry of Housing, 1970.  
En castellano puede consultarse F. Arias y F. Contreras, 1972.



nuevo equilibrio de competencia entre la Administración Central y la Local, al tiempo que se reestructura esta última creando nuevas autoridades de tipo metropolitano y regional. Asimismo se busca en un contexto de democracia liberal ampliar la base y modos de participación en el planeamiento con el fin de darle más legitimidad. Las nuevas figuras son conjuntos de políticas que en el aspecto espacial fijan tan sólo la localización de los elementos estructurantes, produciéndose por lo tanto una deshomogeneización del territorio en cuanto al grado de precisión con que se tratan distintos aspectos. Estos planes sirven de eslabón entre el planeamiento socio-económico y los planes de urbanización de pequeñas áreas. Las características técnicas fundamentales de este sistema son la coordinación del planeamiento del uso del suelo y del tráfico, así como la explicitación de objetivos y la de las políticas.

El nuevo sistema ofrece flexibilidad para adaptarse a situaciones de cambio a través de un proceso continuo de decisiones de planeamiento, pero carece de momento de la suficiente capacidad técnica para realizar el control continuo de una forma plenamente efectiva. Para que esto sea posible la investigación se está produciendo a un ritmo acelerado, no sólo en el aspecto técnico, sino también en el estudio de los mecanismos reguladores y de control, para especificar sus características de forma que tengan una capacidad política y organizativa adecuadas.

Sin embargo, dadas las características del sistema político, la investigación tiende a sobrevalorar los aspectos formales del proceso de planeamiento en relación a su contenido. En este sentido el desarrollo de técnicas ha pecado de optimista y utópico. No obstante, el nuevo sistema requiere técnicamente un proceso continuo de regulación adaptativo y ello deriva necesidades en cuanto a métodos y técnicas que no se había sentido antes (2).

1.4. El proceso continuo de toma de decisiones de planeamiento sigue una serie de etapas que en diversos trabajos se tratan de relacionar a un proceso de regulación, a un proceso racional de toma de decisiones, el análisis de sistemas, etc., siempre buscando la forma de sistematizarlo y transformarlo en un método científico (3).

En los puntos sucesivos vamos a exponer un esquema general de este proceso que nos sirva de marco para el resto de la exposición, teniendo en cuenta que el proceso no es racional, en la medida en la que se producen saltos alógicos, ya que el ser esencialmente político no permite racionalizarse por métodos positivistas, sino que necesita concretarse dialécticamente en la práctica política.

Las características fundamentales de este proceso son:

1.4.1. El método se desdobra en grupos de operaciones de características distintas que según A.G. Wilson son: a) la capacidad de análisis o descripción y seguimiento, b) el «policy-making» que incluye la determinación de metas, evaluación de alternativas (preevaluación) y post-evaluación, y c) la capacidad de diseño que incluye preparación de alternativas, simulación e implementación en todos sus aspectos (Wilson, 1970).

1.4.2. La explicitación de un método de «policy-making» permite tener unos criterios de eva-

luación que facilitan el que las políticas (físicas o no) diseñadas puedan ser evaluadas, comparadas, etc., en fase de diseño y posteriormente cuando han sido ya ejecutadas. Estas post-evaluaciones pueden introducirse como correctoras en el proceso de planeamiento gracias al subsistema de seguimiento y evaluación.

1.4.3. El sistema de planeamiento abandona su carácter de servo-mecanismo que utiliza «feed-back» negativos y que se preocupa sólo por regular las inversiones para que se cumplan los standards tradicionales y «Master Plans» pasando a ser un control adaptativo que aprende con cada «feed-back». Los «feed-back» ya no son sólo negativos, sino que hay positivos y se permite una acción acumulativa. (Mc Loughlin, 1972 b, Arias, 1972 b).

1.4.4. El procedimiento en cuanto que proceso temporal es como sigue (ver figura):

I. Se recoge información y se hacen estudios para establecer teorías sobre la situación existente que expliquen determinados problemas.

II. Paralelamente se establecen metas y objetivos para el sistema urbano.

III. Se operativizan las metas y objetivos fijando unos indicadores y para éstos unas prestaciones (output-standard). Se especifican las limitaciones existentes en cuanto a recursos, tiempo, etc.

IV. Por medio de unos criterios de ordenación y diseño y unos standards (input o tradicionales) (4) se producen una serie de propuestas alternativas que se supo-

(2) Todo esto no quiere decir que el proceso de planeamiento pueda ser racional y objetivo. En última instancia las decisiones dependen de funciones de preferencia entre objetivos conflictivos e intereses contrapuestos. Asimismo, hay que tener en cuenta que estamos hablando de proveer mayor capacidad técnica, pero que ésta no puede nunca resolver problemas debidos a otras causas.

(3) Ver Meyerson, 1955; Dyckman, 1961; Catanese, 1970; Chadwick, 1971; Mc Loughlin, 1972; Boyce, 1972.

(4) Las diferencias y la función de los «input» y «output» standards está tratada en las notas 20 y 25 de trabajo realizadas por F. Arias y F. Contreras en 1971 en la Dirección General de Urbanismo.

ne son conducentes a la satisfacción de los objetivos.

V. Se simula o predice la situación futura de la región de estudio al aplicar las políticas propuestas. Para esto se utilizan modelos de simulación. Estos modelos producen como «output» las cuantificaciones de unos indicadores que deben ser comparables a los utilizados para operativizar los objetivos, fijándoles prestaciones.

VI. Se evalúan los resultados simulados en la aplicación de cada alternativa, comparando las cuantificaciones de los indicadores que produce el modelo con las prestaciones deseadas.

VII. Se elige una alternativa óptima que se convierte en propuesta.

VIII. Se desarrolla y ejecuta esta propuesta (implementación).

IX. Paralelamente a esta ejecución se realiza una recogida de información para comprobar si lo ejecutado consigue los efectos pretendidos (seguimiento).

X. En caso de que haya una desviación entre lo conseguido y lo pretendido, se buscan las causas de ésta, y se formulan acciones correctivas de distinta índole.

XI. Se revisa periódicamente la situación y se va perfeccionando el sistema. Se recomienda empezar con un sistema simple e irle dando complejidad progresivamente conforme se reduce la incertidumbre en distintos campos.

## 2. FUNCIONES DE LAS TÉCNICAS CUANTITATIVAS

2.1. Entendemos por técnicas cuantitativas aquellas que quedan incluidas en la definición de Goodman: «Secuencias operacionales estandarizadas que implican recogida y/o procesamiento de da-

tos en gran escala por procedimientos manuales, mecánicos o automáticos». El término «cuantitativo» connota en nuestro caso el uso de información numérica, la amplia utilización de datos y el empleo de técnicas de análisis formuladas matemáticamente. La característica fundamental de una técnica cuantitativa es «producir soluciones numéricas por medio del tratamiento matemático de una información base». (Goodman, 1968).

Este tratamiento implica dos dimensiones, una consistente en la traducción de hipótesis a variables y relaciones matemáticas y otra referente al proceso computacional (5).

2.2. Hasta ahora hemos descrito el planeamiento urbano como un proceso continuo de toma de decisiones. La incertidumbre que las rodea ha sido la causa de la falta de sistematización de los campos de decisión y del proceso mismo, características del enfoque intuitivo que se ha venido aplicando al planeamiento. Este enfoque acomete la toma de decisiones sin una evaluación real de los efectos que implican; sin conocer ninguna previsión de los posibles efectos derivados de las políticas que proponen, no utilizando métodos de simulación ni de comparación y evaluación de distintas alternativas de actuación, tomando las decisiones según funciones no explicitadas (criterios subjetivos e ideológicos).

El proceso continuo de toma de decisiones de planeamiento, requiere una mayor sistematización de su contenido y su forma, que le permita aprender de sus errores, hacer correcciones parciales, mejorar las etapas más imperfectas, etcétera, aprovechando los recursos disponibles de forma eficiente.

(5) En el apartado 3.3 se amplía este tema.

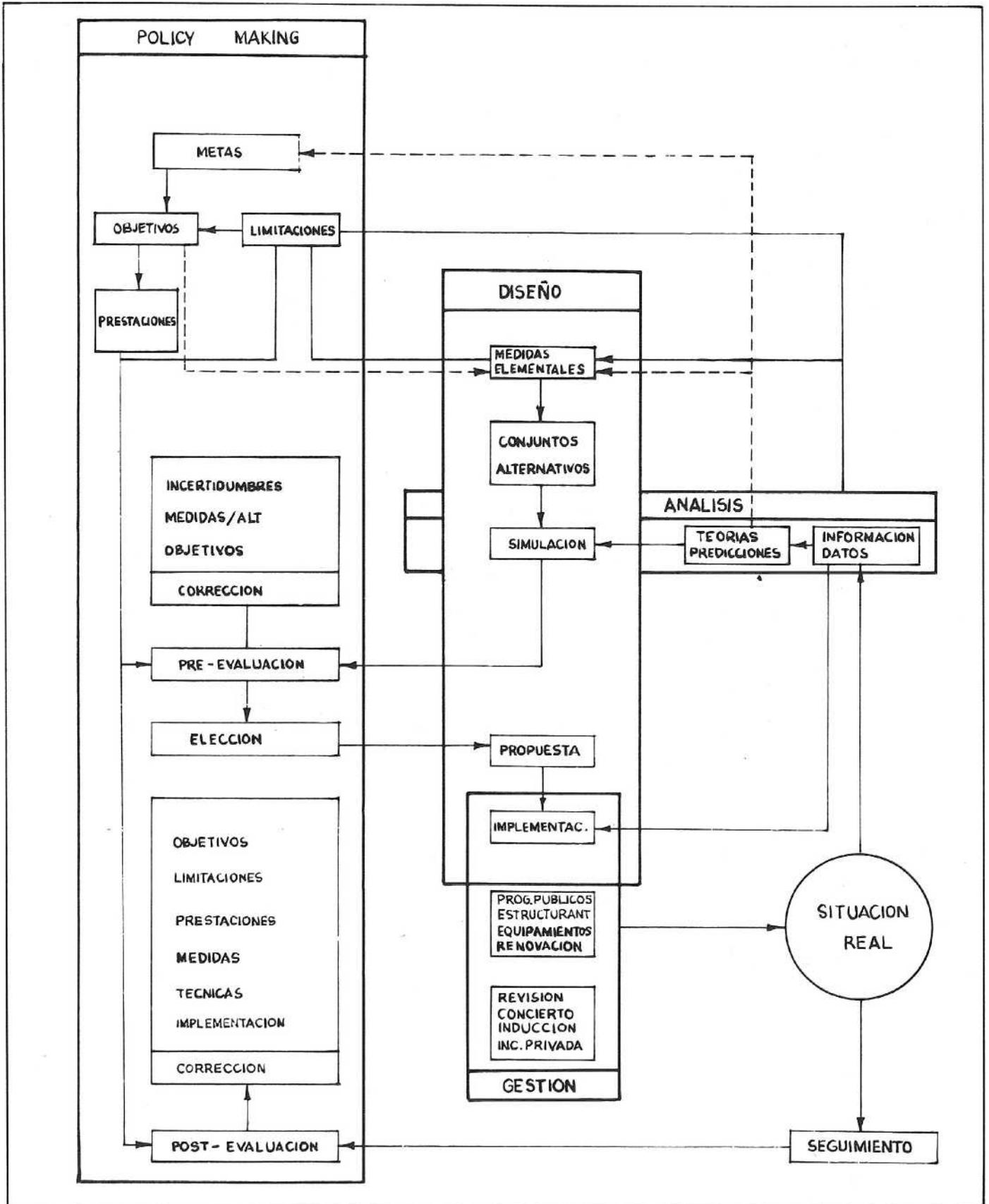
Los campos de decisión a los que sirve el planeamiento urbano están relacionados entre sí en un sentido jerárquico, como veremos en el punto 2.6. Todo el proceso de planeamiento está orientado a proveer a estos campos con información significativa que, reduciendo la incertidumbre existente, permite tomar decisiones sustentándolas en criterios analizados. Además, la crítica de los resultados permitirá ganar experiencia y aprender, siendo este aspecto tan importante o más que fundamentar una decisión concreta.

Para poder llegar a este estado de reducción de incertidumbres en los campos de decisión, hacen falta: un proceso para la producción de decisiones aplicando técnicas que permitan predecir y comparar los efectos de distintas propuestas sobre la organización espacial; y un sistema político que permita que la función de preferencias que se aplique para la elección sea representativa de los intereses sociales. El control social que se realice dependerá, en cada momento, de la correlación de fuerzas de los distintos grupos sociales.

Podemos ya enunciar las funciones genéricas principales de las técnicas cuantitativas: a) favorecer la toma sistemática de decisiones y mejorar la capacidad técnica a través del tratamiento de datos que permitan predicciones y evaluaciones comparativas, y b) favorecer la comunicación entre técnicos y grupos sociales a través de una explicitación de hipótesis teóricas y análisis realizados, para que, si es posible, éstos puedan formar una mejor función de preferencias.

2.3. Las técnicas cuantitativas pueden aportar una contribución positivista en varias etapas del proceso de planeamiento. Las posibilidades teóricas que ofrecen son de varios tipos:

I. Generalizar información sobre variables a partir de muestras



de un universo (muestreo, estadígrafos, etc.).

II. Reducir bases complejas de datos a índices o bien a componentes (índices, análisis multivariante, etc.).

III. Expresar relaciones entre variables (tabulaciones cruzadas, etcétera).

IV. Predecir relaciones entre variables (extrapolaciones, proporciones, etc.).

V. Calcular relaciones entre variables (correlación, regresión, etc.).

VI. Optimizar funciones proponiendo valores para variables (programación lineal, etc.).

VII. Distribuir variables entre variables (ecuaciones, etc.).

VIII. Comparar valores de conjuntos de variables (algoritmos, etc.).

Combinaciones de estas técnicas elementales permiten preparar métodos de análisis más complejos como son, por ejemplo, los modelos de desarrollo urbano, que pretenden simular el comportamiento de un conjunto de variables interrelacionadas.

2.4. Según sea el sistema de planeamiento de que se disponga, las técnicas y modelos tendrán distintas posibilidades de apoyo. En el sistema discreto, en el que se plantea el plan como operación que produce una imagen final del desarrollo, a la que se llega según Bardet como «... orquestación de partituras... La intuición y la lógica reinan allí en forma alternada...» (Bardet, 1959), las técnicas tenían y tienen todavía poca aplicación, salvo para ayudar a entender mejor la información. Básicamente sólo se han utilizado en él algunas técnicas de análisis estadístico (I, II, III, IV, V, del párrafo anterior). Al no existir, integrada en el proceso, la toma continua de decisiones de planeamiento y su contrastación a unos objetivos, no se

hacen necesarios otros tipos de técnicas.

En cuanto el planeamiento prescinde de imágenes finales para intentar formular propuestas alternativas, como conjuntos de políticas que han de satisfacer los objetivos de los distintos subsistemas urbanos, aparece la necesidad de contar con modelos que los interrelacionen, que prevean los efectos que la actuación sobre uno produce en los demás y los efectos agregados de un conjunto de políticas (Chapin, 1965). Finalmente en el planeamiento continuo, cuando el sistema se plantea de forma operativa la dicotomía entre fines y medios, descomponiendo las políticas en elementos y fijando las prestaciones que se han de conseguir en los objetivos con los efectos agregados de las políticas elementales, entonces se hacen indispensables los modelos como simulación de los mecanismos reales de transformación.

2.5. Las etapas del proceso de planeamiento continuo en las que resultan aplicables las técnicas cuantitativas son:

I. En la prospección de la realidad; las técnicas para la recogida de información, desde el muestreo y su posterior generalización, hasta las cuantificaciones por interpretación en plano o foto.

II. En la descripción de la realidad: es decir, en el análisis de los datos, para obtener conocimientos por inducción que permitan construir modelos bien para simulación (modelos operativos) o bien para identificar problemas y procesos o estructuras en los que intervenir. En esta etapa se utilizan todas las técnicas de estadística descriptiva como la regresión, correlación, análisis multivariante, etc. (Lowry, 1965).

III. En la operativización de objetivos se utilizan técnicas estadísticas para su reducción a indicadores, y su combinación en índices, que permitan utilizarlos en las evaluaciones.

IV. En la elaboración de planes alternativos se utilizan técnicas para expresar las incompatibilidades y hallar las combinaciones de conceptos elementales como el Análisis de Campos de Decisión Interrelacionados, o tablas de decisiones (Friend, 1969).

V. En la simulación se utilizan modelos para analizar los procesos urbanos sobre los que se quieren tomar decisiones. Modelos que tienen como entrada las propuestas definidas y como salida cuantifican los nuevos estados producidos, reflejados en los indicadores elegidos para operativizar los objetivos (6).

VI. En la evaluación se utilizan técnicas que analizan y comparan los costes y beneficios, los umbrales de urbanización, o que combinan las variables instrumentales para producir resultados óptimos con arreglo a algún criterio (7).

VII. En la programación existen técnicas que van desde la definición de prioridades hasta la organización de las actuaciones, como el Análisis del Camino Crítico o el Pert.

VIII. Finalmente, en el seguimiento se utilizan modelos que permiten analizar los impactos que actuaciones aisladas producen sobre el sistema urbano o

(6) Existen varios estudios generales y publicaciones conjuntas sobre modelos. Los más destacados son:

- Harris, 1965.
- Hemmens, 1968.
- Lee, 1968.
- Merlin, 1969.
- Kilbridge, 1969.
- Hall, 1969.
- Zietoun, 1971.
- Sweet, 1972.

En castellano puede consultarse Arias, 1972. Próximamente estarán en el mercado las traducciones de Harris, 1965, y Hall, 1969, actualmente en prensa.

(7) Una buena revisión de técnicas de evaluación puede encontrarse en el número de agosto de 1970 de la revista **Regional Studies** (P. Hall, 1971).



sobre subsistemas específicos (Cripps, 1970; Batty, 1969) y técnicas que permitan analizar las desviaciones que se van produciendo en torno a las trayectorias previstas (Milton Keynes, 1970).

2.6. Las decisiones de planeamiento a las que sirven estas técnicas afectan sólo a algunas de las variables posibles, aquellas sobre las que es posible intervenir y que son variables instrumentales. Es decir, aquellas sobre las que una intervención permite controlar con cierta efectividad la dinámica de los procesos urbanos y su evolución estructural. Como el sistema urbano es un sistema cerrado o aislable, los reguladores más importantes de la organización espacial no son procesos que actúan sobre ella exclusiva o prioritariamente, sino sobre la organización social misma.

El control se ejerce dentro del campo de los reguladores conocidos y políticamente posibles. Así, analizando las políticas urbanísticas de varios países y en base a las variables instrumentales que utilizan, Castells establece tres tipos genéricos de intervención: equipamiento, desarrollo y ordenación; que están estrechamente relacionados a la ideología dominante en el momento histórico en que se producen en cada país (Castells, 1971).

Las variables principales que se manipulan a la hora de ejercer la regulación son: la aparición y desaparición de actividades económicas en un área, equipamiento, vivienda, distribución de todas ellas, sistema de transporte, redes de infraestructura, zonas protegidas, controles sobre el uso del suelo (normas y standards), etc. Dentro de estos apartados hay variables que se consideran fundamentales como puede ser, para objetivos de desarrollo, la aparición de empleo básico, y para objetivos de redistribución, el equipamiento y el transporte público. Las decisiones de planeamiento urbano se refieren fundamental-

mente al tipo, localización e intensidad de las actividades sociales, tanto localizadas como relacionales, y tanto en sus aspectos agregados (forma del desarrollo, características estructurales de éste, etc.), como individuales (comportamiento de personas físicas, jurídicas, mensajes, etc.). Como mencionamos en el apartado 2.2, existen unas agrupaciones de campos de decisiones de política urbanística que incluyen desde las variables macroeconómicas (que vienen dadas), pasando por la ordenación del territorio (jerarquías del sistema de ciudades, lugar central, dominación, centro-periferia, etc.) hasta las formas y áreas de desarrollo de las ciudades, en sus características macroestructurales (centralidades, multifuncionalidades, etc.) y microestructurales (la organización de las actividades y espacios a nivel de barrio) (8).

2.7. Si bien, como hemos visto, las técnicas cuantitativas en general tienen aplicación a muchas etapas del planeamiento urbano, sin embargo las técnicas que le son específicas son las que tratan de proveer información a los campos de decisión que acabamos de indicar.

Son los modelos del sistema urbano que reproducen el comportamiento de aquellos procesos considerados significativos para los objetivos peculiares de los planificadores de este sistema. Estos modelos según Boyce son, en general, los que «predicen el tipo, lo-

calización e intensidad relativa de las actividades urbanas». (Boyce, 1969).

Las características de estos modelos suelen ser:

I. Predecir las distribuciones de variables resultantes de propuestas alternativas.

II. Predecir el comportamiento locacional de una actividad concreta en un entorno dado.

III. Predecir el impacto que el cambio de valor de una variable puede producir en la estructura urbana.

IV. Identificar la ordenación óptima de ciertas actividades con arreglo a unos criterios.

2.8. Existen otras técnicas cuantitativas de apoyo, entre las que se encuentran todas las relativas a la codificación, georeferenciación, almacenamiento y recuperación, agregación, presentación y transmisión de datos. Técnicas indispensables para la manipulación de grandes cantidades de información, pero que no consideraremos en esta exposición, para reducir su extensión.

### 3. MODELÍSTICA

3.1. La modelística cubre varias etapas conceptuales y empíricas durante el proceso de operativización de un modelo (Zietoun, 1971; Badiou, 1972; Arias, 1972 c):

I. En primer lugar el investigador procede a la abstracción de la realidad en una serie de proposiciones teóricas que interpretan un fenómeno observado por medio del comportamiento de un conjunto de elementos conocidos. A esta etapa conceptual la llamaremos identificación del sistema o estructura del modelo.

(8) Un enfoque teórico de los campos de decisión puede verse en Friend, 1969, Friend, 1971. Boyce, en 1970, realizó un análisis de varios planes urbanísticos definiendo cuáles eran los campos de decisión más utilizados.

Un trabajo análogo, sobre planes ingleses, del que se deriva mi experiencia concreta sobre el tema, fue: «Urban Design Method», A. A. Research Project, Londres, 1971, realizado conjuntamente con F. Contreras.

II. Las proposiciones constan de partes relacionadas y relacionales. Las primeras son las variables que se traducen a conceptos cuantificables con el fin de realizar ensayos empíricos. Las segundas en cambio se transforman en las funciones que relacionan las variables. La traducción de la estructura del modelo a conceptos cuantificables y funciones, es decir en ecuaciones matemáticas y en métodos de resolución, le llamamos formalización del modelo.

III. La tercera etapa a la que se conoce por calibración, consistente en la estimación de los parámetros y coeficientes de las ecuaciones del modelo, utilizando datos reales, para ajustar su comportamiento al fenómeno real observado que se trata de interpretar o de simular.

IV. Finalmente, para valorar la posible validez de los resultados producidos por el modelo, una vez operativizado, se procede a comprobaciones de: sus resultados para diferentes períodos; su sensibilidad para producir resultados distintos al variar los datos de entrada; la inteligibilidad del significado de cambiar sus calibraciones para hacer predicciones condicionadas, etc., y en general una crítica de su proceso y resultados que permite un conocimiento y evaluación de todos sus pormenores, para poder identificar su campo de maniobras más significativo.

3.2. La *identificación* parte de la existencia de un fenómeno que se quiere interpretar o simular y por lo tanto de una serie de preguntas que se formulan con arreglo a unos objetivos de planeamiento (por ejemplo intervenir en la localización de industrias básicas) y para un uso determinado (por ejemplo evaluar impactos de esa localización).

Las situaciones reales quedan interpretadas en forma de proposiciones teóricas que son respuesta a preguntas concretas formuladas.

En estas proposiciones los elementos reales, que son entidades concretas y complejas (totalidades), figuran como variables que sólo representan algunas de sus dimensiones y aspectos. La identificación de un sistema es por tanto una operación con implicaciones epistemológicas y tomas de postura de carácter ideológico, como puede observarse al analizar las dimensiones que consideramos en el apartado 4.3, al establecer tipologías de modelos.

La identificación se realiza de tal forma que las variables sobre las que queremos intervenir figuran al comienzo de cadenas causales en tanto que las variables de las que queremos comprobar un comportamiento, para la evaluación y toma de decisiones, quedan al final de dichas cadenas. Los elementos reales objeto de abstracción son todos aquellos objetos del planeamiento urbano y los que incidan directamente sobre su comportamiento. Según sea la problemática, el llamado «interés público» y la legislación en cada país y en distintos momentos, el objeto de los modelos será distinto (ver apartado 2.6).

3.3. La *formalización* de las proposiciones teóricas, que se han enunciado en la etapa de identificación, en términos operativos supone nuevas abstracciones que tienen su origen en varias causas. En primer lugar muchas veces no resulta posible utilizar las variables tal y como vienen definidas en las proposiciones por carecer de base de datos para ello. En este caso se utilizan otras variables llamadas «proxy», que son aquellas variables conocidas y disponibles, que más se ajustan al comportamiento de las rechazadas (por ejemplo, interpretar accesibilidad por el «proxy» distancia o en otros casos por el precio del desplazamiento, etc.) Una segunda causa de abstracciones en la formalización corresponde a las dificultades operativas: puede haber proposiciones que impliquen en su for-

malización operaciones excesivamente complejas, una base de datos demasiado amplia, o una precisión excesiva para la fiabilidad de los datos, etc. En todos los casos se acude a la programación de una estructura que simplifique las operaciones y/o la base de datos. Finalmente los modelos complejos, por el hecho de poner en relación muchas proposiciones, tienen que resolver la incidencia de unas sobre otras, lo cual se suele hacer por «feed-backs» en programación dinámica, o estableciendo una estructura recursiva y operando iterativamente en la mayor parte de los casos.

Todo lo anterior puede sintetizarse diciendo que la formalización de los modelos introduce nuevas hipótesis en su estructura al considerar el lenguaje preciso que va a utilizar (variables concretas), las relaciones entre variables, y los métodos de programación con que conformará el modelo como tal. Con arreglo a estas dimensiones expondremos más adelante tipologías de modelos.

3.4. La *calibración* es la operación por la que se determina un conjunto satisfactorio de valores para los parámetros de un modelo. La estimación sistemática, cuando hay más de tres parámetros en un modelo, requiere metodologías complejas que se están investigando (Hyman, 1969) y representan una de las áreas más problemáticas de la modelística.

Los métodos que estiman los parámetros por ajustes gráficos o numéricos a distribuciones conocidas de algún dato (Lowry, 1963), ignoran la estructura y, por tanto, las relaciones que el modelo en cuestión ha establecido entre ellos. El método habitual utilizado por los modelos ingleses de la familia Lowry, ha consistido en seleccionar unos intervalos para cada parámetro, según ajustes a distribuciones conocidas, y tantear todas las combinaciones posibles hasta conseguir el mejor



conjunto de parámetros (Batty, 1971). Otro método utilizado, llamado método del gradiente, es la estimación de valores por métodos sencillos e irlos variando incrementalmente, comprobando los ajustes que producen a distribuciones conocidas hasta que no se consigue ninguna mejora con el último incremento. La operación es compleja y exige gran esfuerzo de ensayo.

La calibración suele encontrar serias dificultades debido a la falta de series temporales, que son necesarias. Esta etapa de la operativización de un modelo es de gran importancia, pues si no se ha realizado sistemáticamente resta al modelo su posible validez teórica, al resultar imposible evaluar sus resultados en función a los parámetros ni analizar, por tanto, posibles cambios de estos en situaciones futuras.

3.5. El último paso en la operativización de un modelo consiste en la *evaluación* de su sensibilidad para conocer la validez de sus resultados en distintos casos y por lo tanto su aplicabilidad.

Los modelos complejos calculan la distribución de varias variables, pero unas son más sensibles que otras a las variaciones en los datos de entrada. En los modelos de maximización de entropía, una distribución especialmente sensible es la longitud de los viajes que genera (Batty, 1970). El ajuste, que debe medirse sobre distribuciones de variables sensitivas, suele medirse por medio del coeficiente de determinación. Medido el ajuste, que es un criterio eminentemente positivista, la aplicabilidad del modelo requiere el análisis de la situación concreta en que se va a utilizar. Por ejemplo, requiere investigar el posible impacto de las políticas que se analizan en el valor de los parámetros durante el período de predicción.

Asimismo, en la Universidad de Cambridge, por ejemplo, se han

realizado una serie de estudios sobre las distintas características de los grupos sociales frente al consumo, el transporte, etc. (Torres, 1970; Anthony, 1971), que han confirmado a sus autores en su intención de desagregar el modelo conceptualmente. Este criterio llevará al equipo modelista a un mayor conocimiento de la estructura de los fenómenos que analiza, a costa de una complejización que dificultará su aplicabilidad.

#### 4. TIPOLOGIAS DE MODELOS

Las tipologías son de interés cuando se plantean con un objetivo. En este caso las queremos utilizar para entender los modelos de desarrollo urbano, dentro del contexto general de lo que se ha dado en llamar modelos en la nueva jerga de las ciencias sociales. Con este fin vamos a limitar las tipologías que expondremos a sólo algunas dimensiones que nos parecen más significativas dentro de la exposición que realizamos. Empezaremos por definir los usos principales de estos modelos a partir de las posibilidades funcionales que hemos especificado en el apartado 2.7. Seguidamente, y pensando concretamente en ellos, expondremos varias tipologías con arreglo a ciertas dimensiones que agruparemos en dos grandes bloques según la identificación que hacen de la realidad y según la formalización en que la expresan.

4.1. Hemos visto que, entre las técnicas cuantitativas, los modelos operativos de desarrollo urbano tienen aplicaciones muy concretas dentro del proceso de planeamiento. Análogamente a como procedimos con las técnicas cuantitativas, analizando sus aplicaciones a las etapas de planeamiento partiendo de las posibilidades fun-

cionales, vamos a analizar ahora los modelos, sus posibles usos en las etapas de simulación, tanto para el diseño y evaluación de alternativas como para post-evaluación de resultados y de posibles impactos que sobre los objetivos pretendidos pueden tener actuaciones específicas.

Como primera tipología práctica tenemos:

I. Simulación de alternativas.

II. Generación de alternativas óptimas.

III. Simulación de impactos de una actuación sectorial sobre el resto del sistema.

IV. Localización óptima de una actividad.

V. Análisis de desviaciones.

Estas aplicaciones, muy específicas y acaso incompletas, nos permitirán limitarnos a exponer aquellas tipologías generales en las que se encuentran encuadrados los modelos a que nos venimos refiriendo.

4.2. Una primera clasificación general de modelos los distribuye en cuatro grupos según que su función sea: describir, predecir, explorar u optimizar. En realidad los modelos meramente descriptivos no tienen una participación operativa en los usos definidos, pero sí en la elaboración y fundamentación teórica de los demás y en la actividad teórica genérica del urbanista. En esta categoría hay modelos tan conocidos como los clásicos de los ecologistas de Chicago (Park, 1967) y el de Christaller o más recientemente el de Castells. Los modelos predictivos son los que obtienen las tendencias de evolución del estado de las variables, como puede ser en forma elemental por medio de una extrapolación y de forma compleja por técnicas proyectivas, como por ejemplo: el «cohort-survival». Muchos de estos modelos permiten

manipular sus parámetros de forma significativa, con lo que se pueden hacer predicciones condicionales. A estos modelos los llamaremos explorativos, pues permiten analizar la evolución de las variables en distintas situaciones. Este tipo resulta especialmente útil a la simulación de distintas alternativas de planeamiento, pues suministra unos valores de las variables que permiten evaluación comparada. Finalmente los modelos de optimación llevan incluida la función de preferencia, ofreciendo una solución única, pero son de muy difícil uso en un sistema de objetivos múltiples y conflictivos como el político. El ejemplo más conocido es la programación lineal (9).

4.3. Según la *identificación* que el modelo hace del sistema urbano se pueden establecer muchas clasificaciones:

4.3.1. **Marxista vs. liberal:** según sea la filosofía social que inspira la abstracción que se hace de la realidad, se identifica a los actores del sistema urbano como individuos libres que actúan en función de valores propios (por ejemplo: Chapin, 1965) o bien como grupos sociales que actúan con arreglo a intereses de clase (Castells, 1971) e individuos que se comportan, a nivel personal, dentro de las limitaciones que tienen socialmente impuestas (Hägerstrand, 1968).

Es decir, la filosofía liberal representa la dinámica urbana como la agregación de comportamientos individuales que se someten a acuerdos, llegando al equilibrio en cada función o en cada subsistema. La filosofía marxista, en cambio, enfoca el fenómeno urbano como resultado de la acción de organizaciones con intereses de cla-

se que, al ser conflictivos, sólo pueden resolverse por aparición de nuevas estructuras.

4.3.2. **Desequilibrio vs. equilibrio:** las estructuras del sistema urbano pueden concebirse con un enfoque dialéctico o estructuralista. Para el primero, los procesos dialécticos provocan la desaparición del sistema del que forman parte, una vez que han actuado los elementos, apareciendo un nuevo sistema con una nueva estructura. Estos modelos suelen ser de tipo descriptivo y derivan de objetivos redistributivos que implican la acción sobre las estructuras existentes. El enfoque estructuralista supone, en cambio, la existencia de unas estructuras estables de carácter sincrónico o diacrónico.

Los modelos operativos del sistema urbano pertenecen a últimas categorías y responden a objetivos funcionalistas que buscan el crecimiento a través del equilibrio estructural. Estos modelos, para usarlos responsablemente, requieren estudiar las condiciones de equilibrio que implican en un contexto concreto.

4.3.3 **Macro vs. micro:** según que las variables consideradas por el modelo sean dimensiones de un agregado o bien de una entidad individual (persona, empresa, etc.), diremos que el enfoque es macro o micro. Existen actualmente modelos formalizados de ambos tipos. Según sea el proceso que se modele, será necesario uno u otro enfoque. En casos de sistemas complejos, el micro-análisis implica manipular grandes cantidades de información, lo que representa problemar en cuanto a su recogida, actualización y tratamiento. Además sus detractores observan que los comportamientos individuales no producen por agregación muchos comportamientos sociales. Sin embargo, la defensa del micro-análisis estima que no se puede decir nada general sobre regularidades agregadas si no se aclara lo que significan en

el nivel micro (Hägerstrand, 1968) (10).

4.3.4. **Deterministas vs. probabilistas:** los modelos identifican proposiciones teóricas según funciones matemáticas que relacionan variables. Las proposiciones, bien por su forma o por la formalización que se hace de ellas, pueden interpretar estas relaciones como deterministas o como probabilistas pasándose de una causa necesariamente a un efecto o bien a varios distintos con diversas probabilidades (11).

4.3.5. **Ámbito:** el objeto de un modelo lo forman las variables que identifica. Son por lo tanto conjuntos de elementos análogos (personas, vehículos, terrenos, etc., representados por algún aspecto) que están implicados, según las proposiciones que se hayan formulado, en el proceso que pretende analizarse. Las primeras aplicaciones de modelos empezaron como intento de control de un objeto aislado, desligado de otros; posteriormente se han concebido modelos que interrelacionan varios objetos, comprendidos en sistemas de mayor amplitud, aumentando así su ámbito de identificación.

El objeto del modelo puede estar formado por variables de uno o varios de los distintos grupos en que vamos a diferenciar el ámbito. Estos grupos son una generalización de aquellos elementos que son objeto de los distintos modelos

(10) El exponente máximo del macro-análisis en los modelos lo presentan, en un enfoque marxista Castells y en un enfoque liberal los modelos de «física social», como el de Lowry. Los investigadores que están desarrollando más el microanálisis como base para la modelística son Chapin y Hägerstrand; este último hace unos estudios de limitaciones del comportamiento, que facilitan inducir los condicionantes sociales que rigen el comportamiento individual

(11) Como ejemplo de modelo determinista puede utilizarse el de Lowry, 1965. Uno de los pocos modelos probabilistas que se han desarrollado es el de Donnelly, 1969.

(9) La programación lineal se viene aplicando al urbanismo desde la década pasada. En las referencias de la nota número 6 pueden verse los ejemplos más conocidos.



formalizados hasta ahora. Los principales son:

- I. Actividades industriales.
- II. Actividades de servicios.
- III. Actividad residencial.
- IV. Comunicaciones y transporte.
- V. Usos del suelo.
- VI. Espacios construidos.
- VII. Infraestructura viaria y de redes.

Analizándolos en dimensiones económicas, sociológicas, geográficas, demográficas, etc. (6).

4.4. Asimismo, según la *formalización* a que los modelos han sometido la teoría en que se basan, se pueden establecer varias tipologías:

4.4.1. **Lenguaje:** los modelos, en general, pueden expresarse por medios materiales o conceptuales (Chorley, 1971). Los primeros son de dos tipos según que reproduzcan la realidad a distinta escala (maquetas, fotos, etc) llamándose «icónicos», o que la simulen por medio de un sistema análogo (por ejemplo: utilizar un conjunto de luces para investigar condiciones acústicas). Los conceptuales pueden ser, asimismo, de dos tipos según que el lenguaje que utilicen sea literal o matemático. Dentro de este último tipo se encuentran los modelos operativos que se pueden aplicar a los usos enunciados en el apartado 4.1.

4.4.2. **Instrumentos:** las relaciones de los modelos matemáticos se expresan utilizando como instrumentos ecuaciones lineales, potenciales, exponenciales, diferenciales, etc. Los modelos (o técnicas) simples pueden constar de una sola ecuación, mientras que los modelos complejos están compuestos por sistemas de ecuacio-

nes, ya que suelen consistir en un método que programa una serie de técnicas elementales o submodelos.

4.4.3. **Programación:** dado que la resolución de estos sistemas de ecuaciones no suele tener solución analítica, se hace preciso el resolverlas por métodos heurísticos. Un método de programación habitual en los modelos de desarrollo urbano es el iterativo de ecuaciones recursivas.

## 5. SINTESIS

A continuación expondremos de forma concisa las ideas principales que hemos desarrollado:

5.1. Ha quedado expuesta la necesidad de que el planeamiento se convierta en una toma continua de decisiones de política urbanística.

5.2. Para ello necesita desarrollar la capacidad técnica de regulación (análisis, diseño y programación) y la capacidad política de control (delimitación de objetivos, participación social, etc.).

5.3. La toma de decisiones implica necesariamente la utilización de modelos de la realidad, y la explicitación de éstos sólo puede mejorar las capacidades antes enunciadas, aun en caso de que sean imperfectas, en cualquiera o en varias de las fases de su elaboración, mas imperfectos y menos superables, críticamente, son los modelos subjetivos.

5.4. Los modelos, por ser abstracciones de relaciones sociales, tienen un contenido ideológico y ofrecen la posibilidad de una prác-

tica teórica. Así ha quedado reflejado en varios puntos que hemos expuesto:

I. La realidad de las relaciones sociales aparece en los modelos unido a las prácticas ideológicas que las interpretan.

II. Los modelos urbanos manipulan aspectos de la reproducción de medios de producción, como el empleo, transporte, etc.

III. Los modelos funcionalistas conducen a optimaciones independientes de las contradicciones sociales y tienden tan sólo a aliviar disfunciones reales, manteniendo el llamado «equilibrio» existente.

5.5. Las técnicas que analizamos están desarrolladas sólo a nivel embrionario, por lo que sólo son posibles aplicaciones significativas bastante elementales. La aplicación a casos concretos de planeamiento, actualmente, es compleja. Sin embargo, en un futuro próximo, se puede prever un desarrollo metodológico importante.

5.6. La dimensión política de los modelos y la posición del urbanista como mediador de intereses, le sitúan ante la necesidad de analizar constantemente el sentido de los modelos que utiliza, en las situaciones reales que analiza, especialmente si no los ha desarrollado él mismo y son productos elaborados en otro contexto. Tanto los modelos funcionales como los dialécticos son necesarios, pero la aplicación de cualquier tipo a una problemática concreta propia del otro, es ideológica. Este comentario es válido, análogamente, para otras tipologías expuestas.

El valor de los modelos ha quedado resaltado y limitado por la necesidad de una utilización no alineante, es decir una utilización por la que los grupos sociales tengan la posibilidad de conocer y participar en los procesos, en este caso, urbanos.

## BIBLIOGRAFIA

- F. Arias (1971): «Consideraciones sociopolíticas sobre el urbanismo actual». **Novatecnia**, núm. 3, Barcelona.
- F. Arias y F. Contreras (1972a): «La estrategia del SE y los planes de estructuras ingleses». Seminario de COPLACO, multicopia, Madrid.
- F. Arias (1972b): «Hacia un control del sistema urbano». **Ciudad y Territorio**, núm. 2, págs. 19–21, Madrid.
- F. Arias (1972c): «Modelos matemáticos en el planeamiento urbano». **Novatecnia**, núms. 5 y 6, Barcelona.
- J. Anthony (1970): «The effect of income and socio-economic group on housing choice». LUBFS, WP 51, Cambridge.
- A. Badiou (1972): «El concepto de modelo». Siglo XXI, Madrid.
- G. Bardet (1959): «El Urbanismo», EUDEBA, Buenos Aires.
- M. Batty (1969): «The impact of a new town», **J. of the Town Planning Institute**, núm. 10, págs. 428–35, London.
- M. Batty (1970): «Recent development in Land Use modelling in Britain». Multicopia, Systems Research Unit, Cambridge.
- M. Batty (1971): «Some problems of calibrating the Lowry model». **Environment and Planning**, núm. 1, págs. 95–114, London.
- R. A. Bauer (1966): «Social Indicators». MIT Press, Massachusetts.
- D. E. Boyce (1969): «The role of Urban development models in the plan-making process», en D.C. Swett (1969).
- D. E. Boyce, N. Dat, C. Mc Donald (1970): «Metropolitan Plan-Making». Regional Science Research Institute, Monograph Series núm. 4, Philadelphia.
- D. E. Boyce (1972): «The Metropolitan Plan-Making Process: its theory and practical complexities». En A. G. Wilson (1971).
- M. Castells (1971): «Problemas de investigación en sociología urbana». Siglo XXI, Madrid.
- A. J. Catanese, A. W. Steiss (1970): «Systemic planning: Theory and application». Heath Lexington Books, Massachusetts.
- M. Cordey-Hayes, D. B. Massey y otros (1970): «An operational urban development model of Cheshire», CES, WP 64, London.
- E. L. Cripps (1970): «The urbanization effects of a third London Airport». **Environment and Planning**, núm. 2, págs. 153–191, London.
- G. Chadwick (1971): «A systems view of planning», Pergamon Press, London.
- F. S. Chapin (1965): «Urban Land Use Planning», Univ. of Illinois Press, Urbana.
- R. J. Chorley, P. Haggett (1971): «La geografía y los modelos socio-económicos». Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid.
- P. Cowan, ed. (1970): «Developing patterns of urbanization». Oliver & Boyd, Edimburgo.
- T. G. Donnelly, F. S. Chapin y W. Kindsay (1969): «A probabilistic model of residential growth». Institute for Research in Social Sciences, Chapel Hill.
- J. W. Dyckman (1961). «Planning and Decision Theory». **J. of the American Institute of Planners**, págs. 335–45.
- M. Echenique, D. Crowter y W. Lindsay (1969): «A spatial model of urban stock and activity», **Regional Studies**, núm. 3, págs. 281–312.
- J. Friend y W. Jessop (1969): «Local Government and Strategic Choice», Tavistock, Londres.
- J. Friend y otros (1971): «The LOGIMP experiment». CES IP 25, Londres.
- W. I. Goodman (1968): «Principles and practice of Urban Planning». International City Managers Association, Washington.
- T. Hagerstrand (1968): «Methods and new techniques in current urban and regional science in Sweden». **Plan**, núm. 22.
- P. Hall, ed. (1969): «Urban and Regional Models in British Planning Research». **Regional Studies**, núm. 3, London.
- P. Hall, ed. (1970): «Evaluation methods in Urban and regional Planning», **Regional Studies**, núm. 2, London.
- B. Harris, ed. (1965): «Urban development models: new for planning». **J. of the American Institute of Planners**, núm. 3.
- D. Harvey (1969): «Explanation in Geography», Edward Arnold, London.
- G. C. Hemmens (1968): «Urban development models», Special Report 97, Highway Research Board, Washington.
- J. G. M. Hilhorst (1971): «Regional planning: a systems approach». Rotterdam University Press.
- G. M. Hyman (1969): «The calibration of trip distribution models», **Environment and Planning**, núm. 1, págs. 105–112.
- M. Kilbridge y otros (1969): «A conceptual framework for urban planning models», **Management Science**, núm. 6, págs. B-246–66.
- D. B. Lee (1968): «Models and techniques for Urban Planning». Cornell University, New York.
- D. B. Lee (1972): «Requiem for Large scale models». Institute of Urban and Regional Development, Berkeley, California.
- I. Lowry (1963): «Location parameters in the Pittsburgh model». **Papers and proceedings of the Regional Science Association**, págs. 145–65.
- I. Lowry (1965): «A model of Metropolis», RAND Corporation, Sta. Mónica.
- I. Lowry (1968): «Seven models of Urban development», en G. C. Hemmens (1968).
- J. B. Mc Loughlin (1972): «Planeamiento urbano y regional: un enfoque de sistemas». Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid.
- J. B. Mc Loughlin (1972): «Hacia un control del sistema urbano». **Ciudad y Territorio**, núm. 2, págs. 6–11.
- P. Merlin (1969): «Modèles d'urbanisation», **Cahiers de l'IAURP**, vol. 11.
- M. Meyerson y E. Banfield (1955): «Politics, Planning and the Public Interest». Free Press, Glencoe, Illinois.
- Milton Keynes Dev. Corp. (1970): «Monitoring and Evaluation», en «The Plan for Milton Keynes».
- Min. Housing and Local Government (1970): «Development plans: a manual of form and content», HMSO, London.
- R. E. Park y E. W. Burgess (1967): «The City». Univ. of Chicago Press, Chicago.
- Planning Advisory Group (1965): «The future of Development Plans». HMSO, London.
- D. C. Swett, ed. (1972): «Models of Urban Structure». Lexington Books, Heath & Co, Massachusetts.
- H. Torres (1970): «Accesibility and residential location», LUBFS, WP 38, Cambridge.
- Town and Country Planning Act (1968), HMSO, London.
- A. G. Wilson (1970): «Forecasting Planning», en P. Cowan (1970).
- A. G. Wilson, ed. (1971): «Urban and Regional Planning», Pion, London.
- M. Weber y otros (1970): «Indagaciones sobre la estructura urbana». G. Gili, Barcelona.
- J. Zietoun (1971): «Modèles en Urbanisme». Centre de Recherche d'Urbanisme, París.