

Tomás DE LA BARRA

LOCALIZACIÓN DE ACTIVIDADES Y EL MERCADO INMOBILIARIO

RESUMEN

En este artículo se presenta una propuesta teórica y un modelo específico para explicar la localización de actividades y el funcionamiento del mercado inmobiliario en el contexto de áreas urbanas y metropolitanas. Primero se describen los conceptos teóricos básicos en los que se funda el modelo, haciendo énfasis en las relaciones e interacciones económicas que se generan entre actividades en el espacio. Luego se introduce el concepto de consumos sustitutivos para explicar la demanda de espacio. La localización de actividades representa el sector demanda en el mercado inmobiliario, mientras que diversas formas de promotores inmobiliarios representan la oferta. La oferta inmobiliaria incluye a promotores privados, gobierno y la construcción informal. La interacción entre la demanda y la oferta se equilibra con un conjunto de precios o rentas inmobiliarias, relaciones que se dan tanto en los mercados formales como en los informales. Los componentes de oferta del mercado inmobiliario tienen sus propias reglas que guían su comportamiento, es decir, la forma, cantidad y localización de nueva oferta. Para explicar el comportamiento de la oferta inmobiliaria se introduce el concepto de funciones de transformación.

La investigación concluye con una descripción resumida de múltiples casos en los que el modelo propuesto ha sido puesto en práctica en áreas urbanas y metropolitanas de diversos contextos socioeconómicos. Se hace cierto énfasis en la capacidad del modelo de predecir el comportamiento de los sectores marginales, tanto demanda como oferta, y su relación con los demás sectores y el sistema de transporte.

ABSTRACT

This article presents a theoretical proposal and a specific model to explain the activities, location and real estate market behavior in urban and metropolitan areas. First, the basic theoretical concepts that give support to the model are described, emphasizing the economic relations and interactions among activities that have their origin in the space. Then, the consumption substitution concept is introduced to explain space demand. Activity's location represents the demand side in the real estate market, while a variety of real estate promoters represent the supply side. This real estate supply includes private promoters, government and construction in areas without building controls. The interaction between supply and demand clears the market for a set of prices or real estate rents, relations that are common for formal and informal markets. The supply components of the real estate market have their own rules that determine its behavior, in terms of shape, quantity and location of the new supply. To explain the behavior of the real estate supply, the transformation function concept is introduced.

The study concludes with a summary of a number of cases where the proposed model has been applied for urban and metropolitan areas in different socioeconomic contexts. Emphasis is given to the model's accuracy in predicting the behavior of the marginal sectors, in both the demand and supply, and its relation with the remaining sectors and the transport system.

Palabras clave

Localización. Usos del suelo. Mercado inmobiliario. Renta del suelo. Modelos de decisiones discretas.

Key-words

Location. Land uses. Real estate market. Land rent. Discrete choice models.

Recibido: febrero-02

Aceptado: julio-02

1/ INTRODUCCIÓN

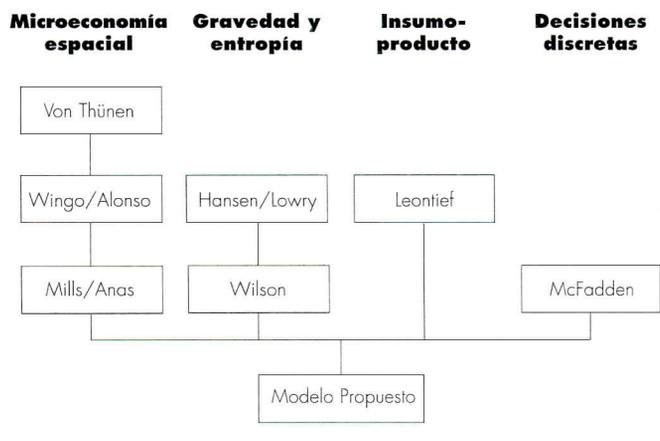
En este artículo se describe una teoría y un modelo para explicar la forma en que se localizan las actividades en un área urbana o metropolitana, el consumo de espacio construido y suelo, la formación de renta inmobiliaria, y el comportamiento de la oferta de espacio. Este modelo ha sido desarrollado y aplicado a lo largo de varios años por el autor y sus colegas¹. Versiones anteriores de estas propuestas fueron publicadas en de la Barra (1979, 1989). Luego de dos décadas, este modelo se ha transformado en el de mayor número de aplicaciones a nivel mundial y en la mayor variedad de contextos. Como no se había publicado material desde 1989, este artículo pretende actualizar la información tanto de los desarrollos teóricos como las aplicaciones prácticas.

Desde el punto de vista teórico, hace muchas décadas que se vienen realizando esfuerzos por desarrollar modelos de localización de actividades y usos del suelo relacionados con el sistema de transporte. Las ventajas de desarrollar una teoría y modelos de estas características son evidentes. En la medida en que podamos entender la ciudad (teoría) y podamos desarrollar herramientas analíticas (modelos), estaremos en buenas condiciones para elaborar y evaluar planes y proyectos de inversión para mejorar la calidad de vida de la población urbana.

El modelo que aquí se propone aquí combina varias líneas de investigación, tal como se presenta en la figura 1. Las primeras propuestas teóricas para explicar la localización de actividades y la formación de renta se remontan al siglo XIX con el importante trabajo de Von Thünen (1826). La línea de desarrollo de este tipo de modelos, que muchas veces se denominan de equilibrio general o microeconomía espacial, se prolongó hasta décadas recientes con los trabajos de Alonso (1964), Wingo (1961), Mills (1969) y Anas (1982).

¹/ Se reconocen y agradecen las contribuciones de Beatriz Pérez y Juancarlo Añez

FIGURA 1
LINEAS DE INVESTIGACIÓN EN MODELOS DE LOCALIZACIÓN DE ACTIVIDADES Y USOS DEL SUELO



Una segunda línea teórica, la constituyen los modelos de gravedad y entropía que representan un enfoque muy diferente a los microeconómicos. Los trabajos más destacados aquí son los de Hansen (1959), Lowry (1964) y Wilson (1970). Este último es especialmente importante por ser el primer autor que propuso un sistema de modelos integrado de localización de actividades y transporte.

Las otras dos líneas de investigación que se presentan en el diagrama no están directamente relacionadas con la localización de actividades y el mercado inmobiliario, pero aportaron elementos importantes para la propuesta que presentamos. El modelo de insumo-producto desarrollado por Leontief (1941) incluye un sistema de contabilidad y formación de precios que es utilizado en la propuesta. De manera similar, el modelo de decisiones discretas propuesto por McFadden (1975) constituye el elemento central en la estructura de modelación desarrollada.

La sección siguiente presenta una descripción conceptual del modelo propuesto. Primero muestra los conceptos básicos relacionados con la localización e interacción entre las actividades. Una vez que las actividades se han localizado en el espacio, la etapa posterior trata la demanda de

espacio, así sean que espacios construidos o suelo de diferentes tipos y categorías. En una sección siguiente se trata la interacción entre demanda y oferta de espacio, de cuyo equilibrio surge la renta inmobiliaria. Finalmente, se muestra cómo los valores de renta influyen sobre el comportamiento de los promotores inmobiliarios, quienes se encargan de introducir nuevos espacios en respuesta a cambios en la localización de actividades. Si bien este artículo no trata explícitamente el sistema de transporte, éste está presente en todo momento de manera implícita.

Luego de la descripción conceptual del modelo se presenta un resumen de las múltiples aplicaciones que se han realizado sobre casos específicos. Muchos de ellos han sido realizados en América Latina, pero se describen también, algunas aplicaciones en los Estados Unidos y en Europa.

El artículo concluye con una síntesis de las conclusiones que se pueden extraer de la experiencia realizada. También se señalan los puntos que, en opinión del autor, deben tener prioridad en las investigaciones futuras sobre el tema.

■ 2/ DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL DEL MODELO

En esta sección se presentan los conceptos básicos que conforman la teoría de localización de actividades, usos del suelo y el sistema inmobiliario. Primero, se describe el sistema general con base en la definición de una serie de *procesos* relacionados entre sí en el tiempo. Luego se describe detalladamente a cada uno de estos procesos.

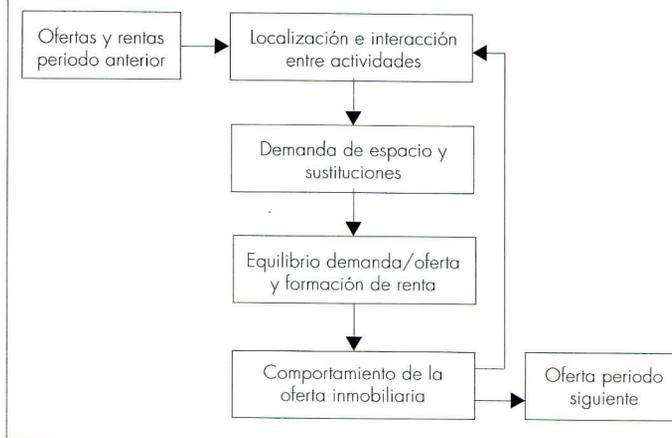
2.1 Procesos en el sistema de actividades y espacio

Los principales procesos que forman parte del sistema urbano se muestran en la figura 2 y se describen más adelante. Se supone que estos procesos ocurren simultáneamente y que la dimensión temporal ha sido discretizada en períodos $t+1$, $t+2$, etc. Hay, por lo tanto, un período *presente*, un período *anterior* y un período *siguiente*.

Los procesos que se describen son los siguientes:

□ *Localización e interacción entre actividades*. Las actividades (empleo, población, etc.) interactúan entre sí para generar los intercambios económicos necesarios para realizar la producción. En este proceso las

FIGURA 2
PROCESOS EN EL SISTEMA URBANO



actividades se localizan en áreas que optimizan las posibilidades de intercambio y que a la vez maximizan la utilidad de localización. En otras palabras, las actividades elegirán localizaciones que combinen buena accesibilidad a las demás actividades con las cuales se relacionan económicamente, y que a la vez les permitan consumir espacio construido y suelo en cantidades, tipos y precios que mejor satisfagan sus necesidades.

□ *Demanda de espacio y sustituciones*. Dada una localización, las actividades escogen los tipos y cantidades de espacio para intentar maximizar su utilidad. En este proceso se combinan *funciones de demanda elásticas* con respecto al precio o renta, con preferencias y restricciones presupuestarias, en lo que se ha denominado *consumos sustitutos*.

□ *Equilibrio demanda/oferta y formación de renta*. La localización de actividades combinada con los consumos de espacio resultan en ciertas cantidades de espacio consumidas por tipo de espacio y localización. En cada período estas cantidades demandadas deben ser igual a las ofertadas. Si hay diferencias, se utilizan los precios o renta del espacio como elemento generador del equilibrio. Con ello, el precio del espacio pasa a ser *renta de escasez*.

□ *Comportamiento de la oferta inmobiliaria.* En el proceso anterior se supuso una demanda elástica con una oferta rígida. En este proceso se explica el comportamiento de la oferta al cambiar las condiciones de equilibrio. Si en una determinada zona la demanda por espacio de un determinado tipo se incrementa, los precios de equilibrio aumentarán. Esto incentiva a los promotores inmobiliarios a incrementar la oferta mediante la introducción al mercado de espacio adicional. Los oferentes pueden incrementar la oferta si existe el espacio suficiente y las regulaciones urbanísticas lo permiten. La oferta también puede sustituir un tipo de espacio por otro, como por ejemplo, demoler viviendas unifamiliares y reemplazarlas por edificios de apartamentos o centros comerciales. Estas relaciones se expresan a través de *funciones de transformación*.

Estos procesos, que se reseñan específicamente más adelante, ocurren de manera simultánea en la realidad, y por lo tanto deben resolverse de manera iterativa en el modelo, tal como se muestra en la Figura 2. Para describir el estado actual del sistema se toma como punto de partida la oferta inmobiliaria y los precios correspondientes del período anterior. Basándose en estos precios y cantidades ofrecidas se representan los procesos de localización e interacción entre actividades y la demanda sustitutiva de espacio. Luego se entra al equilibrio demanda/oferta y se ajustan los precios iniciales a nuevos niveles. Si los precios han subido respecto al período anterior, la oferta puede incrementar o transformar el stock disponible de espacio construido y suelo. Los nuevos precios y la nueva oferta establecen nuevas condiciones para la localización e interacción entre actividades, iniciando así un nuevo ciclo iterativo.

En el nuevo ciclo la localización e interacción entre actividades cambia como resultado de los cambios en los precios y las cantidades de la oferta inmobiliaria. Similarmente, las cantidades y tipos de suelo y edificaciones cambian al cambiar la oferta y los precios. Al volver a verificar el equilibrio demanda/oferta puede que aún no se equilibren las condiciones, lo cual incitará nuevos cambios en la oferta inmobiliaria.

El proceso cíclico continúa hasta que finalmente se equilibra la demanda con la oferta. Los precios y cantidades ofertadas en el sector inmobiliario que lograron este equilibrio pasan a ser condiciones iniciales para el período siguiente.

Estos son, a grandes rasgos, los procesos que explican la formación y desarrollo de las ciudades. Sobre esta base considerablemente simple, se puede desarrollar un sinnúmero de procesos mucho más detallados y ricos en connotaciones económicas, sociales, espaciales y ambientales. En las secciones siguientes se describe en mayor detalle cada uno de los procesos señalados. Antes de hacer esto, sin embargo, se presentará una breve reseña del modelo de decisiones discretas, que es el bloque fundamental sobre el cual se construyen los demás componentes.

2.2 Modelos de decisiones discretas

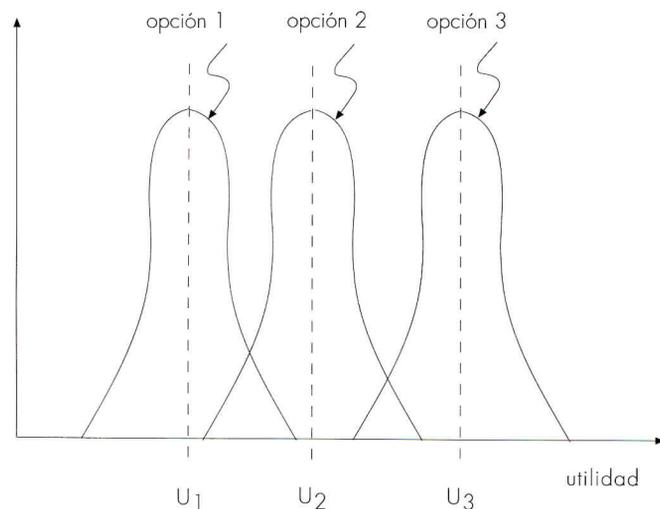
Los modelos de decisiones discretas (*discrete choice*) y su subyacente teoría de utilidad aleatoria fueron desarrollados originalmente por la rama de matemática de la psicología y posteriormente introducidos al área de transporte y procesos urbanos en general por McFadden (1975). Este modelo y su metodología de estimación estadística han tenido un gran número de aplicaciones en diversas ramas del conocimiento social, y se encuentran ampliamente documentados en la literatura.

La teoría explica los procesos sociales como una elección. Supone que una población de individuos, familias o empresas deben escoger entre diversas opciones disponibles. Por ejemplo, las familias deben elegir el lugar de residencia, las personas deben elegir el modo de transporte para realizar los viajes, las empresas deben seleccionar el tipo de transporte para sus mercancías y la ubicación y tamaño de sus instalaciones. De esta manera se pueden representar una multiplicidad de fenómenos económicos y espaciales.

Considérese, como ejemplo, una población de decidores que debe escoger entre tres opciones discretas, tal como se presenta esquemáticamente en la figura 3. De cada opción la población percibe una determinada utilidad, que sería el beneficio que percibiría de una opción determinada si consumiera esa opción. En principio, la población escogerá la opción que le brinde la mayor utilidad.

Sin embargo, como la población de decidores está compuesta por individuos que son diferentes entre sí, no todos perciben la misma utilidad de cada opción. Así, por ejemplo, no todos perciben una utilidad u_j de la *opción 1*. El valor de u_j es, más bien, una utilidad media en torno a la cual se

FIGURA 3
PERCEPCIÓN DE UTILIDAD ANTE OPCIONES DISCRETAS



dispersan los individuos miembros de la población: algunos percibirán más y otros percibirán menos. Las curvas del diagrama señalan cómo se distribuye la percepción de la utilidad para cada opción.

El resultado será que la población de decidores se distribuirá probabilísticamente entre las opciones, ya que no todos estarán de acuerdo acerca de cuál de las opciones será la mejor. En el ejemplo, la opción 3 parece ser la mejor, ya que la media u_3 está más a la derecha y por lo tanto, tiene más utilidad. Para estimar la probabilidad de elección de cada opción, se debe derivar un modelo que tome en cuenta la utilidad media de cada opción, y el grado de dispersión de la curva respecto de la media. Además, se debe adoptar una hipótesis acerca de la forma matemática de la curva de distribución, para poder derivar así un modelo probabilístico específico.

La utilidad media de cada opción puede medirse en la realidad, y el grado de dispersión puede estimarse por métodos estadísticos bien establecidos.

Lo que se presta especialmente para el debate es la elección de la forma matemática que debe tener la curva, lo cual debe estar condicionado por las propiedades estadísticas del modelo resultante.

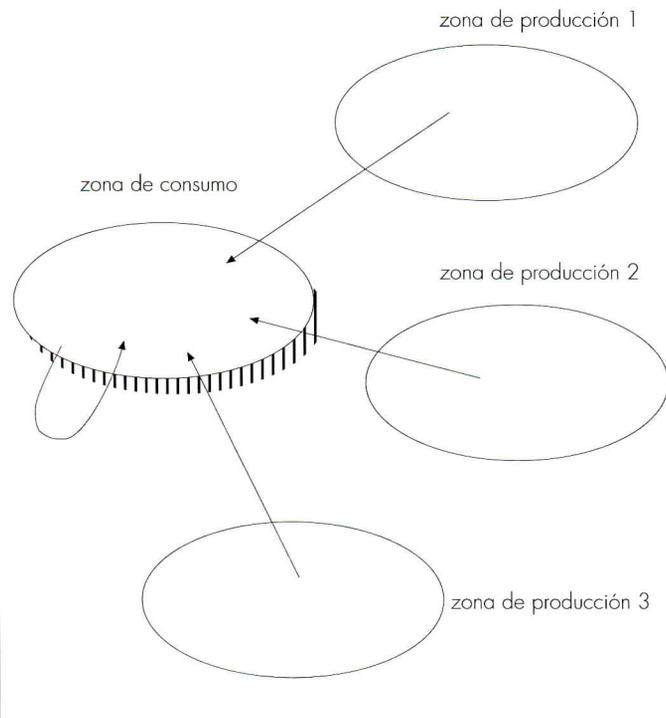
McFadden (1975) analizó dos curvas específicas: la normal y la Gumbel, de las cuales se deriva el modelo probit y el logit respectivamente. De la comparación el autor concluyó que el modelo logit es el más apropiado, no sólo por sus superiores propiedades estadísticas, sino también por la facilidad de calibración, especialmente cuando se trata de un gran número de opciones. De hecho, el modelo logit es claramente el más utilizado en la práctica, aunque el modelo probit cuenta también con muchos defensores en el campo teórico.

A pesar de la abundante experiencia práctica, el modelo logit tiene una serie de propiedades que se pueden concebir como 'indeseables' desde el punto de vista económico. Williams (1977) es uno de los primeros autores en ahondar en la interpretación económica del logit. En de la Barra (1998) se plantean los problemas de la interpretación económica del modelo y se propone una forma 'mejorada' del logit original. Recientemente Gálvez (2002) resuelve los problemas de la interpretación económica al señalar o recordar que Gumbel propuso dos formas para la distribución. La primera, de forma logística, conduce al conocido modelo logit y es el que adolece de problemas en cuanto a su interpretación económica. La segunda, de forma potencial, conduce a un modelo que Gálvez denomina *powit* y demuestra que resuelve los problemas de la interpretación económica.

Un aspecto importante del modelo de decisiones discretas es que del modelo probabilístico que se adopte se deriva una forma de estimar el *costo compuesto*. Este representa la percepción conjunta de la utilidad por la población decisora una vez que se han distribuido entre las opciones. Williams (1977) profundiza este tema y señala su importancia para la evaluación económica. La forma de estimar el costo compuesto en el modelo logit se conoce como *logsum*, ampliamente divulgado en la literatura, y existen formas equivalentes para el probit, para el logit mejorado y para el *powit*.

Para efectos de este artículo, no se profundizará más en este tema. En su lugar se adoptará una notación en que la probabilidad de elección de una

FIGURA 4
RELACIONES ESPACIALES DE PRODUCCIÓN Y CONSUMO



opción discreta estará dada por una función que puede ser probit, logit o powit, la cual se denominará genéricamente $DC(\text{utilidad})$ para señalar que hay un modelo específico de decisiones discretas (*discrete choice*) que es función de una serie de atributos de las opciones representadas en una función de utilidad. El costo compuesto que se deriva del modelo DC se denominará como $CC(\text{utilidad})$.

2.3 Localización e interacción entre actividades

En este primer proceso se describe la forma en que las actividades interactúan entre sí y se localizan en el espacio urbano. El principio central es una combinación entre las relaciones de producción y consumo del modelo de insumo-producto, con los procedimientos de elecciones discretas. Este principio se describe de manera gráfica en la figura 4.

En la figura 4 se presenta el caso de una demanda localizada en una zona determinada en el espacio, la cual se denomina como *zona de consumo*. Considérese como ejemplo una zona industrial que requiere mano de obra. La demanda o consumo de mano de obra puede ser satisfecha por varias zonas residenciales que la 'producen'. En el ejemplo de la figura 4 hay cuatro opciones o *zonas de producción*, incluida la propia zona de consumo (puede haber residentes contiguos a la zona industrial). El problema es estimar cuál es la distribución espacial de la producción desde la zona de consumo.

Esto se puede estimar con un modelo de decisiones discretas en el que la función de utilidad puede estar compuesta por dos elementos: el costo de localización de la producción en la zona de producción, y el costo de transporte desde la zona de producción a la zona de consumo. Si se denota como i a la zona de consumo y j a las zonas de producción, entonces:

$$Pr_{ij} = \frac{DC(U_{ij})}{\sum_{j=1}^N DC(U_{ij})} \quad (\text{Ecuación 1})$$

en donde:

Pr_{ij} = Probabilidad que el consumo en la zona i sea satisfecho por producción en j

U_{ij} = Función de utilidad entre la zona de consumo y la de producción

N = número de opciones (zonas de producción, es decir 4 en el ejemplo)

A su vez:

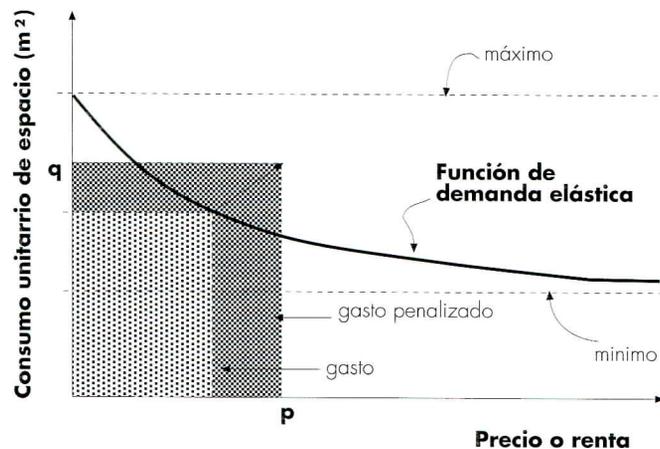
$$U_{ij} = f(CL_j, t_{ij}) \quad (\text{Ecuación 2})$$

En donde:

CL_j = costo de localización de la producción en j

t_{ij} = costo de transporte desde la zona de producción a la de consumo

FIGURA 5
CONSUMO ELÁSTICO DE ESPACIO Y GASTO



Retomando el ejemplo anterior, la probabilidad que los empleos en la zona industrial provengan de residentes de una zona específica del total de cuatro zonas residenciales estará determinada por el costo de localización y el costo de transporte. El costo de localización podrá estar compuesto por la renta inmobiliaria y los servicios que los residentes deben consumir en cada zona. Por otra parte, zonas más cercanas al consumo de empleo tendrán una probabilidad mayor de atender la demanda, ya que tendrán menores costos de transporte.

El procedimiento descrito se repite para cada una de las zonas de consumo, distribuyendo la producción de acuerdo a las probabilidades señaladas. En el ejemplo, esto equivale a localizar población desde los lugares de empleo. Luego se revisan las demás relaciones funcionales en la economía de la región. Así, por ejemplo, la población pasa a ser sector de consumo demandando servicios, educación, comercio, insumos que deberán ser atendidos por las respectivas zonas de producción.

2.4 Demanda de espacio, sustituciones y utilidad de consumo

En el proceso siguiente se supone que las actividades ya están localizadas. Se estima la cantidad de espacio por tipo que consumirán en cada

localización y la utilidad que perciben, o el costo de localización que se mencionó en la sección anterior.

El primer aspecto que debe considerarse es la cantidad de espacio que las actividades están dispuestas a consumir. Cuando se habla de espacio puede ser tanto suelo como espacio edificado. La hipótesis es que las actividades presentan consumos de espacio elásticos respecto al precio o renta inmobiliaria. Mientras más alto es el precio por m^2 de un determinado tipo de espacio, menor será el consumo. Esto explica por qué las zonas más caras de una ciudad presentan las mayores densidades.

Esta relación de consumo elástico se presenta en la figura 5, en donde, además, la función de demanda está enmarcada entre un consumo máximo y un consumo mínimo. Esto supone que las actividades están dispuestas a incrementar su consumo de espacio, hasta una cierta cantidad (de allí para adelante, ni regalado), y por otra parte, si el precio o renta sube demasiado las actividades tratarán de reducir el consumo pero no pueden hacerlo por debajo de un mínimo. Esta relación supone también que hay una utilidad positiva del espacio, es decir, que mientras más se consume, mejor.

En la figura 5, a un precio p las actividades están dispuestas a consumir una cantidad q . Si se multiplica el precio por la cantidad de espacio consumida ($p \times q$), se obtiene el *gasto*, que está representado por el área sombreada en la figura.

La situación sería la descrita si en la zona que se está analizando las actividades tuvieran un sólo tipo de espacio para consumir. La figura 5 representa un determinado tipo de actividad consumiendo un determinado tipo de suelo. En realidad, en una zona de la ciudad pueden haber muchos tipos de actividades, tales como residentes de diferentes estratos socioeconómicos, industrias, comercios, oficinas, etc., así como pueden haber diversos tipos de espacio, como suelo residencial de baja densidad, alta densidad, suelo comercial, industrial, y muchos otros.

En la figura 6 se presenta un ejemplo en el cual, en una zona determinada, hay dos tipos de suelo: baja y alta densidad, y hay un tipo de actividad que puede consumir cualquiera de los dos tipos con las funciones elásticas que

se indican. Supongamos que la renta del suelo de baja densidad es p_1 , tal que la actividad consumirá una cantidad q_1 . De manera similar, el precio del suelo de alta densidad es p_2 (más caro) y la actividad consumirá q_2 . En el caso del suelo de baja densidad gastará $p_1 \times q_1$, mientras que si consume suelo de alta densidad el gasto será $p_2 \times q_2$. Como puede verse en el ejemplo, puede ocurrir perfectamente que aún si $p_2 > p_1$, el gasto $(p_1 \times q_1) > (p_2 \times q_2)$. Por simplicidad se define al gasto como $g = p \times q$.

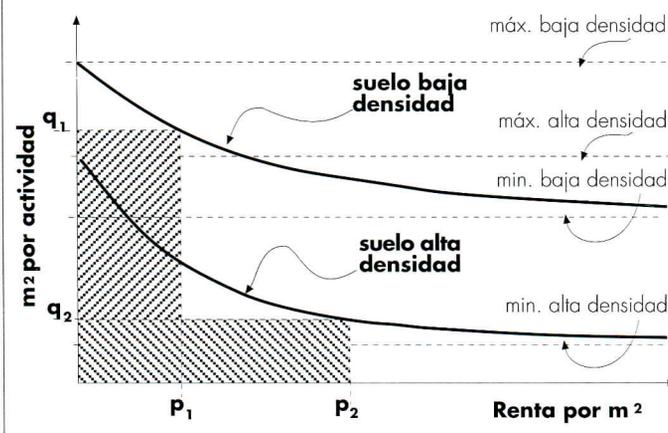
Para estimar la probabilidad de elección entre los tipos de suelo disponibles en una zona (dos en el ejemplo), se aplica el modelo de decisiones discretas de la siguiente forma:

$$Pr_m = \frac{DC(g_m)}{\sum_{n=1}^N DC(g_n)} \quad (\text{Ecuación 3})$$

En donde Pr_m es la probabilidad de elegir un espacio tipo m , g_m es el gasto asociado a ese tipo de suelo, y N es el número de tipos de espacio disponible. El resultado es que la actividad consumirá de cada tipo de espacio una cantidad determinada en función de las probabilidades. En el ejemplo, habrá un consumo tanto de suelo de alta como de baja densidad, en mayor grado de alta densidad por ser el tipo de suelo de menor gasto. Cuando una actividad puede consumir de uno u otro tipo de espacio se denominan *consumos sustitutos*.

Hasta ahora se ha supuesto que la actividad consumidora es indiferente al tipo de suelo que va a consumir, ya que la decisión sólo está condicionada por el gasto. Además, se ha supuesto que hay una sola actividad consumidora. En la realidad habrá varios tipos de actividad y cada actividad mostrará determinadas preferencias por determinados tipos de suelo. Supongamos que ahora hay dos tipos de actividad que compiten por los dos tipos de suelo en una zona determinada, por ejemplo, población de estratos bajos y altos. En muchas ciudades los estratos altos muestran preferencias por el suelo de baja densidad, porque les permite vivir en casas con jardín de buen tamaño. Los estratos bajos suelen mostrar una preferencia por suelos de alta densidad, porque son más sensibles al gasto, y porque no pueden afrontar el mayor costo de mantenimiento de una vivienda grande con jardín.

FIGURA 6
EJEMPLO DE CONSUMOS SUSTITUTIVOS DE DOS TIPOS DE SUELO



Para representar estas preferencias diferentes que relacionan las actividades con los tipos de espacio que consumen, basta con multiplicar el gasto por un factor de penalización. El gasto penalizado se representa en la figura 5 como un rectángulo ampliado respecto al gasto original. El modelo probabilístico queda, entonces, de la siguiente forma:

$$Pr_m^k = \frac{DC(g_m^k w_m^k)}{\sum_{n=1}^N DC(g_n^k w_n^k)} \quad (\text{Ecuación 4})$$

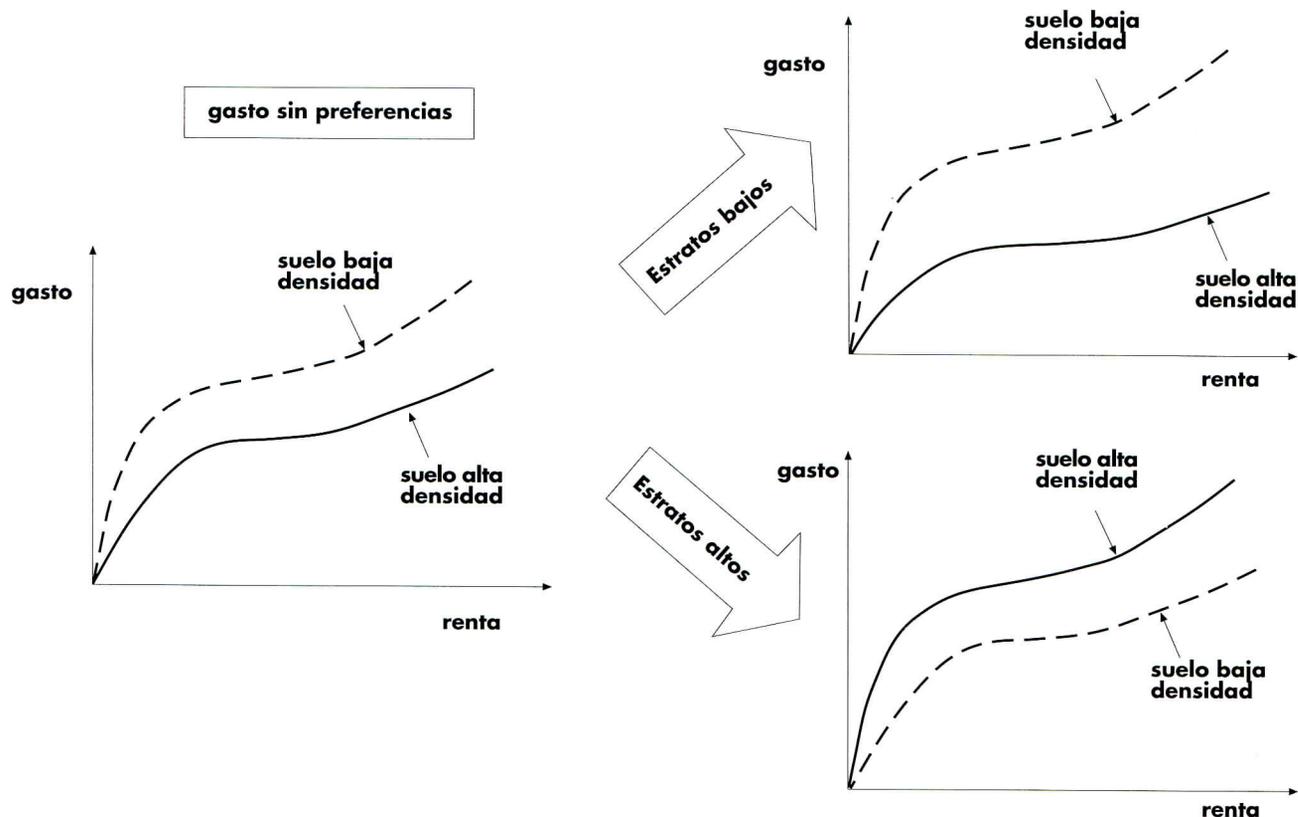
En donde:

Pr_m^k probabilidad que la actividad tipo k elija un espacio tipo m

g_m^k gasto en que incurre la actividad k si consume el espacio tipo m

w_m^k factor de penalización que multiplica el gasto para representar las preferencias de la actividad tipo k respecto a espacios tipo m

FIGURA 7
FUNCIONES DE GASTO SIN Y CON PREFERENCIAS



Nótese que el gasto depende tanto del tipo de actividad como del tipo de espacio, ya que las funciones de demanda respectivas serán diferentes. Así, por ejemplo, los estratos bajos tendrán consumos mínimos y máximos más bajos y en general mayor elasticidad que los estratos altos.

La figura 7 presenta gráficamente lo que ocurre al introducir varios tipos de actividades y sus preferencias respectivas. A la izquierda se muestra el ejemplo que se ha venido desarrollando sin preferencias, presentando las

funciones de gasto sin preferencias para el suelo de alta y baja densidad. Por simplicidad se supone que la función de demanda, y por lo tanto, de gasto, son iguales para los dos grupos residenciales. Puede verse que el gasto es mayor para el suelo de baja densidad.

A la derecha se muestra el resultado de introducir los factores de penalización para representar las preferencias de cada grupo. En el caso de los estratos bajos, el suelo de baja densidad sigue teniendo un gasto mayor,

pero considerablemente aumentado por el factor de penalización respectivo ($w > 1$). En cambio, la función de gasto del suelo de alta densidad se ha reducido para reflejar la preferencia positiva ($w < 1$). Los estratos bajos han incrementado la diferencia entre el gasto de los dos tipos de suelo. Los estratos altos, en cambio, se comportan de manera diferente. Al favorecer el suelo de baja densidad y penalizar el de alta densidad, las curvas de gasto se invierten, cambiando las probabilidades de elección. Como resultado, los estratos bajos consumirán preferentemente suelo de alta densidad, mientras los estratos altos consumirán en mayor proporción al suelo de baja densidad.

De esta manera es posible representar sistemas de considerable complejidad. En este modelo puede haber gran diversidad de actividades, como industrias pesadas y ligeras, comercios, servicios, establecimientos educativos y de salud, gobierno, y diversos estratos de población. De manera similar, pueden haber diversos tipos de suelo, tales como suelo industrial, comercial, institucional, mixto, residencial multifamiliar, unifamiliar, etc., e incluso varios tipos de suelo informal. Puede haber, por ejemplo, suelo informal consolidado y no consolidado. Para cada combinación de tipo de actividad y tipo de suelo se estiman las funciones de demanda respectiva, además de las penalizaciones de gasto.

También es posible introducir distintos tipos de edificaciones, como ser oficinas, galpones, apartamentos, casas y ranchos. Si se introducen edificaciones, se puede organizar el modelo en dos niveles. En un primer nivel las actividades consumen edificaciones, y luego en un segundo nivel las edificaciones consumen suelo, en ambos casos con consumos sustitutos.

2.5 Interacción demanda/oferta y formación de renta

Hasta este punto las actividades han escogido el lugar o zona en que localizan su producción, y han escogido la cantidad y tipo de espacio que consumen en el lugar donde se localizan. En este proceso se verifica si la suma de las demandas sobre cada tipo de suelo en cada zona es igual a la oferta. Como se mencionó, en una iteración determinada la oferta no puede variar ni en cantidad ni en precio. Aquí se verá la forma en que varían los precios, es decir, la forma en que se genera la renta inmobiliaria, para equilibrar las cantidades demandadas con las ofertadas. En el proceso siguiente se verá cómo la oferta puede variar las cantidades y tipos de espacio para facilitar el equilibrio.

Desde el punto de vista teórico, la situación es bastante conocida. Se trata de un mercado cuya oferta está restringida, y por lo tanto, se generan *precios de escasez*. Esto quiere decir que la renta inmobiliaria no guarda relación con los costos de producción, como sería en el caso de un mercado 'normal', sino sólo con las condiciones de demanda y oferta en el mercado. Según esto, si no hay demanda sobre un bien inmueble determinado, su precio de equilibrio será cero, independiente del costo de su construcción.

El mecanismo para estimar la renta de equilibrio es, por lo tanto, bastante simple, ya que se trata de una comparación, tal que:

- si la demanda es mayor que la oferta, el precio sube
- si la demanda es menor que la oferta, el precio baja

En cuánto debe variar el precio o renta entre una iteración y la siguiente es materia de solución algorítmica para facilitar la convergencia del modelo, es decir, un problema numérico y no un problema de carácter económico.

Si el precio de un tipo de espacio en una zona determinada sube por efectos de la presión de la demanda, en la siguiente iteración puede ocurrir cualquier combinación entre los siguientes efectos:

- Las actividades que demandan ese tipo de espacio pueden reducir su consumo, como es fácil de verificar en la figura 5. El precio p se desplaza a la derecha y consecuentemente la cantidad consumida q desciende.
- Las actividades pueden cambiar de tipo de espacio. En la Ecuación 4, si el precio de un tipo de espacio sube respecto a los demás, su probabilidad de consumo disminuye. Por lo tanto, menos actividades tratarán de consumir ese tipo de espacio, siempre que haya opciones.
- Las actividades pueden cambiar de localización. Si en la Ecuación 1-2 el costo de localización de una zona sube respecto a las demás, la probabilidad de localización en esa zona disminuye.

2.6 Comportamiento de la oferta inmobiliaria

Si los precios inmobiliarios varían, los promotores pueden introducir cambios en la oferta. Este proceso intenta explicar el comportamiento de la oferta

inmobiliaria, es decir, la forma en que los promotores reaccionan ante los cambios de las condiciones del mercado.

El punto de referencia son los precios o rentas que había en el período anterior. Si en una zona determinada un tipo de espacio sube de precio por incremento de la demanda, los promotores considerarán la posibilidad de incrementar la oferta, ya que representa una oportunidad de ganancias. En principio, los promotores incrementarán la oferta si el nuevo precio es mayor que el anterior. En el proceso iterativo esto ocurrirá hasta que la oferta se haya incrementado a tal punto que los precios vuelven al nivel que tenían en el período anterior. Esto debe estar sujeto a que el nuevo precio de equilibrio debe ser mayor que el costo de producción (costo de urbanización, costo de construcción, etc.) más una ganancia. Esta condición es necesaria porque, como se describió, el precio del período anterior puede ser inferior al costo de producción.

Lo anterior significa que si en una zona el precio del suelo residencial unifamiliar, por ejemplo, se incrementa y es mayor que el costo de urbanización, los promotores desarrollarán una cantidad adicional de suelo de ese tipo. Según esto, desarrollarán suelo de todos los tipos que hayan incrementado de precio suficientemente, y lo harán hasta el punto en que los precios hayan vuelto a descender y hayan desaparecido las oportunidades de ganancia. El sector oferta ha respondido de esta manera a las 'señales' enviadas por los precios (price signals). En general, se puede decir, que el introducir nuevo espacio al mercado es un proceso de transformación, pues lo que los promotores están haciendo es transformando suelo vacante (con o sin uso agrícola) en urbanizado.

Este proceso sería muy sencillo de representar en el modelo si no fuera por el hecho que para los promotores el suelo vacante disponible para desarrollar también es un factor escaso. Puede ocurrir que en una zona céntrica, por ejemplo, el suelo vacante esté completamente agotado. En una zona periférica puede ocurrir que exista una cierta cantidad de espacio vacante, pero que no sea suficiente para todos los tipos de suelo. Si el espacio vacante es insuficiente, los promotores desarrollarán prioritariamente los tipos de espacio que brinden mayor ganancia. Nuevamente aquí se puede aplicar un modelo de decisiones discretas de la siguiente forma:

$$Pr_m = \frac{DC(s_m w_l)}{\sum_{m=1}^N DC(s_m w_l)}, \forall m, s_m > 0 \quad (\text{Ecuación 5})$$

En donde:

Pr_m probabilidad que un espacio tipo l sea transformado en uno tipo m

s_m excedente al productor al transformar un espacio tipo l a uno tipo m

w_l parámetro de preferencia para el espacio tipo l

El excedente al productor sería, en términos muy generales, la diferencia entre el precio de mercado del espacio tipo m y el costo de producción. El costo de producción, a su vez, dependerá del precio de mercado del espacio que se está transformando, es decir, el espacio tipo l , además de la transformación en sí. Por ejemplo, si se está transformando suelo agrícola en suelo residencial unifamiliar, el costo de producción deberá incluir el precio del suelo agrícola y el costo de su transformación, es decir, el costo de urbanizarlo.

El modelo de la *Ecuación 5* es muy general y permite representar una serie de fenómenos de transformación. Se mencionó el caso de transformación de suelo agrícola en residencial, pero también puede servir para transformarlo en cualquier otro tipo, como industrial, comercial o informal. En este último caso, seguramente el costo de transformación es menor que si se transforma en cualquiera de los tipos de suelo formales, por cuanto la transformación no implica obras de urbanismo ni servicios.

Estos son ejemplos en que el suelo vacante es transformado en suelo de determinados tipos. Pero el modelo también permite explicar la transformación de un tipo de suelo ocupado a otro. Por ejemplo, puede transformarse suelo residencial unifamiliar en multifamiliar o en suelo mixto y comercial. Esto explica por qué y en qué circunstancias viviendas unifamiliares son demolidas para ser transformadas en edificios de apartamentos o centros comerciales. También es posible que suelo con ocupación informal se transforme en formal.

Los procesos descritos están generalmente sujetos a restricciones. Restricciones físico-naturales son bastante obvias y están representadas en el modelo como límites a las cantidades de suelo vacante disponible. De igual manera, es posible imponer restricciones provenientes de consideraciones ambientales y regulaciones urbanísticas. Por ejemplo, se puede dejar fuera de la oferta suelo que se desea preservar, o se puede declarar determinados tipos de suelo unifamiliar como no transformable en ningún otro tipo de suelo.

Otro fenómeno interesante es la introducción de oferta pública, es decir, suelo urbanizado y edificaciones que provee el estado y que no obedecen a las reglas habituales del mercado. Estos componentes también pueden ser introducidos en el modelo como tipos de espacio especiales, que probablemente, no pueden ser transformados. Sin embargo, constituyen oferta y por lo tanto, las actividades las consumirán, por lo cual los precios o rentas inmobiliarias de los demás tipos de espacio se verán reducidos. Como seguramente este tipo de oferta estará destinada a estratos bajos, se pueden utilizar los parámetros de preferencia para sesgar las probabilidades de consumo.

Una vez ajustados los precios y realizados los posibles procesos de transformación, se regresa a la primera etapa o proceso de interacción y localización de actividades, comenzando un nuevo ciclo. Esto se repite hasta que el sistema llega a un equilibrio, es decir, cuando ni las cantidades de espacio ni los precios varían significativamente respecto de la iteración anterior. Con ello, se establecen las condiciones iniciales para el próximo período.

3/ CASOS DE APLICACIÓN

El modelo descrito a grandes rasgos en las secciones precedentes ha sido aplicado en numerosos casos reales, para lo cual se cuenta con un software que lo contiene denominado *Tranus* (Modelística, 2002). De hecho, es el modelo de localización de actividades y usos del suelo que cuenta con el mayor número de aplicaciones en todo el mundo, como lo señala un informe de la Environmental Protection Agency (EPA, 2000) que revisa una veintena de modelos de este tipo. En efecto, desde 1990 hasta el presente se han realizado aplicaciones en Venezuela (10), en el resto de América Latina (8), en Estados Unidos (3), en Europa (7) y en Asia (1). En la mayoría de los casos se trató de aplicaciones profesionales, es decir, para elaboración

de planes y evaluación de proyectos de inversión, mientras otras fueron realizadas con fines académicos y de investigación. Se debe admitir, sin embargo, que en la mayoría de los casos las aplicaciones están orientadas a la elaboración de planes de transporte, siendo muy pocas las orientadas a sustentar planes urbanos.

Además del número de aplicaciones, destaca el variado rango de contextos socioeconómicos en los que el modelo ha sido aplicado. En algunos casos se trata de ciudades pequeñas (Swindon, Inverness), mientras que en otros casos se trata de regiones metropolitanas de importancia (Bogotá, Buenos Aires, Caracas). Las ciudades de Estados Unidos (Sacramento, Baltimore, Portland) y de Europa (Valencia, Bruselas) corresponden a sociedades económicamente desarrolladas, mientras que en América Latina las ciudades presentan importantes sectores de pobreza y marginalidad, con fuertes sectores inmobiliarios informales (Caracas, Bogotá).

Los casos de aplicación también varían en complejidad, dependiendo de los recursos disponibles así como de la disponibilidad de información. En los casos más sencillos se definen relativamente pocos sectores socioeconómicos y sólo tres o cuatro tipos de suelo (Maracaibo), mientras que en las aplicaciones más complejas se utilizó el esquema sugerido de dos niveles: edificaciones y suelo, con un considerable número de categorías y tipos interactuando entre sí.

Cuando la aplicación se torna compleja con dos niveles y múltiples categorías, la calibración del modelo se torna difícil, aunque ciertamente, no imposible como se ha demostrado. Como ejemplo, considérese el modelo de Inverness en el cual hay 5 tipos de hogares y 6 tipos de empleo que compiten por 7 tipos de edificaciones, lo cual resulta en unas 60 funciones de demanda a estimar. Además, los 7 tipos de edificaciones compiten por 5 tipos de suelo que resultan en unas 40 funciones adicionales. En cambio, aplicaciones más sencillas sólo requieren de una veintena de funciones.

En los párrafos siguientes se discuten brevemente, algunos tópicos que han resultado de la historia de aplicaciones.

3.1 Disponibilidad de información

Un argumento esgrimido frecuentemente en contra de este tipo de modelación es que la falta de información, los haría inaplicables. Ciertamente esta es

una dificultad, pero las experiencias señaladas demuestran que, en la mayoría de los casos, la información existe total o parcialmente. También es necesario destacar que la disponibilidad de información ha mejorado considerablemente en los últimos años. Mejoras tecnológicas, como la creciente disponibilidad de imágenes por satélite y la popularidad que están adquiriendo los sistemas de información georeferenciados (SIG) con sus bases de datos correspondientes, hacen mucho más fácil la aplicación de este tipo de modelos de localización y usos del suelo. Hoy en día, es muy fácil tomar aerofotografías normales, escanearlas e introducirlas en un SIG para dotarlas de un sistema de coordenadas. Hoy en día, es probable que la mayoría de las ciudades de América Latina con más de 200 mil habitantes cuenten con una base cartográfica digital y fotografías aéreas relativamente recientes. Un creciente número de ciudades cuenta con catastros digitalizados.

La información más relevante para este tipo de modelos es la que relaciona las características socioeconómicas de la población con las características del suelo que ocupan y las viviendas que habitan. De igual manera se sabe poco acerca de la parte no residencial del mercado inmobiliario, como los segmentos comercial, oficinas e industrial. Este tipo de investigaciones puede realizarse mediante encuestas de costo relativamente bajo, que pueden estar integradas a otras investigaciones, especialmente encuestas de viajes en hogares. Se trata de medir el comportamiento de la población y las empresas respecto a los consumos de espacio, así como las preferencias que demuestran en relación a las opciones del mercado inmobiliario y su sensibilidad a los precios.

Cabe destacar que no necesariamente hay una brecha entre los países desarrollados y subdesarrollados en términos de la información socioeconómica y de usos del suelo disponible. Los censos, que constituyen la fuente primordial de información socioeconómica, son muy similares entre los distintos países. Las encuestas en hogares para medir la fuerza de trabajo son también similares. Como se mencionó anteriormente, las bases cartográficas digitales se están haciendo cada vez más comunes, y muchas ciudades cuentan con planes urbanos en dicho formato. A esta verdadera revolución en materia de información urbana debe agregarse que el costo de los equipos de computación necesarios para mantener una base digital cartográfica de un área metropolitana de gran tamaño, así como el software

correspondiente dejaron de tener significación, con lo cual cualquier ciudad, pobre o rica, puede contar con ello.

3.2 Capacidad del modelo para representar contextos diferentes

En este sentido, el amplio rango de aplicaciones demuestra la flexibilidad del modelo para adaptarse a contextos sociales y culturales muy diferentes. Las aplicaciones en el norte de Europa y Estados Unidos se caracterizaron por ser áreas de baja densidad con extensos suburbios y una tendencia creciente por ocupar suelo rural. En el modelo esto se refleja en funciones de demanda holgada, con elasticidades bajas y parámetros de preferencias cada vez más favorables para los usos de baja densidad. En el sur de Europa (Lyon, Valencia) las condiciones son muy diferentes, y la población sigue mostrando una fuerte tendencia hacia ubicaciones centrales en alta densidad.

En América Latina las condiciones son también diferentes a las anteriores. Quizás el fenómeno más destacado es la masiva presencia de áreas marginales de desarrollo espontáneo, junto con una segregación social/espacial muy marcada (áreas de estratos altos claramente identificadas y separadas de los demás estratos). En las aplicaciones que se han realizado, el modelo puede representar fácilmente los sectores marginales, y su relación con los sectores formales. Para ello se declaran uno o más tipos de suelo para representar diversos tipos de ocupación informal, por ejemplo por grado de consolidación. A través de los parámetros de preferencia (w) es factible representar la tendencia de estratos altos por evitarlos, e incluso la ocupación por parte de la industria (talleres diversos) y el comercio.

Tanto en el caso de Bogotá como en el de Valencia (Venezuela), existen grandes sectores marginales y abundantes reservas de suelo vacante formal en la periferia. En ambos casos se demostró que si el sistema de transporte se deteriora por el congestionamiento y la saturación del transporte público, el acceso al stock periférico se hace cada vez más difícil y por lo tanto se incrementa la invasión de los terrenos mejor ubicados. Por el contrario, si el sistema de transporte mejora por la introducción de un metro, los terrenos formales en la periferia pasan a ser ocupados por estratos bajos, disminuyendo la presión sobre el submercado marginal. En otras palabras, se pudo demostrar que mejoras en el sistema de transporte pueden reducir los porcentajes de vivienda marginal en un área metropolitana. Además de representar este fenómeno, el modelo puede estimar los beneficios que dicho cambio genera

sobre la población de cada estrato. Esto significa que, además de los beneficios de transporte que genera el proyecto de metro, genera beneficios adicionales por concepto de consumo de suelo. Nótese que si el metro reduce la ocupación marginal e incrementa la formal, no sólo habrá beneficios para los consumidores, sino también para los promotores inmobiliarios.

4/ CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN A FUTURO

La principal conclusión a la que se llega a partir del trabajo realizado en los últimos años es que la factibilidad de la modelación de la localización de actividades y del mercado inmobiliario está demostrada. No sólo se desarrolló una base teórica y un modelo operativo y funcional, sino que además se le aplicó a numerosos casos reales y en una gran diversidad de contextos sociales y culturales. Esto tiene diversas consecuencias que se enumeran a continuación.

Consecuencias teóricas Al contar con un modelo operativo que puede ser aplicado en una diversidad de casos reales, la teoría subyacente puede ser mejorada y enriquecida considerablemente. El modelo permitirá, así como lo ha hecho hasta ahora, incrementar el conocimiento que se tiene sobre la ciudad.

Consecuencias sobre la planificación urbana En la medida en que se desarrollen modelos como el reseñado y se generalice su aplicación en las ciudades, la manera tradicional como se hace planificación urbana debería evolucionar significativamente. Actualmente los planes de ordenación urbanística se elaboran sin tomar en cuenta de manera sistemática las consecuencias de la zonificación propuesta sobre la localización de actividades, sobre el mercado inmobiliario y sobre el sistema de transporte. Los proyectos de inversión que los planes involucren no son evaluados económicamente, ya que no se conocían sus efectos y posibles beneficios sobre la población. El tipo de herramientas analíticas que ahora se hacen posibles cambiará necesariamente esta forma de proceder. En el futuro próximo se exigirá de los planificadores que una determinada zonificación, ordenanza, reserva, proyecto de urbanismo, proyecto de renovación urbana, y proyectos de infraestructura, produzcan una rentabilidad social aceptable, de la misma manera como se le exige a cualquier otro proyecto de inversión social. Esto permitirá, además, una mayor captación de fondos para el desarrollo urbano.

Consecuencias sobre la legislación urbana De lo anterior se desprende que deberían introducirse cambios a la legislación urbana para

mejorar las metodologías para la elaboración de planes. Esta es una tendencia muy fuerte en la planificación de transporte en muchos países, y con experiencias como las mostradas en este artículo, puede generalizarse a los demás aspectos del sistema urbano. Las autoridades locales deberían estar obligadas a desarrollar y mantener los sistemas de información y los modelos para ajustar y sustentar los planes.

Consecuencias sobre el conocimiento de ciudades específicas

El contar con un modelo de las características señaladas permite a las autoridades locales a cargo de la administración de una ciudad un conocimiento mucho mejor fundamentado que el intuitivo y empírico que se ha venido manejando hasta ahora. Además, les permitirá presentar mejor los casos, compitiendo de manera más favorable por recursos limitados. De manera similar, actores específicos del entorno urbano se benefician al poder planificar sus actividades de manera mejor fundamentada. Tal sería el caso de los promotores inmobiliarios, por ejemplo, que podrían simular diversas opciones de intervención en el mercado antes de invertir mucho dinero en ellas, haciéndose así más eficientes, mejor adaptados al mercado y con costos menores. Lo mismo puede decirse de agencias inmobiliarias públicas encargadas de programas de vivienda social.

Consecuencias sobre la participación ciudadana En la medida en que los planes urbanos se asienten sobre bases más sólidas y transparentes, la discusión entre los distintos sectores involucrados se facilita. En el futuro se vislumbra la posibilidad que este tipo de modelos esté a disposición no sólo de las autoridades de planificación, sino además de un amplio espectro de comunidades, grupos comunitarios, ONGs, etc. Un buen antecedente para esto han sido las experiencias en muchos países, especialmente en Estados Unidos, en que grupos no-gubernamentales utilizan modelos de transporte para criticar los planes de inversión en vialidad elaborados por las autoridades. Con la popularización de Internet, es probable que este tipo de acciones se generalicen.

En cuanto al trabajo futuro, la línea teórica y de modelación que se describió ofrece una amplia gama de posibilidades para mejorar. Así, por ejemplo, la función de gasto que se presentó es de tercer orden respecto al precio, con lo cual la función no es monotónicamente creciente, generando problemas de convergencia en algunos casos. Así también, cuando se modela tanto

superficie construida como suelo, es la superficie construida la que debe consumir suelo, perdiendo la relación con las actividades socioeconómicas en un esquema poco satisfactorio susceptible a ser mejorado. Por último, la utilización de precios para equilibrar el consumo de vivienda pública no parece ser lo más adecuado.

Desde un punto de vista más general, se ha propuesto un modelo basado en decisiones discretas y relaciones producción-consumo. Naturalmente hay otros enfoques teóricos que pueden ser explorados, como de hecho se está haciendo. Entre las múltiples posibilidades se están explorando la microsimulación y redes neuronales.

BIBLIOGRAFÍA

ALONSO, W. 1964 <i>Location and Land Use</i> . Cambridge, MA: Harvard University Press. Anas, A. (1982) <i>Location and Land Use</i> . Cambridge, MA: Harvard University Press.	EPA 2000 <i>Projecting Land Use: A Summary of Models for Assessing the Effects of Community Growth and Change on Land-Use Patterns</i> . United States Environmental Protection Agency, Office of Research and Development. EPA/600/R-00/098. www.epa.gov .	MsFADDEN, D. y DOMENCICH, T. 1975 <i>Urban Travel Demand: a Behavioural Analysis</i> . Amsterdam: North Holland.	WILSON, A. G. 1970 <i>Entropy in Urban and Regional Modelling</i> . London: Pion
ANAS, A. 1982 <i>Location and Land Use</i> . Cambridge, MA: Harvard University Press.	GÁLVEZ, T. 2002 El modelo powit. Caracas: <i>Revista Urbana</i> 30.	MILLS, E. S. 1969 <i>Studies in the Structure of the Urban Economy</i> . Baltimore: John Hopkins Press.	WINGO, L. 1961 <i>Transportation and Urban Land</i> . Baltimore: John Hopkins Press
DE LA BARRA, T. 1979 <i>Towards a Framework for Land Use and Transport Modelling</i> . PhD Thesis, University of Cambridge, UK.	HANSEN, W. G. 1959 How accessibility shapes land use. <i>Journal of the American Institute of Planners</i> , 25.	MODELÍSTICA 2002 TRANUS: Sistema Integrado de Simulación de Usos del Suelo y Transporte. www.modelistica.com .	
1989 <i>Integrated Land Use and Transport Modelling: decision chains and hierarchies</i> . Cambridge University Press.	LEONTIEF, W. W. 1941 <i>The Structure of the American Economy 1919-1939</i> . New York: Oxford University Press.	VON THÜNEN, J. H. 1826 <i>Der Isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie, Hamburg</i> . Traducción al inglés por C. M. Wartenberg (1966), editado por P. Hall: <i>Von Thünen's Isolated State</i> . Londres: Pergamon Press.	
1998 Improved logit formulations for integrated land use, Transport and environmental models. <i>Network Infrastructure and the Urban Environment</i> , eds. Lundqvist, Mattson y Kim, Springer-Verlag, Berlín.	LOWRY, I. S. 1964 <i>A Model of Metropolis</i> . Santa Monica, CA: Rand Corporation	Williams, H. C. W. L. 1977 On the formation of travel demand models and economic evaluation measures of user benefits. <i>Environment and Planning A</i> , 9: 285-344. Wilson, A. G. (1970) <i>Entropy in Urban and Regional Modelling</i> . London: Pion.	

