

Interpretación teórica de los procesos de expansión y consolidación urbana de la población de bajos ingresos en las periferias*

Jan Bazant S.**

Dentro del complejo y dinámico fenómeno urbano, la expansión de las ciudades hacia sus periferias ha llamado poderosamente nuestra atención como objeto de investigación. Hemos analizado sus aspectos demográficos, sociales, antropológicos, de estructura urbana, ambientales, tenencia de la tierra, vivienda popular, de redes de servicios e infraestructura, entre otros, y con el tiempo hemos generado un importante cuerpo de conocimientos que nos ha permitido tener una mejor comprensión de lo que acontece con la expansión de la ciudad.

Aquí he enfocado la expansión de la periferia urbana como un proceso a lo largo del tiempo. Del análisis sistemático en un periodo de casi 30 años de la extensa periferia sur de la Ciudad de México, de sus procesos de expansión urbana caracterizados por una alta dispersión en la ocupación del territorio, al que le sigue otro proceso de consolidación urbana cuya característica es la gradual ocupación de baldíos, hasta la saturación y elevada densificación del mismo territorio, he identificado cualidades comunes en estos procesos de ocupación que ofrecen una base empírica bastante consistente de la cual he derivado esta interpretación teórica. El modelo nos ayuda a entender cómo funcionan las variables del proceso y cómo interactúan para generar la expansión y consolidación urbanas de las periferias.

Referencia teórica del modelo

Por dinámica urbana se entiende el conjunto de procesos espacio-temporales de categoría social, cultural, económica o política, entre otros, que se dan simultáneamente dentro de un espacio geográfico

* Se agradece el apoyo financiero que el Conacyt, bajo convenio con la UAM núm. 211531435 con G-26338-S, dio a mi investigación sobre: "Periferias urbanas. Procesos de expansión y consolidación urbana incontrolada de bajos ingresos y su impacto sobre el medio ambiente". Próximamente aparecerá publicada en Editorial Trillas. También agradezco al doctor Antonio Aguilera-Ontiveros la referencia teórica de este trabajo.

** Profesor-investigador de la Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Xochimilco.

urbano. La dinámica urbana es creada por las múltiples interacciones que ocurren entre las personas y los grupos de personas (organizaciones públicas y privadas, comerciales, gremiales y demás) que coexisten en una misma ciudad. Además, esta dinámica urbana tiene lugar no sólo en el tiempo, sino también en las zonas habitacionales, los centros comerciales y las áreas de equipamiento y servicios (Aguilera-Ontiveros, 2000).

Un modelo de dinámica urbana considera explícitamente las dimensiones temporal y espacial de los procesos de desarrollo urbano. En este sentido, el tipo de modelo propuesto difiere de los modelos estáticos, conforme a los cuales se ejecutan cálculos con un conjunto de datos de entrada y se produce un conjunto de datos de salida. El factor tiempo no entra en los cálculos de manera explícita; sólo es introducido implícitamente por el modelador como forma de asignar al modelo una escala de tiempo apropiada.

Puede considerarse que el modelo aquí propuesto cabe dentro de lo que se conoce como "modelos cuasi-dinámicos". Este tipo de modelos toman su salida, como la entrada para la iteración siguiente. Echenique (1994) establece que los efectos de diferentes escalas de tiempo y cambios exógenos pueden ser introducidos entre la iteración del modelo. En los modelos cuasi-dinámicos compuestos, tales como los desarrollados en el Institute of Spatial Planning (IRPUD) de la Universidad de Dortmund en Alemania (Wegener, Mackett y Simmonds, 1991), los diversos subsistemas urbanos pueden tener diferencias en la escala del tiempo. Por consiguiente, tales modelos ven a la ciudad como un desarrollo sobre el tiempo, donde el paso del tiempo es típicamente de cinco años de duración. Pero debe considerarse una sucesión de estos periodos para realizar análisis de las dinámicas urbanas, pues de lo contrario puede resultar más una extrapolación del crecimiento que una redistribución estructural (Putmann, 1984; Wegener, Gnad y Vannahme, 1986).

En este tipo de modelos se hace la suposición de que la ciudad llega al equilibrio en varios momentos de su desarrollo. Dado que el equilibrio cambia por interferencias sociales, económicas o políticas, la ciudad se acerca entonces al nuevo equilibrio en un movimiento continuo. Los modelos intentan dar soluciones que están cerca de estos equilibrios y proyectan a futuro partiendo del estado presente y pasado.

Los modelos tienen como propósito ayudarnos a mejorar nuestro entendimiento de una compleja y cambiante realidad urbana. Para

ello, por lo general el proceso que se sigue para diseñarlos es enfocar una parte de esta realidad (como sistemas, subsistemas, series de eventos, y demás) para derivar su "conceptualización teórica", que es el modelo. Después se prueba el modelo con datos extraídos de la realidad, y se calibra, o sea se afina para que reproduzca con mayor fidelidad lo que acontece en la misma realidad. La otra forma de diseñar un modelo urbano es la que se presenta en este artículo: partiendo de la observación directa de la realidad. De los análisis de campo se obtienen conocimientos de primera mano, los cuales son interpretados teóricamente como un modelo urbano. El modelo no necesita información de campo para lograr mayor ajuste a la realidad, pues es derivado directamente de ella, aunque su limitación consiste en que está circunscrito al objeto de investigación.

La investigación

La investigación sobre la expansión urbana incontrolada de las periferias tomó como campo de observación y de análisis a la periferia sur de la Ciudad de México, que cubre una extensión territorial de unas 34 500 hectáreas desde la colonia Héroes de Padierna al poniente, hasta el pueblo de Villa de Milpa Alta al oriente. En la década de los sesenta esta zona era predominantemente agrícola y sólo destacaban en el sur los pueblos de Tlalpan, Xochimilco y Villa de Milpa Alta, todos ellos con menos de 10 000 habitantes; había además pueblos rurales con menos de 3 000 habitantes, como Nativitas, Tepepan, Santa Cruz, San Pedro, San Gregorio, San Miguel y muchos otros. En aquel entonces, la Ciudad de México terminaba en Ciudad Universitaria, y esta zona de estudio aparecía en el plan rector de la época con un uso del suelo agrícola y de conservación ecológica. Entre los preparativos de la Olimpiada de 1968, a mediados de los sesenta empieza la construcción del Anillo Periférico Sur (con Villa Olímpica) que llegaba hasta el Canal de Cuernavaca, y también la construcción de la prolongación de Viaducto de Tlalpan (que ligaba al periférico con el Estadio Azteca y la autopista a Cuernavaca); asimismo se ejecutó la ampliación a cuatro carriles de Insurgentes Sur (que la ligaba con zonas residenciales del sur y con las demás instalaciones olímpicas). La apertura del Periférico Sur dio acceso a un vasto territorio de bajo costo, dedicado a la agricultura de temporal de escaso rendimiento. En las décadas que siguieron tuvo lugar una brutal conversión del

suelo agrícola a urbano, sin respetar los decretos que disponían su uso agrícola y de conservación ecológica, ya que en cada nuevo plan simplemente se cambiaba cada vez más al sur la línea que demarcaba dichos usos. En sólo tres décadas los poblados mencionados fueron conurbados a la mancha urbana metropolitana, y en la actualidad los lejanos poblados originalmente rurales de San Miguel Ajusco, Topilejo, San Salvador Cuauhtenco, San Pedro Atocpan, y otros, están protagonizando este proceso de conversión de uso del suelo producto de la expansión urbana incontrolada. De mantenerse esa tendencia dichos poblados se conurbarán con la mancha metropolitana.

Pero el fenómeno de expansión urbana incontrolada no sólo es metropolitano, sino que aparece en las periferias de todos nuestros centros urbanos, independientemente de su tamaño. De aquí que el interés de la investigación no sólo sea analizar el proceso de conversión rural a urbana en esta zona metropolitana, sino que, con base en los conocimientos adquiridos, se pretende derivar un modelo teórico que nos ayude a entender tal proceso para aplicarlo a otros contextos urbanos.

Algunas definiciones básicas

Para efectos de la investigación se consideró que algunos asentamientos muy dispersos ubicados en la extrema periferia sur de la Ciudad de México (con densidades inferiores a 10 viviendas por hectárea, que aún conservan sus características rurales con parcelas cultivadas, que todavía crían ganado y cuyas viviendas funcionan como cuartos redondos y no cuentan con servicios) no fueron incluidos en las cuantificaciones de los procesos de conversión del territorio. Más aún, estos asentamientos muy dispersos, lejanos y de difícil acceso, generalmente son estables en cuanto a su crecimiento, pues se ubican a tres o más kilómetros de la mancha urbana.

Pero cuando la mancha urbana se expande, se inicia un proceso de subdivisión irregular (o ilegal) de parcelas de cultivo, tanto de ejidatarios o comuneros (Huamán 1998; Cano 1990; Cruz Rodríguez, 2000) como de pequeñas propiedades privadas (Cruz Rodríguez, 1998), y con ello se induce la conversión de uso del suelo del territorio rural a urbano. Se entiende como expansión urbana incontrolada el proceso de ocupación espacial por asentamientos en forma aislada y muy dispersa dentro de un territorio, ya que aunque con-

servan el medio natural, con el tiempo las parcelas dejan de ser cultivadas. Su densidad va de 10 a 20 viviendas por hectárea. Se entiende como proceso de consolidación a la gradual ocupación de baldíos entre los asentamientos iniciales; también ocurre de manera dispersa e irregular dentro de las parcelas ejidales, y va aumentando gradualmente la densidad hasta llegar a 50 viviendas por hectárea cuando se ocupan todos los lotes baldíos y las viviendas alcanzan varios niveles después de décadas de proceso constructivo. A lo largo de este proceso de urbanización espontánea, las redes de servicios urbanos de la ciudad también se van extendiendo hacia las periferias para atender las necesidades de los nuevos pobladores urbanos. Ambos procesos de expansión y consolidación son muy dinámicos y los experimentan todos los patrones urbanos analizados en la investigación.

Patrones de expansión urbana incontrolada de la periferia

Al analizar las cartografías y el abundante material aerofotográfico, y examinar detalladamente la zona de estudio se identificaron "patrones urbanos" que se reproducen una y otra vez en el proceso de expansión de las periferias, y sólo varían de tamaño dependiendo de las parcelas ejidales, comunales o privadas que las originan (véase el croquis 1). Los *pueblos rurales aislados* en torno a la mancha metropolitana presentan un polo de atracción hacia el cual tiende la expansión de las periferias, aunque inicialmente estos pueblos crezcan sólo para dar cabida a sus propias necesidades demográficas. Los 10 kilómetros o más que los separan de la mancha urbana constituyen una barrera natural (y económica) que los mantiene aislados y con crecimiento estable. Pero cuando la mancha urbana se expande hacia ellos, principalmente a lo largo de la carretera que los une con la ciudad, rápidamente se transforman en receptores de nuevos asentamientos, porque cuentan con transporte a la ciudad, y con equipamiento y servicios propios que otras periferias des pobladas no tienen. De aquí que en el proceso de asentamiento masivo de población, estos poblados cercanos a la mancha metropolitana experimenten un acelerado *proceso de absorción* o conurbación con la ciudad. Los *baldíos intermedios* son las parcelas libres que van quedando conforme se expande la ciudad, y que son lotificadas en una variedad de formas para atender la demanda de diversos grupos de bajos ingresos e inclusive ingresos medios, atendiendo a los intereses de los ejida-

tarios, comuneros o particulares que las poseen. Finalmente, las *colonias populares* son grandes lotificaciones de origen ejidal o comunal, con una traza muy regular y con lotes regulares, asentadas generalmente sobre terrenos con problemas de suelos (volcánicos, salitrosos, en pendientes, inundables) que suelen ofrecer los lotes más baratos, pero en las peores condiciones de suelo.

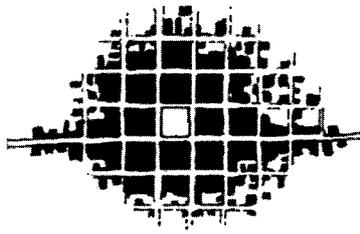
Metodología de investigación.

La investigación utiliza dos fuentes de información y procedimientos de análisis para la obtención de resultados. La primera incluye material aerofotográfico de esta extensa zona de estudio de los años 1967, 1975, 1986 y 1995. El material adquirido estaba a escala 1:20 000. Se definieron ocho zonas de estudio de 2 x 2 km, o sean 400 hectáreas, dos por cada uno de los patrones urbanos.¹ Estos mosaicos fueron digitalizados en la computadora y ajustada su escala, ya que cada mosaico tiene ligeras variaciones de escala por el movimiento de la avioneta al tomar las fotos. Cada juego de mosaicos de cada una de las zonas (4 vuelos por 8 zonas = 32 mosaicos) se amplificaron a escala 1:10 000 para que fuera posible llevar a cabo la cuantificación detallada de viviendas en el proceso de ocupación del territorio y de su proceso de densificación, en los cuatro periodos de tiempo. La segunda fuente de información y análisis fue el trabajo de campo: se identificaron entre 3 y 4 manzanas por cada patrón urbano (34 manzanas en total) y en éstas se levantaron 1 079 encuestas familiares con las respectivas inspecciones a las viviendas. Ambas fuentes de información fueron complementarias, pues de ambas se derivaron indicadores de densificación (habitantes por hectárea), de coeficientes de ocupación del suelo (COS) (ocupación horizontal del territorio en porcentaje de hectárea), de coeficientes de utilización del suelo (CUS) (densidad de ocupación vertical del territorio también en porcentaje de hectárea) y de variables socioeconómicas familiares y características de las viviendas y los servicios; todo ello para cada patrón urbano identificado.

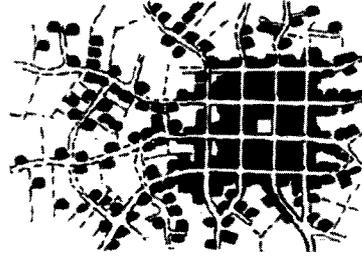
¹ Las ocho zonas de estudio fueron: para *pueblos rurales aislados* San Miguel Ajusco y Villa de Milpa Alta; para *pueblos en proceso de absorción* San Andrés Totoltepec y San Gregorio Atlapulco; para baldíos intermedios los alrededores de los pueblos de San Pedro Mártir y los barrios ubicados al oriente de Xochimilco; y para *colonias populares* Héroes de Padierna y Santa Úrsula Xitla.

CROQUIS 1

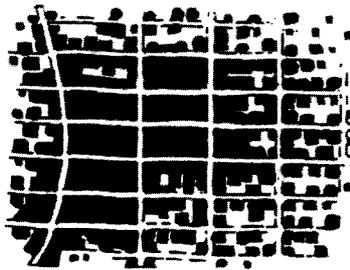
Patrones de expansión urbana incontrolada de bajos ingresos



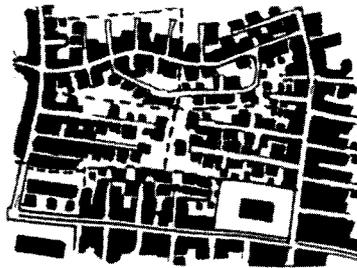
Pueblos rurales aislados
 Son pequeños poblados dedicados a actividades predominantemente agrícolas, que están aún alejados de la mancha urbana. Cuentan con suficiente equipamiento y servicios para atender su población, y están socialmente estructurados a base de barrios. Su expansión obedece a la baja presión de crecimiento demográfico natural de su población.



Pueblos en proceso de absorción metropolitana
 Similar a los pueblos rurales aislados, por su proximidad los pueblos en proceso de absorción se conurban aceleradamente con la mancha urbana metropolitana al ofrecer un sistema de equipamiento y servicios, con un poblado socialmente estructurado. La expansión urbana es explosiva y desordenada, y como consecuencia de la subdivisión de lotes en el interior del pueblo, y sobre todo por la lotificación de parcelas ejidales. La dispersa e irracional ocupación del territorio va generando con el tiempo conflictos urbanos. Tradicionalmente estos pueblos han desempeñado un papel protagónico en la expansión urbana de las periferias, ya que de ser rurales, se convierten funcionalmente en subcentros de las nuevas zonas de crecimiento e impulsan aún más la expansión incontrolada de la ciudad hacia sus periferias.



Lotificaciones o colonias populares
 A diferencia de los patrones anteriores, en los que la subdivisión de la tierra ocurre aislada e individualmente dentro de cada pareja ejidal o comunal como un fenómeno de ocupación atomizada del territorio, en este patrón urbano los ejidos completos son lotificados, generalmente con un sistema urbano muy reticular ofreciendo lotes regulares de superficies uniformes. Generalmente los terrenos en que ocurren las lotificaciones son inservibles porque están en suelos volcánicos, salitrosos, tepetatosos o tienen mucha pendiente, y por lo tanto carecen de valor. Una vez que un ejido es ocupado, los ejidatarios del siguiente ejido lo lotifican, y así sucesivamente; cada ejido va formando colonias nuevas que se van agregando una a otra dentro de las periferias.



Periferia intermedia metropolitana
 Se refiere a los intersticios urbanos que van quedando en los procesos de expansión urbana incontrolada de las periferias. Estas áreas conservan su uso agrícola en tanto que las parcelas colindantes son lotificadas, lo que hace que después de unos años los baldíos tengan en la proximidad equipamiento con servicios y suban de valor. Al volverse especulativos, los baldíos son desarrollados con mayor densidad (o menor dispersión) y se integran con mayor facilidad al tejido urbano circundante.

Vale la pena subrayar que los parámetros de intensidad de uso del suelo, los tiempos del proceso y las superficies de ocupación sobre los que se basa el modelo, fueron extraídos de ambas fuentes de información. Estos datos revelan que el proceso de expansión ha sido intenso en las tres últimas décadas, lo cual significa que se han cubierto grandes superficies de territorio, en tiempos cortos y con elevados índices de densificación del suelo. Las enormes superficies de expansión dispersa obtenidas de las aerofotografías que alimentan el modelo se traducen posteriormente en enormes superficies de consolidación, tal como ha sucedido en la periferia metropolitana.

Enfoque del modelo

La expansión urbana es resultante de la dinámica socioeconómica de la población de bajos ingresos en su proceso de asentamiento en el espacio urbano, y ocurre bajo condicionantes de tenencia de la tierra, ubicación de lote y costo, pero también inciden de manera indirecta la proximidad al equipamiento y a las fuentes de empleo, la disponibilidad de servicios, el acceso al transporte, y aun la cercanía de los parientes. Derivar un modelo bajo este enfoque, es verdaderamente complejo y escapa a los propósitos de esta investigación, que se propone explicar el proceso de ocupación territorial en las periferias. De aquí que para la interpretación teórica se haya considerado únicamente la resultante físico-espacial del proceso, ya que de la investigación se obtuvieron mediciones precisas de sus diferentes modalidades y características que permiten una apreciación objetiva y científica del fenómeno. Además hay que considerar que esta resultante espacial implícitamente refleja las variables socioeconómicas y las condicionantes mencionadas.

Considerandos del modelo

Derivados del análisis de la extensa zona de estudio, se observó que el proceso de expansión y consolidación urbana de bajos ingresos tiene en común las siguientes características:

– El proceso de ocupación del territorio sitúa en un *espacio* y en un *tiempo* a todos los asentamientos de la periferia urbana. Es decir, dependiendo de la densidad y configuración urbana sabemos en

qué etapa del proceso se encuentra el asentamiento y podemos estimar cuánto le falta para concluirlo, es decir, para saturar el territorio y llegar a la densidad máxima registrada en asentamientos de bajos ingresos.

- En situaciones normales como las estudiadas, el proceso de expansión y consolidación es *lineal e irreversible*, es decir, ocurre sucesivamente lo mismo en cada lote, en cada manzana y en cada colonia de la periferia. El asentamiento se inicia con la autoconstrucción de un cuarto dentro del lote, continúa durante décadas con ampliaciones, mejoras, y la gradual incorporación de servicios, hasta que llega al límite de crecimiento horizontal y vertical de la vivienda (Bazant, 1992). Y lo que sucede en un lote se reproduce de manera similar en todos los que tiene la manzana y en las manzanas que forman una colonia. De no ser por una catástrofe natural o artificial, las viviendas no son destruidas, sino que perduran por generaciones familiares que van agregándoles mejoras y más ampliaciones.

- Las diferencias entre los "patrones" de expansión urbana periférica radican en la modalidad de subdivisión de la tierra y en la *intensidad* o velocidad con la que ocurren la expansión y la consolidación; aunque se advierte que el proceso de dispersión y densificación es *similar como proceso* al de la ocupación del territorio.

- La expansión urbana y la consolidación dentro de una colonia ocurren *paralelamente como proceso*. Es decir, la colonia no se expande primero y luego se consolida, sino que conforme se expande, se consolida; y conforme se consolida, se expande.

- El proceso siempre se *inicia con una ocupación dispersa* en el territorio, que es la expansión, y continúa con la ocupación de los intersticios baldíos, que es la consolidación.

- El proceso de expansión ocurre *indistintamente sobre cualquier tipo de terreno*: lomerío, plano, de cultivo, erosionado, con problemas geológicos, inundable, y con frecuencia sobre zonas de reserva ecológica. También se observó que si un ejidatario, comunero o propietario no quiere lotificar y vender su parcela, la ocupación simplemente toma la siguiente parcela, dejando la anterior temporalmente como una isla de cultivo o baldía. Lo que resulta sorprendente es que en la realidad no ha habido un impedimento físico o legal para la conversión de uso del suelo agrícola o ecológico a urbano; por lo que de mantenerse estas condicionantes podría razonablemente suponerse que para efectos del modelo no hay límites a la ocupación urbana del territorio.

– Una barranca profunda, un peñasco o un lago son límites naturales de la expansión urbana. También lo pueden ser las deseconomías de escala que se presentan cuando los asentamientos se ubican en zonas muy alejadas, lo que ocasiona largos e incómodos recorridos a pie, un sobrecosto en el transporte derivado de la necesidad de recorrer una gran distancia para ir al equipamiento o a las fuentes de empleo, la inseguridad, dado su aislamiento, y otros. Dichas condiciones, que pueden establecer de una manera no planeada los límites de la expansión urbana, no fueron consideradas en este modelo.

Las variables del modelo

Tres variables permanecen constantes en los procesos de expansión y consolidación urbana de bajos ingresos, y por lo tanto al interrelacionarlas se puede explicar el proceso con una razonable aproximación a la realidad. Las variables identificadas son:

Tiempo. Los procesos de expansión y consolidación urbana son paralelos y ocurren al mismo tiempo, lo que les da continuidad. El material aerofotográfico en cuya información se basa el modelo fue obtenido por décadas aproximadas. Para evitar la discusión respecto a qué cortes de tiempo son mejores, se planteó dividir el modelo en “periodos” con la condición de que entre ellos haya un número igual de años. Si para la aplicación del modelo la fuente de información es estadística, el periodo puede ser quinquenal o decenal, pero si se basa en aerofotos habrá que buscar un espaciamiento regular entre vuelos, y sobre éstas deberán llevarse a cabo las cuantificaciones de expansión de la mancha urbana periférica que se analiza.

Densidad. La densidad mide el grado de saturación de vivienda y construcción en los procesos de desarrollo urbano progresivo dentro de una hectárea. Las grandes extensiones de expansión urbana de la periferia están formadas por viviendas autoconstruidas por habitantes de bajos ingresos que tienen uno, dos y hasta tres niveles, y tardan en construirse entre una y cuatro décadas. Basados en la investigación de campo los parámetros de densidad considerados son los siguientes: a partir de 10 viviendas por hectárea las edificaciones empiezan a tener una fisonomía urbana en cuanto a la lotificación y características constructivas, aunque carezcan de servicios. Ésta es, pues, la menor densidad urbana identificada en las zonas de estudio, muy característica de un proceso de alta dispersión inicial en la expansión de la periferia. La

dispersión puede llegar a concentrar hasta 20 viv/ha, que es una baja densidad y también representativa del proceso de expansión de la extrema periferia. Cuando la agrupación de asentamientos llega a 30 viv/ha empieza a presentar características de consolidación: las calles ya están configuradas por viviendas y los servicios existen pero son incipientes. El proceso de ampliación de viviendas dentro de sus lotes y la ocupación de lotes urbanos baldíos continúa a 40 viv/ha y llega al límite de 50 viv/ha cuando ya está construido prácticamente todo el lote y las viviendas tienen dos y tres niveles con acabados, calles pavimentadas y servicios conectados (aunque insuficientes). Esta densidad de 50 viv/ha es la representada por un lote típico de 200 m² donde habitan según los datos de campo de 1.5 a 2. familias, y es la mayor densidad registrada en los procesos de consolidación urbana progresiva de bajos ingresos. Una densidad mayor implica pues, mayor número de pisos; y esto significa un cambio de tecnología y de materiales de construcción, lo que está fuera de las posibilidades económicas y constructivas de las familias de bajos ingresos.

Territorio. El territorio es la plataforma espacial sobre la que se da el proceso de expansión y consolidación urbana en la periferia. La unidad de medición es la hectárea (100 x 100 m). El modelo utiliza como insumo densidades traducidas en hectáreas, maneja hectáreas en la operación del modelo, y da hectáreas como resultado del proceso de expansión y consolidación urbana. Por tal motivo, dentro del modelo cada hectárea está relacionada con un periodo y con una densidad.

El Modelo Bazant de expansión y consolidación urbana

El modelo se deriva de la investigación y observación de campo. Es una conceptualización de la realidad que trata de interpretarla para entender la relación entre estas variables en el fenómeno de expansión urbana periférica con su elevado consumo de hectáreas naturales, y el consecuente deterioro del medio ambiente.

Concepto del modelo

El modelo se concibe como un proceso continuo de expansión (dispersión) urbana que produce paralelamente otro proceso de consolidación (densificación) urbana. Ambos son dinámicos en el tiempo. Si bien se

sitúan en el mismo tiempo y ocurren paralelamente, cada uno presenta variaciones de intensidad (o velocidad en hectáreas) a lo largo del tiempo. Concurren en un mismo espacio, pero no simultáneamente; dentro de una hectárea, primero hay expansión y luego densificación.

El modelo propone una relación matemática entre las variables para cada periodo de tiempo. Para sintetizar la interrelación de variables, se le representa con una matriz. En las columnas se ubican los "periodos" de tiempo que miden el avance de la expansión y de la consolidación urbana en el tiempo. En las líneas se ubican las "densidades" que miden la intensidad de uso del suelo de los procesos. De hecho, el grado de densidad nos indica si se trata de una expansión o de una consolidación. El "territorio" a ocupar es el centro de la matriz en donde convergen el tiempo y la densidad.

Estimación de superficies

Como el modelo centra su operación en superficies, es muy importante establecer un criterio para estimar las superficies de expansión de una periferia en diferentes periodos de tiempo. Se recomienda utilizar una retícula de 100 x 100 m (1 hectárea) dibujada en acetato a escala definida para el trabajo, a manera de irla sobreponiendo sobre los planos o aerofotos de los distintos periodos, siempre haciendo coincidir la retícula sobre los mismos puntos fijos. Para ello inicialmente habrá que determinar sobre el plano o aerofotografía varios puntos claramente identificables y que estén de preferencia sobre una línea recta: un árbol grande con la esquina de la escuela, la parada del autobús con la barda de la iglesia, dos esquinas de una misma manzana (80 o 100 m), el ancho de una avenida, u otros. Luego, para cada vuelo o plano verificar en campo que esta distancia entre puntos coincida o sea aproximada (+/- 1%), ya que de otra manera pueden llevarse a cabo estimaciones entre distintos vuelos que, teniendo una variación entre sus escalas, arrojen estimaciones diferentes sobre la ocupación de una zona, lo cual le restaría confiabilidad a los resultados del ejercicio. Si no hay coincidencia de escala, habrá que hacer ajustes, ampliando o reduciendo ligeramente el plano por medio de fotocopiado hasta que los puntos de referencia medidos en campo tengan las mismas dimensiones en todos los mosaicos de aerofotos o en todos los planos de periodos, según sea el caso. Finalmente, esta retícula debe de coincidir con el eje norte o aproximarse al sistema

de coordenadas oficiales por si hay un seguimiento del trabajo sobre otras periferias contiguas.

Las fuentes de información son también importantes: se recomienda valerse de aerofotos, que aunque contienen toda la información requerida, presentan importantes diferencias de escala entre vuelos de años diferentes; asimismo son útiles los planos de Guía Roji que siempre están actualizados en cuanto a las nuevas colonias periféricas pero no están a escala exacta; y también los planos catastrales, que generalmente no están actualizados pero sí están a escala. Con todas esas fuentes se elabora un solo plano por periodo, vaciando con cuidado de las diversas fuentes únicamente el *contorno* (o perímetro) de la expansión (de 10 a 20 viv/ha) de cada periodo. Lo importante es identificar *la nueva mancha* de expansión urbana de cada periodo, y no es relevante vaciar las calles, lotes y construcciones. Asimismo es importante cuantificar la densidad (viv/ha) de varios cuadros (o hectáreas) de la nueva mancha a fin de verificar si hay homogeneidad en la nueva expansión. De haberla, el resultado de dicha expansión integrará una sola superficie; en caso de haber diferencias, será necesario registrar las diversas densidades delimitándolas como subzonas. Para llevar a cabo la primera estimación habrá que delimitar el casco urbano existente y restarlo de la nueva expansión del periodo que se estudia. Al plano con las manchas de expansión por periodo se le sobrepone el acetato o se dibuja la retícula de 100 x 100 m y se cuantifican las hectáreas o cuadros. Si se quiere llevar a cabo un trabajo más preciso, como en esta investigación, se digitaliza la aerofotografía (en tamaño carta o doble carta) y se ajusta su escala tras verificar puntos en campo. Luego, la superficie de expansión de cada periodo se agrega como insumo al modelo.

La operación del modelo

El modelo funciona como sigue. El inicio se ubica en algún cuadro superior izquierdo, dependiendo de la densidad inicial (10 o 20 viv/ha) y del lapso de tiempo en que se ubica la estimación de superficie del asentamiento inicial (por ejemplo, hace 30 años o primer periodo). El modelo trabaja un solo análisis de periferia a la vez, y puede utilizarse para dimensionar los procesos de expansión y consolidación de los pueblos rurales aislados, los pueblos en proceso de absorción, los grandes baldíos de la periferia intermedia o las vastas extensiones de colonias

populares. Utiliza esta superficie del asentamiento inicial (por ejemplo, ubicándola en el cuadro de línea 1 y columna 1 si es de 10 viv/ha) a la que se le aplica el índice de expansión, y esta cifra se traslada sobre la misma línea para acumularse con la nueva expansión del periodo siguiente (línea 1, columna 2). A la misma superficie de asentamiento inicial también se le aplica el otro índice de consolidación y su resultado se traslada al siguiente nivel de densificación (línea 2, columna 2). Este procedimiento de aplicar índices de expansión y trasladarlos horizontalmente sobre la misma línea, e índices de consolidación y trasladarlos diagonalmente a la densidad siguiente es una aproximación de lo que sucede en la realidad. No todo lo que se va expandiendo se va consolidando; sólo una parte. La porción trasladada de expansión se suma a la nueva expansión del periodo. Por otro lado, de la parte que pasó a otro nivel de consolidación, un fragmento permanece en el mismo nivel y otro logra seguir el proceso hacia una mayor consolidación. El procedimiento continúa así sucesivamente para cada cuadro, hasta llegar al cuadro inferior derecho que muestra la mayor densificación alcanzada (50 viv/ha).

Para efectos de análisis podría simularse un límite a la expansión urbana y observar qué efecto y duración tendría sobre el proceso de consolidación en la mancha urbana ya ocupada. Este límite puede incorporarse en el modelo si bloqueamos la celda de expansión en un periodo (digamos la primera línea de cualquier columna, 3, 4 o 5), lo que ocasionaría que no existiera más expansión (de muy baja densidad) en los periodos posteriores, por lo que la mancha urbana existente debería absorber la presión de crecimiento y se consolidaría más rápidamente.

Los índices Bazant del modelo

La parte operativa del modelo son los "índices". Éstos son extraídos de los análisis de aerofotos y nos dan las tasas porcentuales con las que se expandieron y consolidaron los patrones urbanos estudiados. Las tasas para ambos procesos siempre suman 1.00 en cualquier periodo de tiempo, es decir: son complementarias e interdependientes. Por ejemplo, si un proceso tiende a intensificar su crecimiento, el otro tiende a decrecer su intensidad. En el cuadro 2 se resumen los índices derivados del análisis de cada patrón de expansión y consolidación urbana presentados.

CUADRO 1
Modelo Bazant de expansión y consolidación urbana en la periferia

<i>Periodo</i> <i>Densidad</i>	1 (1965)	2 (1975)	3 (1985)	4 (1995)	5 (2005)
10 viv/ha	A1 (IE1)=S1a	A2 + S1a (IE2) = S2	A3 + S2(IE3)=S3a	A4 + S3a (IE4)=S4a	A5 + S4a (IE5)=S5a
20	A1 (IC1)=S1b	S1a (IC2) + S1b (IE2)=S2a	S2 (IC3) + S2a (IE3)=S3b	S3a (IC4) + S3b (IE4)=S4b	S4a (IC5) + S4b (IE5)=S5b
30		S1b (IC2)=S2b	S2a (IC3) + S2b (IE3)= S3c	S3b (IC4) + S3c (IE4)=S4c	S4b (IC5) + S4c (IE5)=S5c
40			S2b (IC3)= S3d	S3c (IC4) + S3d (IE4)=S4d	S4c (IC5) + S4d (IE5)=S5d
50				S3d (IC4)=S4e	S4d (IC5) + S4e = S5e
MU total (acumulada)	MU1	MU2	MU3	MU4	MU5
Sup. MU nueva por década	MU1=A1	MU2-MU1=A2	MU3-MU2=A3	MU4-MU3=A4	MU5-MU4=A5
Índice de expansión	IE1	IE2	IE3	IE4	IE5
Índice de consolidación	IC1	IC2	IC3	IC4	IC5

En donde:

Periodo = cortes regulares de tiempo medido en años, quinquenios o décadas, denominados 1, 2, 3, 4, 5. En cada periodo se llevan a cabo las cuantificaciones de la MU por densidad.

Densidad = viviendas por hectárea en rangos 10, 20, 30, 40 y 50.

MU total = mancha urbana medida en hectáreas, abarca todo el asentamiento o poblado.

A = superficie urbana nueva, obtenida al restar la expansión del periodo actual del previo.

IE = índice de expansión, o tasa porcentual a la que se expande la mancha en el periodo.

IC = índice de consolidación o tasa porcentual a la que se consolida la mancha en el periodo.

S = superficie urbana del periodo, tanto de expansión como de consolidación.

Los resultados del Modelo Bazant

Estos procesos de expansión y consolidación urbana son interdependientes, ya que concurren sobre el mismo espacio en tiempos secuenciados. Para probar el modelo se tomó la información de las aerofotos de los patrones urbanos analizados en la investigación. En esta aplicación se derivan tendencias expresadas con mayor detalle en cuadros y gráficas que son similares a las derivadas de la información

CUADRO 2
Índices Bazant de expansión y consolidación urbana

<i>Periodo</i>	<i>Índice</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>Patrón urbano</i>		<i>(1965)</i>	<i>(1975)</i>	<i>(1985)</i>	<i>(1995)</i>	<i>(2005)</i>
Pueblos rurales aislados	Expansión	IE1= 0.9000	IE2= 0.8452	IE3= 0.7937	IE4= 0.7454	IE5= 0.7000
	Consolidación	IC1= 0.1000	IC2= 0.1548	IC3= 0.2063	IC4= 0.2546	IC5= 0.3000
Pueblos en proceso de absorción	Expansión	IE1= 0.9000	IE2= 0.6179	IE3= 0.4243	IE4= 0.2913	IE5= 0.2000
	Consolidación	IC1= 0.1000	IC2= 0.3821	IC3= 0.5757	IC4= 0.7087	IC5= 0.8000
Periferia intermedia	Expansión	IE1= 0.9500	IE2= 0.7881	IE3= 0.6538	IE4= 0.5424	IE5= 0.4500
	Consolidación	IC1= 0.0500	IC2= 0.2119	IC3= 0.3462	IC4= 0.4576	IC5= 0.5500
Colonias populares	Expansión	IE1= 1.000	IE2= 0.8409	IE3= 0.7071	IE4= 0.5946	IE5= 0.5000
	Consolidación	IC1= 0.000	IC2= 0.1591	IC3= 0.2929	IC4= 0.4054	IC5= 0.5000

aerofotográfica. Para contrastar las tendencias en las siguientes gráficas, se sumaron las bajas densidades de expansión (10 y 20 viv/ha) y las de consolidación (30, 40 y 50 viv/ha).

– En pueblos rurales aislados mantienen una expansión de baja densidad a lo largo del tiempo, con una leve tendencia a la consolidación en su zona centro. Los pueblos rurales empiezan su asentamiento en 10 viv/ha, nunca llegan a 50 viv/ha y logran su mayor expansión entre 10 y 20 viv/ha, consolidándose lentamente en 30 y luego en 40 viv/ha en su zona centro. Estos procesos son tan lentos y hay tanta disponibilidad de territorio, que duran 4, 5 o más décadas.

– Los pueblos rurales en absorción metropolitana tienen características rurales que rápidamente se transforman en urbanas. La rápida subdivisión de parcelas agrícolas y sobre todo la incorporación de pequeñas lotificaciones vuelve muy acelerado su proceso de expansión inicial (entre 10 y 20 viv/ha), pero la proximidad a la ciudad intensifica su densificación en 30 viv/ha para, con el tiempo, consolidarse entre 40 y 50 viv/ha. Por estar contiguos al campo, hay mucha disponibilidad de terrenos, de ahí que la intensidad de los procesos sea mayor que la de los pueblos rurales aislados, pero menor que la de las colonias populares, en donde hay limitaciones de terreno para más expansión, por lo que estos procesos tienen duraciones de más de tres décadas.

– Los grandes baldíos de la periferia intermedia, rodeada de pueblos y colonias urbanas con servicios, sucumben a la urbanización

presentando características similares a las de las colonias populares pero con menor intensidad y mayor duración. Los terrenos tienen mayor costo, por lo que su ocupación inicial es de 20 viv/ha, y mantienen un proceso de expansión y consolidación casi simultáneo; de modo que conforme se expanden se van consolidando. Durante la primera década la intensidad de expansión es ligeramente mayor (20 y 30 viv/ha), pero en las dos siguientes se empieza a acabar el terreno y la consolidación intensifica su proceso (40 y 50 viv/ha).

– Las colonias populares muestran una explosiva expansión en la primera década; cubren entonces grandes extensiones de terreno que en las décadas siguientes empiezan a consolidar. Su inicio explosivo rápidamente cubre todo el territorio disponible con baja densidad (20 viv/ha) para luego comenzar a consolidarse. Por la rapidez del proceso de asentamiento, la alta dispersión de 10 viv/ha prácticamente no se da en las colonias. Después de la expansión viene la acelerada consolidación, primero en 30 viv/ha y luego en 40 viv/ha para lentamente densificarse en 50 viv/ha. Puede observarse en la gráfica que estos procesos son muy intensos porque es limitada la superficie de cada colonia, lo que condiciona a que éstos ocurran en dos o menos décadas.

En resumen, de los patrones urbanos analizados el que lleva a cabo el proceso de expansión y consolidación urbana más lentamente corresponde a los pueblos rurales, que tardan hasta cinco décadas en densificar el territorio ocupado, sin duda porque hay poca presión demográfica y porque las parcelas agrícolas aún se cultivan. En tanto, las colonias populares experimentan una ocupación territorial explosiva y sólo tardan dos décadas en consolidar totalmente el territorio ocupado, transformándolo radicalmente en muy poco tiempo. Los otros dos patrones urbanos fluctúan entre estos dos extremos de expansión y consolidación. Los pueblos en proceso de absorción tardan entre dos y tres décadas en llevar a cabo similar proceso, debido a que presentan tanto características de subdivisión atomizada e irregular de parcelas agrícolas, lo que dificulta la ocupación masiva de pobladores (similar al de los pueblos rurales aislados), como también pequeñas lotificaciones con lotes regulares en parcelas de hasta una hectárea. Los baldíos intermedios ya están parcialmente urbanizados y, al disponer ya de algunos servicios, ofrecen lotes más caros que los de la periferia extrema, de ahí que sea más lenta su ocupación en proceso de expansión, aunque una vez ocupados, por su localización céntrica aceleran su consolidación y tardan en el proceso poco más de tres décadas.

Estos datos no sólo muestran la enorme dinámica urbana de las periferias, sino que dejan entrever que la transformación de uso agrícola o ecológico a urbano conlleva una degradación del medio ambiente. Para ello sólo basta recordar cómo se ha expandido la periferia sur de la Ciudad de México. Del análisis del material aerofotográfico de la extensa zona de estudio de la investigación se desprende que la periferia sur tenía en 1967 unas 1 427 hectáreas (ocupadas básicamente por los pueblos rurales mencionados), en 1975 se expandieron a 3 056 ha, para 1986 aumentaron a 6 232 ha, y para 1995 ascendieron a 10 896 ha. De seguir la tendencia actual, los poblados rurales actuales de la extrema periferia se conurbarán para el año 2005, y la mancha metropolitana sur habrá aumentado unas diez veces respecto a 1967. Si consideráramos lo que representa esta transformación espacial para el medio ambiente a consecuencia de la pérdida de tierras de cultivo y de áreas de recarga de acuíferos, de contaminación de acuíferos por filtraciones de tuberías o vertidos a cielo abierto, y de la casi extinción de masas arbóreas originales, tendríamos un panorama verdaderamente desolador de lo que ha ocasionado la expansión urbana incontrolada sobre el medio natural metropolitano.

CUADRO 3

Modelo Bazant aplicado a pueblos rurales aislados para estimar sus procesos de expansión y consolidación urbana

<i>Periodos/ niveles de densidad (1965)</i>	<i>1 (1975)</i>	<i>2 (1975)</i>	<i>3 (1985)</i>	<i>4 (1995)</i>	<i>5 (2005)</i>
10 viv/ha	41.60	45.86	70.10	77.85	79.00
20	4.60	10.33	17.66	31.01	45.06
30	—	0.71	2.69	6.50	13.85
40	—	—	0.15	0.84	2.79
50	—	—	—	—	—
MU total	46.20	56.90	90.60	116.20	140.70
MU nueva por década	—	10.70	33.70	25.60	24.50

Fuente: Las superficies de expansión de la mancha urbana fueron tomadas de los cuadros 15 y 17 de la investigación.

CUADRO 4
Modelo Bazant aplicado a pueblos en proceso de absorción a la
mancha metropolitana para estimar sus procesos de
expansión y consolidación urbana

<i>Periodo/ niveles de densidad</i>	<i>1 (1965)</i>	<i>2 (1975)</i>	<i>3 (1985)</i>	<i>4 (1995)</i>	<i>5 (2005)</i>
10 viv/ha	73.80	97.80	123.50	91.07	77.92
20	8.20	33.30	70.43	108.05	94.48
30	—	3.10	20.48	55.87	97.60
40	—	—	1.79	16.31	61.00
50	—	—	—	—	—
MU total	82.00	134.20	216.20	271.30	331.00
MU nueva por década	—	52.20	82.00	55.10	59.70

Fuente: Las superficies de expansión urbana fueron tomadas de los cuadros 24 y 26 de la investigación.

CUADRO 5
Modelo Bazant aplicado en los baldíos intermedios metropolitanos para
estimar sus procesos de expansión y consolidación urbana

<i>Periodo/ niveles de densidad</i>	<i>1 (1965)</i>	<i>2 (1975)</i>	<i>3 (1985)</i>	<i>4 (1995)</i>	<i>5 (2005)</i>
10 viv/ha	—	—	—	—	—
20	70.40	125.88	146.70	153.17	136.63
30	3.70	17.84	55.24	97.09	127.93
40	—	0.78	6.69	28.91	66.41
50	—	—	0.27	3.33	19.23
MU total	74.10	144.50	208.90	282.50	350.20
MU nueva por década	—	70.40	64.40	73.60	67.70

Fuente: Las superficies de expansión urbana fueron tomadas del los cuadros 33 y 35 de la investigación.

CUADRO 6

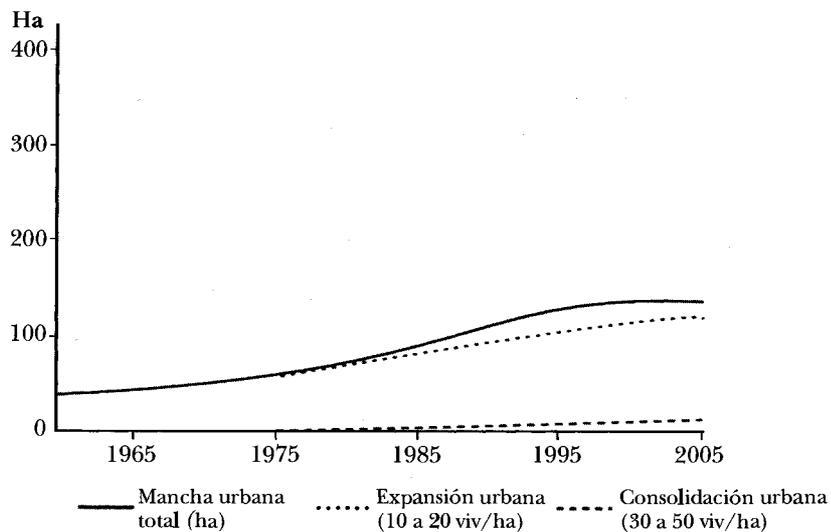
Modelo Bazant aplicado en colonias populares para estimar sus procesos de expansión y consolidación urbana

Periodo/ niveles de densidad	1 (1965)	2 (1975)	3 (1985)	4 (1995)	5 (2005)
10 viv/ha	-	-	-	-	-
20	26.20	86.53	237.88	195.14	137.17
30	-	4.17	28.30	113.27	154.20
40	-	-	1.22	12.20	62.74
50	-	-	-	0.49	6.59
MU total	26.20	90.70	267.40	321.10	360.70
MU nueva por década	-	64.50	176.70	53.70	39.60

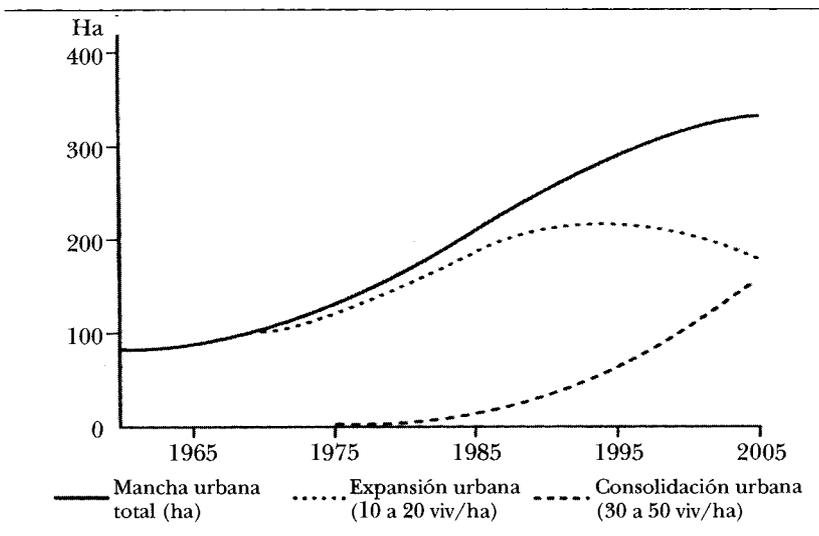
Fuente: Las superficies de expansión urbana fueron tomadas de los cuadros 42 y 44 de la investigación.

GRÁFICA 1

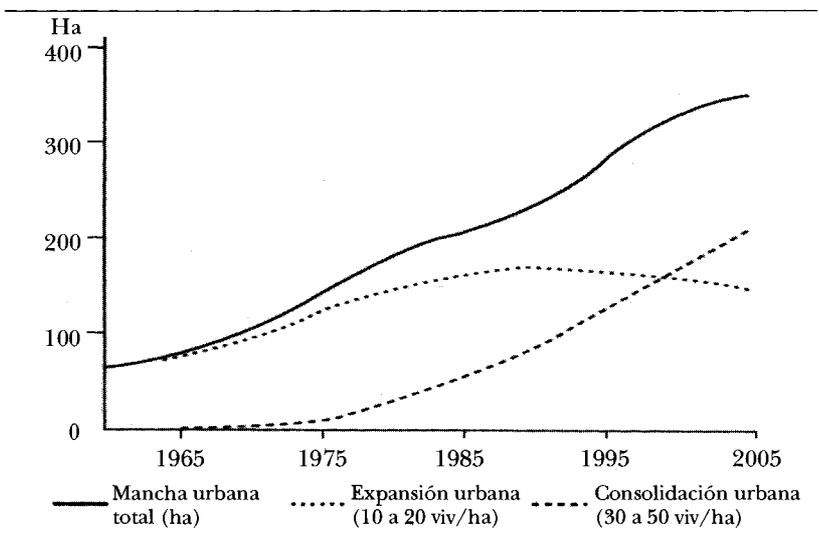
Proceso de expansión y consolidación de pueblos rurales aislados



GRÁFICA 2
Proceso de expansión y consolidación de pueblos en proceso de absorción metropolitana

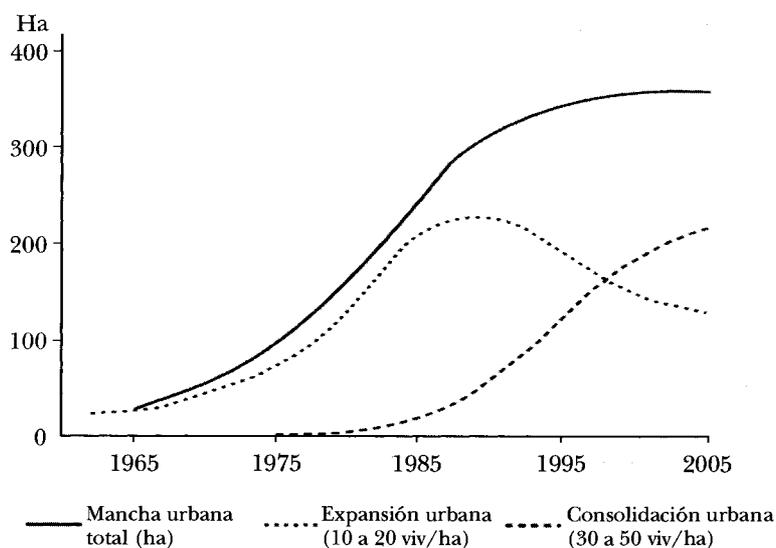


GRÁFICA 3
Proceso de expansión y consolidación de periferia intermedia metropolitana



GRÁFICA 4

Proceso de expansión y consolidación urbana de colonias populares



Reflexiones finales

La aplicación de un modelo teórico para el análisis de nuevas periferias en proceso de expansión no debe llevarse a cabo literalmente, pues se corre el riesgo de obtener resultados que distorsionen la realidad. El manejo de un modelo de esta naturaleza requiere que necesariamente sea alimentado con datos reales, ya que en la medida en que la información incluida en el modelo sea fidedigna, los resultados serán confiables.

Lo que el modelo muestra son *tendencias* de los procesos de expansión y consolidación expresadas en *superficies* urbanas ocupadas en diferentes *tiempos* y con diferentes *densidades*. Las tendencias son necesarias para identificar el potencial de expansión (en hectáreas) que una periferia urbana puede generar y su subsecuente proceso de

consolidación. Esta información resulta valiosa para la planeación urbana, pues permite saber qué superficie de territorio será ocupada, en qué tiempo y con qué densidad, lo que facilita la estimación de los requerimientos de equipamiento, servicios (Bazant, 1998: 173-180) y estructura urbana troncal que necesitará la futura población urbana (por periodos de tiempo); asimismo ofrece la posibilidad de tomar medidas para salvaguardar el medio natural más vulnerable. Por otro lado, siendo el modelo un instrumento de análisis por excelencia, también pueden *simularse* diferentes escenarios de expansión y consolidación urbana en las periferias. Para estudios posteriores sería pertinente analizar el impacto territorial que podría tener otro sismo como el de 1985 sobre la expansión de la periferia urbana de la Ciudad de México; o bien, el efecto que la incesante conversión del suelo rural a urbano ha tenido sobre el medio ambiente, y simularse el efecto que puede ocasionar sobre los ecosistemas del valle de México una mayor expansión urbana. Del mismo modo podrían analizarse las consecuencias que las crisis económicas (como las de 1982 o 1994) han acarreado a la economía de las familias de bajos ingresos, así como su impacto en los patrones de ocupación territorial de la periferia.

Todo lo anterior me lleva a reflexionar sobre lo deseable que sería ampliar el enfoque de nuestras investigaciones urbanas, que si bien están predominantemente orientadas al análisis de situaciones presentes (aunque como apoyo se citen cifras del pasado) o se refieren a un tiempo histórico específico, han dejado de lado los análisis sistemáticos de largo plazo, de los cuales precisamente pueden derivarse “modelos” que nos ayudarían a entender mejor la dinámica de funcionamiento de nuestra ciudad y su entorno.

Finalmente no puedo dejar de observar que la mayor parte de la teoría urbana que utilizamos en nuestras investigaciones y en la enseñanza es de origen extranjero, debido al poco interés que hemos mostrado por *teorizar* sobre el material de nuestras investigaciones. Elaborar una “teoría” es, después de todo, construir un marco de referencia con el cual podamos observar y analizar con mayor apego a nuestra realidad urbana; es preciso que formulemos nuestros propios enfoques y conceptos, derivados de nuestras muy particulares condiciones de desarrollo urbano, para que estemos en posibilidades de generar nuestros propios instrumentos de análisis y modelos que sean más congruentes con la realidad social y urbana en que vivimos.

Bibliografía

- Aguilera-Ontiveros A. (2000), "Simulaciones multiagente de ambientes urbanos", *Vetas*, revista de El Colegio de San Luis, año 2, núm. 5.
- Bazant Jan (1998), *Manual de diseño urbano*, México, Trillas.
- (1992), *Autoconstrucción de vivienda popular*, México, Trillas.
- Cano Asperó Andrea (1990), *La regularización de la tenencia de la tierra en colonias asentadas en ejidos 1982-88*, tesis de maestría, CEDDU, El Colegio de México.
- Cruz Rodríguez Ma. Soledad (2000), "Propiedad ejidal e impacto urbano", *Ciudades*, núm. 47.
- (1998), *Propiedad, urbanización y la periferia rural en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México*, tesis doctoral, México, Facultad de Arquitectura, UNAM.
- Echenique, M. H. (1994), "Urban and Regional Studies at the Martin Centre: Its Origins, its Present, its Future", *Environment and Planning*, B-21 (5), pp. 517-533.
- Huamán Elias (1998), *Políticas de regularización y acceso popular al suelo urbano*, México, El Colegio Mexiquense (Avances de Investigación, 1).
- Wegener, M., R. L. Mackett y D. C. Simmonds (1991), "One City, Three Models: Comparison of Land-Use/Transport Policy Simulation Models for Dortmund", *Transport Reviews*, núm. 11, pp. 107-129.
- Wegener, M., F. Gnad y M. Vannahme (1986), "The Time Scale of Urban Change", en B. Hutchinson y M. Batty (eds.), *Advances in Urban Systems Modelling*, North-Holland, Estados Unidos.
- Putman, S. H. (1984), "Dynamic Properties of Static-Recursive Model Systems of Transportation and Location", *Environment and Planning*, vol. 16, núm. 11, pp. 1503-1519.