

EL COLEGIO DE MÉXICO



**CENTRO DE ESTUDIOS DEMOGRÁFICOS Y DE DESARROLLO
URBANO.**

**ESTUDIO DEL CRECIMIENTO DE LA MANCHA URBANA DE LA ZMCM A
TRAVÉS DE SENSORES REMOTOS**

TESIS

**QUE EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO EN ESTUDIOS URBANOS
PRESENTA:**

GERARDO GUTIÉRREZ MENDOZA

DIRECTOR DE TESIS: MTRA. MARÍA EUGENIA NEGRETE SALAS

LECTOR DE TESIS: LIC. JAIME RAMIREZ MUÑOZ

MÉXICO D.F.

FEBRERO, 1998

***En memoria de mi madre: Amalia Irene Mendoza, quien
siempre fue una mujer justa.***

They start out as shantytowns on unoccupied land at the distant edges of town, or in centrally located areas too difficult to develop, like steep slopes, canyons, garbage dumps. At this stage they have the look of refugee camps: no vegetation, no services, open trenches for sewers down rutted, unpaved streets. The building materials are what comes to hand or can be scavenged, mostly cardboard and scrap metal... The process of upgrading begins instantly and never stops. Houses are made permanent in spurts with bricks and cement blocks... Many houses have unfinished rooms or second stories, and a wild variety of fences abounds. As the settlement matures, order will inevitably tip the scales. There will be respectable self-built housing on a part with low-grade commercial construction; shops and schools; fully paved streets complemented by lighting and proper sewerage. (Spiro Kostof, *The City Shape: Urban Patterns and Meanings Through History*. Bulfinch Press Book, 1991:69).

**Estudio del crecimiento de la mancha urbana
de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México
a través de sensores remotos.**



Gerardo Gutiérrez Mendoza.

Agradecimientos.

Deseo agradecer sobre manera a todas aquellas personas e instituciones que han hecho posible la realización de esta tesis. Principalmente a la Mtra. Ma. Eugenia Negrete Salas, profesor-investigador de EL Colegio de México, que me animó y apoyó en todo momento durante la realización de esta investigación. La Mtra. Negrete ha sido una guía insustituible, cuyos consejos y enseñanzas siempre han sido enriquecedores. Agradecimientos semejantes merecen mi asesor y lector de tesis Lic. Jaime Ramírez Muñoz, quien siempre estuvo dispuesto a brindarme su ayuda.

Nuevamente estoy en deuda con mi esposa Mtra. Edith Ortiz Díaz que en todo momento ha estado a mi lado. A mis padres que me otorgaron el privilegio del estudio. Gracias mamá y perdóname por no haber estado contigo en el final. Aunque tarde, donde quiera que te encuentres, esta tesis es para ti.

Especial mención merece el Instituto de Geografía de la UNAM, por haberme facilitado las imágenes de satélite que utilicé aquí. Del mismo modo agradezco a la Biblioteca Daniel Cosío Villegas y al Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica de EL Colegio de México, por haberme permitido el acceso irrestringido al acervo de la biblioteca y al equipo de cómputo.

A todos ellos gracias.

GGM. Febrero, 1998.

INDICE.

Agradecimientos.

Indice.

Introducción. 1

Capítulo I. El crecimiento externo de la ciudad: caso teórico. 4

1.0. Procesos causales del cambio urbano. 4

1.1. Oferta y Demanda de Suelo Urbano. 7

1.2. Expresión Física del Crecimiento Urbano. 8

1.3. Problemas de adaptación en el proceso urbano. 11

1.4. Expansión externa. 13

1.4.1. El patrón de la expansión externa. 14

1.4.2. La expansión urbana sobre tierras agrícolas. 15

1.4.3 Factores que intervienen en los patrones de expansión. 16

1.5. Límites económicos a la dispersión urbana. 20

1.6. El papel del inversionista inmobiliario. 22

1.7. Críticas a la expansión periférica. 25

1.8. La expansión periférica y sus efectos en la estructura interna de la ciudad. 26

Capítulo II. El crecimiento urbano particular de la Ciudad de México. 29

2.0 ¿Cómo se ha dado el proceso de crecimiento urbano en la Ciudad de México? 29

2.1. Localización y fisiografía de la cuenca de México. 29

2.2. Antecedentes históricos del crecimiento urbano de la Ciudad de México: fundación y devenir. 30

2.3. Principales rasgos demográficos de la ZMCM, 1970-1990. 36

2.4. El contexto económico. 38

2.5 Convergencias y divergencias entre la urbanización de libre mercado y la urbanización mexicana. 41

Capítulo III. Principios de la teledetección espacial y sus aplicaciones en los estudios urbanos. 46

3.0. Antecedentes. 46

3.1. Evolución de los sensores remotos como técnica de observación terrestre. 47

3.2. Principios físicos de la percepción remota. 48

3.3. Comportamiento espectral teórico de los tres elementos fundamentales del paisaje: vegetación, suelo y agua. 52

3.3.1. Características de la cubierta vegetal en el espectro óptico. 52

3.3.2. Características del suelo en el espectro óptico. 53

3.3.3. Características del agua en el espectro visible. 54

3.4. Interacción de la atmósfera con la radiación electromagnética. 55

3.5. Sistemas espaciales de teledetección. 56

3.6. Cuantificación de la dinámica urbana a través de la percepción remota (metodología de bajo costo). 58

3.6.1. Imágenes de baja resolución. 59

3.6.2. Interpretación de las imágenes en falso color. 61

3.6.3. Procedimiento técnico. 63

3.6.3.1. Cuantificación de la mancha urbana. 64

Capítulo IV. Dinámica y patrones de crecimiento físico de la mancha urbana de la ZMCM. 66

4.0. Patrones de crecimiento del área urbana de la Ciudad de México (AUCM). 66

4.1. Dinámica de crecimiento de la mancha urbana continua de la Ciudad de México, 1524-1990. 67

4.2. Cuantificación del crecimiento de la mancha urbana continua de la Ciudad de México, 1973-1993. Resultados. 72

4.2.1 Resultado 1: expansión absoluta y tasa de crecimiento horizontal, 1973-1993. 72

4.2.2. Resultado 2: patrones de expansión física. 73

4.2.3. Resultado 3: patrones de expansión física diferencial. 74

4.2.4. Resultado 4: topografía y patrones de expansión física. 76

4.2.5. Resultado 5: división política y patrones de expansión física. 79

4.3. Patrones de densidad. 80

4.4. Patrones de segregación espacial. 82

4.5 Estructura interna. 83

4.6. Impacto del crecimiento urbano sobre los suelos. 85

4. 7. Límites al crecimiento físico. Conclusión. 86

Bibliografía. 88

Introducción.

Introducción.

Resumen.

Esta tesis tiene como objetivo estudiar el crecimiento cuantitativo de la mancha urbana de la ZMCM en las pasadas dos décadas. En ella se exponen algunos de los patrones de crecimiento horizontal del área urbana, en el periodo 1973-1993, a través de la interpretación de imágenes obtenidas por sensores remotos. Las preguntas a responder son ¿de dónde, en qué sentido, cómo y a qué ritmo está avanzando el tejido urbano de la Ciudad de México?

La forma y estructura de las ciudades modernas es resultado de numerosos factores económicos, sociales y culturales que operan a través del tiempo. En el último siglo la población urbana mundial se ha incrementado rápidamente, dando como resultado un aumento frenético de las actividades constructivas y reconstructivas que transforman rápidamente la planta urbana de las ciudades. Una de las características más evidentes de la urbanización industrial es su fuerte tendencia a expandirse hacia las periferias. De alguna manera las mismas fuerzas que han hecho posible la extrema concentración urbana también están posibilitando su dispersión, contribuyendo a una mayor urbanización al absorber en su expansión grandes espacios y comunidades rurales. El dinamismo experimentado por estas ciudades crea un fenómeno nuevo, en el que las partes rurales alrededor de las metrópolis crecen más rápido que las áreas urbanas dentro de la ciudad central.¹ El movimiento centrífugo de residentes, servicios urbanos, establecimientos comerciales e industriales, facilitado por el avance en las comunicaciones y el transporte motorizado, ha hecho posible que las enormes aglomeraciones continúen creciendo sin enfrentar graves problemas de densidad. Así, la vasta urbanización producto de este fenómeno devora una gran cantidad de terreno causando cambios importantes en los usos del suelo, que en sus momentos más dramáticos ponen en peligro al ecosistema urbano y su *hinterland* rural. A finales de este siglo debemos pensar en las ciudades

¹Kingsley, "The Origin and Growth of Urbanization in the World", 1955.

no como puntos en el espacio, sino como entes que consumen enormes cantidades de espacio.²

Para el caso mexicano, en los censos siempre estamos atentos a registrar el comportamiento demográfico de las ciudades, principalmente lo que se refiere a su crecimiento poblacional y económico, pero pocas veces nos preguntamos qué repercusiones, en cuanto a espacio físico construido, tiene tal crecimiento. El no contar con esta información ocasiona que el engrosamiento urbano de nuestras ciudades continúe siendo anárquico. Pues mientras desconozcamos, en términos cuantitativos, el consumo anual de suelo de nuestras metrópolis y hacia qué terrenos se expanden, no podremos prevenir su crecimiento desordenado, con la consecuente destrucción e invasión incontrolada de terrenos agrícolas y forestales.

Con tal preocupación en mente, esta tesis tiene como objetivo estudiar el crecimiento cuantitativo de la mancha urbana de la ZMCM en las dos últimas décadas. En ella se monitorea la tasa de crecimiento horizontal del área urbana continua, sus patrones de crecimiento y algunos efectos económicos, sociales y ecológicos que esta expansión ha tenido. Para evitar confusiones, aclaro que con base en Luis Unikel y María Eugenia Negrete, en este trabajo se entiende por área urbana a la superficie habitada o construida con usos del suelo de naturaleza urbana (no agropecuario), y que partiendo de un núcleo central original presenta continuidad física en todas direcciones hasta que es interrumpida por terrenos de usos no urbano (bosques, sembradíos, cuerpos de agua, llanuras, etc.).³ Por lo cual, cuando me refiera a la mancha urbana, tejido urbano o área urbana de la zona metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), sólo me estoy refiriendo a aquel espacio urbano construido de manera continua a partir del centro de la ciudad. No incluyo aquellas áreas urbanas que aunque integradas funcionalmente a la ciudad, no guardan una continuidad física con ella, tal es el caso de pueblos y cabeceras municipales como Amecameca, Teotihuacan o Zumpango, que si bien están integradas a la ZMCM, aun no son absorbidas por la mancha urbana ininterrumpida que tiene como epicentro el zócalo capitalino.

²Gottmann. "Megalopolis or the Urbanization of Northeastern Seaboard", 1957.

³Negrete. "Dinámica demográfica y densidad poblacional en la zona metropolitana del valle de México", 1994, y Unikel, *La dinámica del crecimiento de la ciudad de México*, 1972.

Tanto la cuantificación como el estudio de los patrones de crecimiento del área urbana de la Ciudad de México (AUCM) se realizaron a través de la interpretación de 3 imágenes satelitales, obtenidas por los sensores remotos del sistema Landsat en los años de 1973, 1985 y 1993, aplicando técnicas de teledetección espacial.

Para su consulta este trabajo está dividido en cuatro capítulos. En el capítulo I se estudian, a través de la teoría económica, algunos de los factores implícitos en el crecimiento horizontal de las urbes, enfatizando el significado económico de los patrones de crecimiento en un contexto de libre mercado. En el segundo capítulo se contrasta la teoría con el caso específico de la expansión física de la Ciudad de México, con el fin de detectar convergencias y divergencias entre el contexto teórico y la práctica de la urbanización periférica mexicana. Por su parte, en el capítulo III se expone la metodología y el instrumental técnico utilizado para la cuantificación del crecimiento urbano por medio de la teledetección espacial, como una de las muchas aplicaciones de esta tecnología a los estudios urbanos. Para finalmente, en el capítulo IV, analizar el crecimiento físico cuantitativo de la ciudad a lo largo de las dos décadas de estudio.

Espero de que este trabajo sea útil para todos aquellos que deseen adentrarse en el fascinante estudio de la periferia urbana de las ciudades modernas, en especial la periferia del AUCM, y deseo agradecer nuevamente a todas aquellas personas que hicieron posible su realización. Gracias.

GGM.

Capítulo 9

Capítulo I. El crecimiento externo de la ciudad: caso teórico.

Resumen

En este capítulo se examinan las principales posiciones teóricas acerca del crecimiento externo de las ciudades con el fin de identificar los factores causales que intervienen en él, tomando como base el análisis de la teoría económica del mercado de tierra urbana en un contexto de libre empresa.

1.0. Procesos causales del cambio urbano.

En general, todas las actividades que realiza el hombre adquieren una dimensión espacial que queda plasmada como huella en la superficie territorial, donde se desenvuelve el quehacer cotidiano de las sociedades. En términos de espacio urbano este orden está descrito frecuentemente por regularidades en los patrones del uso de suelo que sintetizan la distribución de las actividades urbanas y de la población.⁴ Pero, las áreas urbanas no son inmutables y están expuestas a un sin fin de vaivenes. La economía puede expandirse o declinar, y la población puede incrementarse o decrecer debido a causas naturales o migratorias. Como resultado de esto, la localización óptima de los habitantes y sus actividades a nivel intraurbano puede ser alterada. Los edificios vacantes por ciertos inquilinos pueden ser reocupados por otros o pueden ser demolidos y reemplazados por estructuras diferentes.

Nunca se establece un equilibrio dentro del área urbana en lo que toca a los precios del suelo y sus usos, ya que las condiciones dominantes de oferta y demanda son insuficientemente estables, para que antes que se terminen de completar un conjunto de ajustes ya se necesiten otros. Mucho de esto se debe a la naturaleza de la inversión privada en un contexto de libre mercado.⁵

⁴Carter, *An Introduction to Urban Historical Geography*, 1983; Knox, *Urbanization an Introduction to Urban Geography*, 1994.

⁵Utilizaremos este enfoque por su gran capacidad explicativa en un contexto puramente teórico, aunque es obvio que en la práctica no existe ningún país en donde las fuerzas del mercado operen libremente, sin ningún tipo de interferencia estatal o de organizaciones tradicionales, propias de cada sociedad. Es por ello que más adelante, en este el capítulo,

Cuando analizamos el fenómeno desde el punto de vista de la teoría económica, ésta nos explica que una función del mercado de tierra urbana o bienes raíces es realizar los ajustes necesarios que va requiriendo el auge o declinación de una área urbana.⁶

Así, si el crecimiento urbano ocasiona un incremento permanente en la demanda residencial, los precios de las casas se elevarán en el corto plazo, ya que la oferta es inelástica y el *stock* inmobiliario existente debe utilizarse de forma más intensiva.⁷ En el caso de que el incremento en los precios sea lo suficientemente grande, las compañías constructoras obtendrán beneficios extraordinarios. Esto provocará un incremento en la oferta de casas al convertirse la tierra vacante en suelo urbano y en algunos puntos reintensificarse su uso residencial; estableciéndose nuevos patrones inter e intraurbanos de uso, intensidad y valor del suelo.

Las causas de tales cambios son diversas con derivaciones de fuentes económicas y no económicas. La existencia de oportunidades, en particular el estado de desarrollo económico, son los principales determinantes del potencial de crecimiento urbano. En términos demográficos el crecimiento urbano de una nación se reflejará en la proporción de su población urbanizada con respecto a su población total y la tasa de crecimiento de sus habitantes urbanos. La urbanización genera crecimiento porque origina un proceso acumulativo circular; en donde las áreas urbanas ofrecen oportunidades para una mayor especialización que ocasiona un incremento en la producción de bienes y servicios, equivalente a un incremento real en el ingreso *per capita* de la población urbana. Mayores ingresos aumentan el

se aborda el caso particular de la Ciudad de México, observando las interferencias prácticas al caso teórico, provocadas por factores políticos y sociales.

⁶Goodall, *The Economics of Urban Areas*, 1974.

⁷Se dice que la oferta residencial es inelástica en el corto plazo, porque la cantidad ofrecida de espacios edificados no aumenta independientemente de lo que suba el precio. Esto ocasiona que toda la demanda tenga que acomodarse en las construcciones existentes, incrementándose la densidad de uso. En el largo plazo la curva de oferta se hace más elástica, ya que los altos precios inmobiliarios estimulan a los inversionistas de bienes raíces a incrementar las existencias de construcciones, ajustándose la curva de oferta a la demanda. No obstante, rara vez se llega a un equilibrio real, siendo por lo general la demanda superior a la oferta.

tamaño del mercado lo que lleva nuevamente a una mayor especialización y por tanto, a otro incremento en el ingreso. Las oportunidades de empleo urbano atraen fuerza de trabajo adicional provenientes de las áreas no urbanas, y más trabajadores significa un mercado aún más grande. El crecimiento económico urbano también provee la sobreproducción de bienes manufacturados necesarios para la adquisición de mayores provisiones alimentarias demandadas por la creciente población urbana.

Por su parte el crecimiento de población urbana se origina en dos fuentes: el crecimiento natural, y por los flujos migratorios campo-ciudad y/o migración internacional. A pesar de que estas fuentes de crecimiento poblacional actúan conjuntamente, se ha demostrado empíricamente que es la migración, y no el crecimiento natural, el principal agente del crecimiento o decaimiento de las áreas urbanas.⁸

El cambio tecnológico es más rápido en las áreas urbanas porque en ellas se concentran y demandan soluciones a problemas desconocidos en las áreas rurales. De igual forma en ellas se concentra la capacidad inventiva e innovadora, enfocada a la producción de más bienes y servicios con un *input* dado de recursos. Las decisiones políticas promueven también el crecimiento de algunas áreas urbanas favorecidas, especialmente en la elección de algunas ciudades para funcionar como centros administrativos locales o regionales.⁹ Repercusiones similares se siguen al establecimiento de infraestructura social y productiva: universidades, carreteras, hospitales, etc.

El crecimiento no afecta a todas las áreas urbanas de la misma manera: algunas incrementarán su población y bienestar económico más rápido que otras, o bien algunas más pueden, incluso, declinar. La competencia interurbana determinará el grado hasta el cual crecerán, se estancarán o

⁸Moser y Scott, *British Towns: A Statistical Study of the Social and Economic Differences*, 1961.

⁹Para el caso mexicano, Chetumal sería un buen ejemplo de una urbanización inducida por decisiones políticas. Así, por motivos estratégicos para afianzar la soberanía nacional en la frontera con Belize, Chetumal pasó de una garita militar en la década de 1940, a la capital del estado de Quintana Roo con una población actual que rebasa los cien mil habitantes.

declinarán. El factor crítico en esta competencia es la capacidad relativa que tiene cada ciudad para atraer nuevas inversiones.¹⁰

1.1. Oferta y Demanda de Suelo Urbano.

El crecimiento y estructura urbana se ven afectados principalmente por los cambios de la base económica del área urbana. Con su expansión, ésta puede adquirir nuevas funciones e incrementar el tamaño de las ya existentes. Alterando así las relaciones intraurbanas y su área de influencia local y regional (*hinterland*), incrementado su extensión física, y la reorganización interna de sus actividades.¹¹ El papel de la industria, ya sea expandiendo o racionalizando sus operaciones, determinará ciertos factores necesarios de la producción: trabajo y capital; esto tiene una influencia directa sobre otras actividades complementarias y de servicios. El incremento del tamaño del área urbana puede atraer industrias adicionales, algunas de vanguardia tecnológica, que son nuevos elementos que tienen que ser acomodados en el patrón de uso de suelo urbano. Por lo que el crecimiento vendrá acompañado de cambios en las condiciones existentes de oferta y demanda de suelo urbano, con la demanda cambiando más aceleradamente en términos de volumen y calidad.

Algunos cambios en los patrones espaciales intraurbanos, tales como el crecimiento de las áreas residenciales hacia el anillo externo de la ciudad o la expansión lateral del distrito comercial central,¹² derivan simplemente de un incremento en el tamaño de la población, lo que genera un incremento en la demanda de espacio para una población dada. En un periodo de tiempo el número y tipo de compañías y unidades domésticas que demandan predios urbanos estará cambiando, así como sus requerimientos locacionales, debido a alteraciones en las unidades existentes y cambios en sus características: por ejemplo, el ciclo de vida de la familia, mayores ingresos, gustos diferentes, etc., que ocasionan cambios en el patrón residencial urbano.

Nuevos métodos de productivos y la habilidad cambiante de los factores de producción, ocasionan cambios semejantes en el uso de suelo de las actividades productivas. A nivel intraurbano la reducción de la fricción de

¹⁰Hirsh, *Análisis de economía urbana*, 1977.

¹¹Carter, *The Study of Urban Geography*, 1981.

¹²Traducción del CBD (*Central Business District*).

la distancia, gracias al uso generalizado de los vehículos automotores, ha expandido el rango de elección locacional de la población y las actividades urbanas, al provocar una homogeneización del suelo en términos de accesibilidad para todos los usos: manufacturero, comercial y residencial. Al adaptarse a circunstancias cambiantes, una actividad productiva altera la cantidad de espacio que consume para compensar o substituir el aumento del precio de la tierra y los costos de transporte. Tarde o temprano todas las actividades urbanas se verán forzadas a considerar locaciones alternativas cuando los edificios que ellas ocupan necesiten reemplazarse.

1.2. Expresión Física del Crecimiento Urbano.

Las áreas urbanas crecen centrífugamente, por lo que las principales rutas de transporte tienen una influencia dominante en la dirección de la expansión física. Esto deja al núcleo original o centro como la zona más vieja y menos actualizada del área urbana. El incremento del tamaño total del área urbana tiene impactos intensivos y extensivos. La infraestructura existente es usada de forma más intensiva, mientras que se construyen nuevos edificios en respuesta a la demanda de acomodo que sobrepasa la oferta proporcionada por los edificios ya existentes. Esto representa un uso más intensivo en el caso de redesarrollo urbanos en la ciudad interna, y más extensivo cuando el área construida se extiende. Un incremento del área construida aumenta la extensión y exposición promedio de todos los movimientos intraurbanos.

El crecimiento urbano necesita una inversión considerable en su planta física. Como consecuencia de fluctuaciones en la inversión, bajo condiciones de libre mercado, el crecimiento urbano se comporta como un proceso acumulativo y cíclico. Podemos decir que el crecimiento de cualquier área urbana particular no es un proceso continuo, sino una sucesión de saltos que se relaciona con la indivisibilidad de ciertas inversiones básicas en la infraestructura esencial para el desarrollo.¹³ El crecimiento, especialmente el suburbano, corresponde a periodos de bonanza económica que generan un patrón de actividad constructiva cíclico. Por lo tanto, la inversión inmobiliaria nueva, como base del cambio urbano estructural, es uno de los elementos más volátiles de la economía nacional. Así, la inversión de capital en diferentes tipos de construcción dentro de una ciudad particular está

¹³Malisz, "Implications of Threshold Theory for Urban and Regional Planning", 1961.

fuertemente relacionada con la inversión general en diferentes sectores de la economía nacional.¹⁴

Los cambios en la distribución de los patrones de actividad intraurbanos en un periodo de tiempo, no sólo reflejan la relocalización física de las actividades existentes, sino también las tasas diferenciales de desarrollo entre los distintos sectores urbanos. La redistribución de las actividades productivas a lo largo de grandes áreas, en respuesta a fuerzas estructurales, provoca la expansión de la ciudad.¹⁵ De esta forma, los obstáculos formidables a la expansión de grandes plantas manufactureras en sus posiciones existentes, a la luz de una tecnología de espacio extensiva, reduce la demanda de locaciones centrales. A donde quiera que una firma cambie su localización, el nuevo sitio debe ofrecer suficientes ventajas para cubrir el costo envuelto en el traslado, tal como el sacrificio de todo el capital fijo no transportable. Aparte de la relocalización de las unidades existentes, la descentralización relativa ocurrirá como resultado de la declinación de las firmas con desventajas locacionales y el éxito de las nuevas firmas con sitios urbanos periféricos más favorables.¹⁶

El proceso físico del crecimiento urbano envuelve la expansión lateral, redensificación, ocupación de baldíos (infilling), y la reorganización interna del área construida existente. El costo del suelo en varias locaciones, en relación al costo de construir un nivel adicional, impone un límite económico a la expansión vertical del área urbana, y la presión de la demanda, más allá de cierto punto, lleva a un crecimiento horizontal. El área urbana existente se expandirá vía crecimientos: concéntricos, axiales, y/o de dormitorio (figura 1).

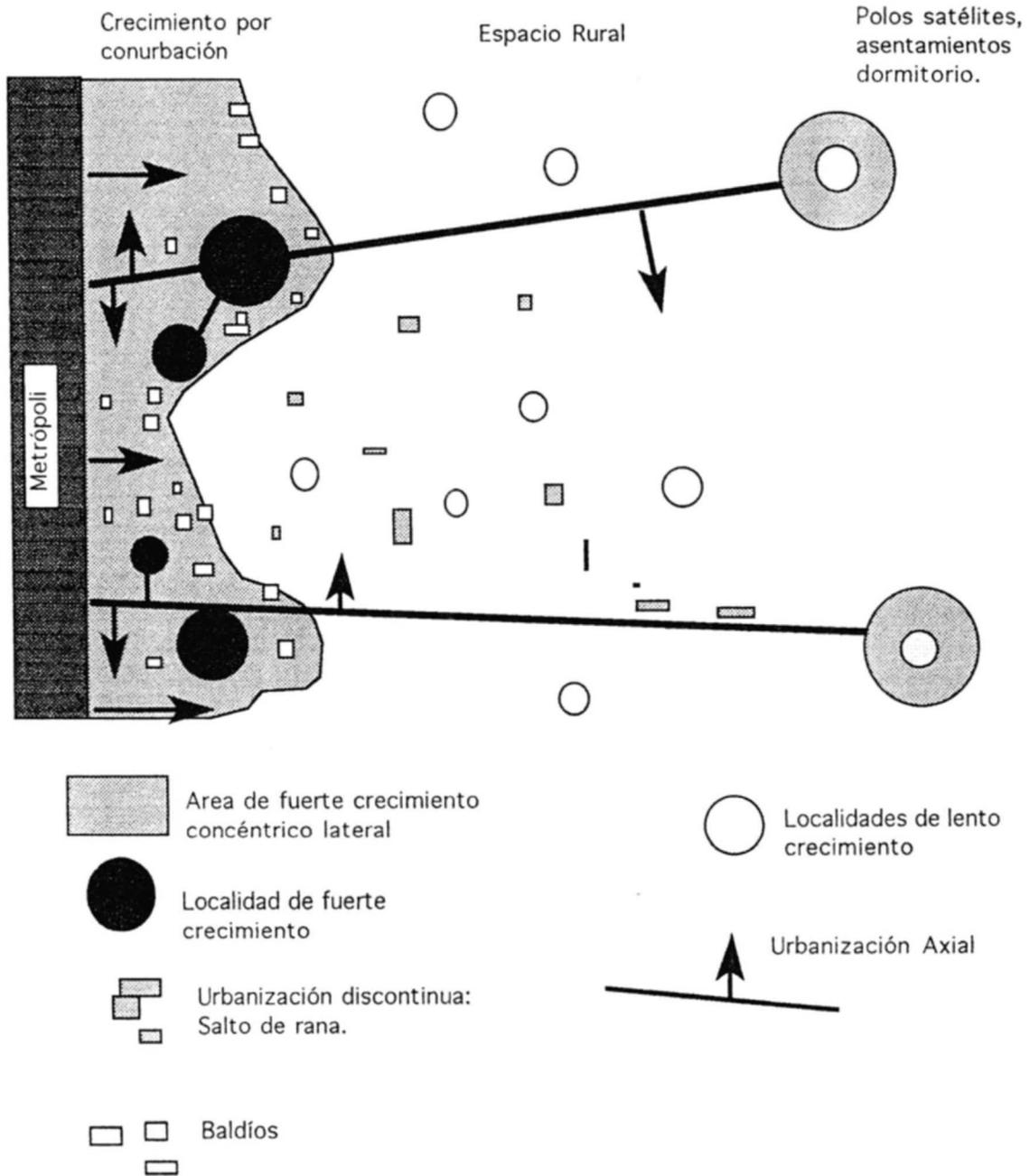
La ocupación de los baldíos toma lugar cuando los lotes o áreas no construidas que fueron saltados en la expansión comienzan a urbanizarse. Aquellos sitios que en un principio fueron igncrados, debido a alguna desventaja que elevaba sus costos de producción a niveles prohibitivos, comienzan a desarrollarse como resultado de avances en la tecnología de construcción, como por ejemplo el pilotaje de cimientos en suelos inestables.

¹⁴Bourne, *Private Redevelopment of the Central City*, 1967.

¹⁵Campbell y Burkhead, "Public Policy for Urban America", 1968.

¹⁶Alonso, "The Historic and Structural Theories of Urban Form: Their Implications for Urban Renewal", 1964.

Figura 1. Patrones de expansión urbana.



Modificado de Banzo y Linck, 1996.

La posición relativa de tales sitios dentro del área urbana permite ahorros en el costo de transporte, que compensa los mayores costos de construcción. De la misma manera, otros sitios previamente desarrollados extensivamente, pueden ser subdivididos, como cuando nuevas casas se construyen en los grandes jardines de las viejas residencias.¹⁷

El incremento de la demanda inmobiliaria, que acompaña el crecimiento urbano, será satisfecho primeramente con el *stock* de las construcciones existentes. Sólo más tarde se generarán inversiones en nuevas construcciones que cubrirán la demanda no satisfecha. Una persona o firma que requiera alguna localización dada, se debe ajustar a los edificios ya existentes en ese punto, no importando en una primera instancia, si son o no del todo adecuados para el funcionamiento de la actividad en cuestión. El arreglo continuo en las actividades de las firmas y unidades domésticas existentes, y la movilidad de los ocupantes, provoca que los edificios se utilicen frecuentemente con propósitos diferentes de aquellos con que fueron creados. Así, un edificio puede atravesar por una sucesión diversa de usos y ocupantes.

Como la demanda cambia a lo largo del tiempo, el *stock* de edificios puede alterarse para cubrir estas alteraciones. Los edificios existentes pueden modificarse de acuerdo a los nuevos requerimientos o bien se levantarán nuevas construcciones en lugares adecuados y con las especificaciones demandadas. Debido al envejecimiento y la obsolescencia, el remplazo inmobiliario siempre está vigente y en constante operación, con lo que cada área de la ciudad adquiere, por prueba y error, un uso mejor dados los requerimientos del momento. Casas de una planta son reemplazadas por edificios de varios pisos, al hacerse un uso más intensivo de las locaciones más accesibles. Las nuevas construcciones producto de redesarrollos provocan efectos laterales, ya que cualquier actividad desplazada debe buscar acomodo en algún otro lugar.¹⁸ En resumen, cada lote urbano tarde o temprano experimentará una serie de distintas construcciones. La conversión de

¹⁷Tal es el caso de los redesarrollos inmobiliarios en los predios de las antiguas casonas de las colonias Roma, Condesa y Juárez. Por desgracia, en estas reurbanizaciones generalmente se pierde una parte importante del patrimonio arquitectónico e histórico de las ciudades, cuyo costo económico no es considerado por la teoría.

¹⁸Mayer, *The Urgent Future: People, Housing, City, Región*, 1967.

edificios existentes, con o sin modificaciones, a nuevos usos y desarrollos urbanos forman parte del proceso de reorganización interna.

En la figura 2 podemos observar el comportamiento constructivo de la ciudad en sus dos variantes principales: reurbanización de las áreas internas, y la urbanización por apertura de nuevas tierras periféricas. Dado que las construcciones más viejas están frecuentemente más cercanas al centro del asentamiento, la proporción de nuevas construcciones producto de desarrollos declina progresivamente al incrementarse la distancia del centro a la periferia, tal como lo muestra la línea RR en la figura. Alternativamente se incrementará la proporción de edificios nuevos construidos en suelo recién abierto a la urbanización, al aumentar la distancia del centro a la periferia, línea VV. Sin embargo, si observamos esta relación en términos de volumen de construcción, la actividad constructiva es mayor en la periferia urbana, con un segundo pico que representa las actividades de desarrollo dentro y alrededor del centro de la ciudad (figura 3).¹⁹

El crecimiento físico de un área urbana envuelve el proceso antagónico, y a su vez complementario, de la concentración espacial de más actividades y gente dentro del área, al tiempo que se descentralizan las actividades a nivel intraurbano. La reorganización interna, especialmente el desarrollo y la expansión suburbana son parte de un mismo proceso y proporcionan alternativas de inversión para cualquier actividad urbana.

1.3. Problemas de adaptación en el proceso urbano.

La creación y la adaptación del ambiente urbano es un proceso de largo plazo, y nunca se completa. El actual patrón de uso de suelo en cualquier área urbana está fuertemente condicionado por los desarrollos de edificaciones e infraestructura previos. Ya que una vez construidos pueden dominar el crecimiento subsecuente por varias generaciones. El *stock* de edificios e infraestructura urbanos se han acumulado a lo largo de grandes periodos de tiempo, en respuesta a una constante demanda de espacio y en consonancia a los requerimientos de cada periodo. Un área urbana, en el sentido físico de las construcciones e infraestructura, es relativamente estática, pero las actividades comprendidas en la ciudad, vistas como una entidad socioeconómica, son elementos dinámicos cuyos requerimientos de

¹⁹Goodall, *op. cit.*, 1974.

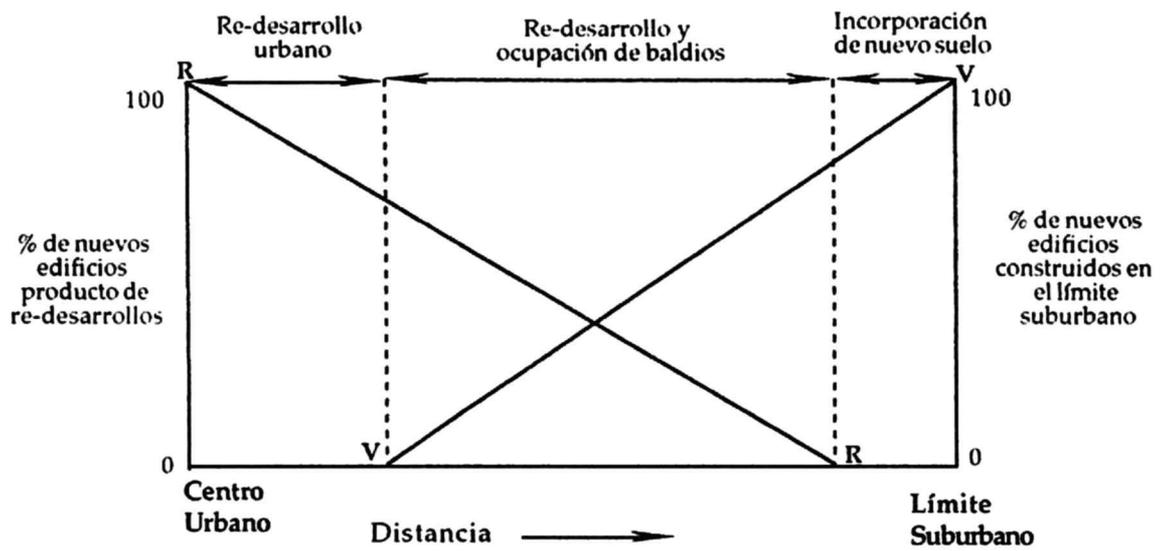


Figura 2. Proporción de nuevos edificios construidos en re-desarrollos urbanos y en tierras vacantes periféricas.

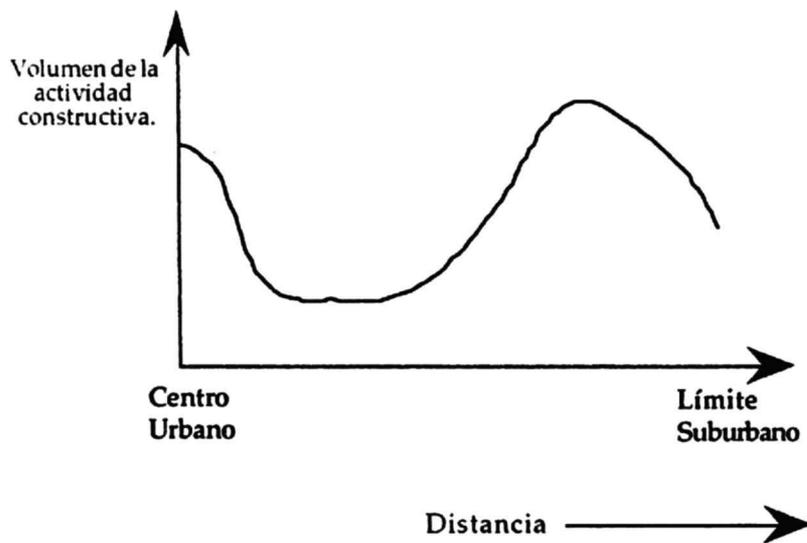


Figura 3. Volumen de la actividad constructiva en una área urbana en relación a la distancia del centro urbano.

locaciones y edificios cambian mucho más rápido de lo que el inventario inmobiliario puede hacerlo. Las estructuras físicas por su durabilidad son elementos “perezosos”, por lo que las actividades dinámicas se deben ajustar a las estructuras ya existentes lo mejor que pueden. Pues las construcciones nuevas representan sólo una pequeña fracción del *stock* existente, que está dominado por las construcciones anteriores. Poco a poco, con el tiempo, el *stock* inmobiliario se desfasa de las nuevas demandas de espacio, y en ningún caso podrá otorgar soluciones eficientes a las nuevas y crecientes necesidades, como lo podría hacer el desarrollo de áreas vírgenes.

La estructura espacial existente del área urbana y la disponibilidad de edificios, actúan como un marco restrictivo para el cambio. Los cambios en cualquier periodo de tiempo se presentan por medio de modificaciones menores alrededor de concentraciones importantes de actividades dinámicas. Pero, ¿por qué realizar modificaciones en el diseño de las construcciones en lugar de mudarse a nuevas estructuras? Las tendencias existentes para mudarse a locaciones óptimas se ven severamente restringidas por la presencia de costos sumergidos en las locaciones actuales. Los costos sumergidos en las construcciones tienen amortizaciones a muy largo plazo y no pueden retirarse del edificio. La distribución locacional del *stock* inmobiliario es fija, y como resultado los edificios no pueden escapar a las características de su entorno. Por lo que los patrones existentes de uso de suelo urbano reflejan tanto la continuación como la reorganización de las actividades urbanas. Cualquier ajuste en el patrón es un proceso donde actúan, de forma separada o en conjunto, las actividades productivas, inversionistas, autoridades gubernamentales y grupos sociales, cada uno en respuesta a sus necesidades y limitaciones.

En el desarrollo de cualquier área urbana el suelo es clasificado en lucrativo y no lucrativo. Una vez que se ha realizado esta distinción, tiende a fosilizarse, por lo que el sector privado tiende a tomar el patrón de uso de suelo e infraestructura como dado. Por ejemplo, los redesarrollos realizados por la iniciativa privada se llevan a cabo sobre la estructura existente de calles y carreteras sin modificarla mayormente. En el corto plazo no es posible realizar cambios importantes en los usos de suelo no lucrativos. Mientras que en el largo plazo se pueden realizar algunos ajustes menores, como la ampliación de calles, ya que la adaptación de suelo urbano para acomodar usos no lucrativos requiere de inversiones considerables. Esto afecta

negativamente la velocidad real de ajuste de las áreas urbanas a las condiciones cambiantes.

La propiedad inmobiliaria urbana se ve fuertemente influenciada por restricciones legales y con cada propiedad sujeta a diferentes controles y acuerdos, responde diferencialmente a las necesidades en constante cambio. En especial el tamaño de cada predio, que refleja un óptimo del pasado, puede no representar el óptimo actual. Y aunque el tamaño del predio puede ser obsoleto, por ciertos factores de propiedad, no pueden realizarse los cambios necesarios rápidamente. De forma similar, la adaptación a través de nuevas construcciones es lenta, debido a que el tiempo que se necesita para que un edificio pueda ocuparse es muy largo, en parte por el tiempo que se consume en la adquisición del terreno sobre el que se va a construir, el diseño y arreglo del financiamiento, así como el proceso real de construcción.²⁰

Dada la durabilidad de las construcciones, las dificultades para alterar el tamaño de un sitio, la provisión de usos no lucrativos y el tiempo requerido para realizar nuevos desarrollos, el ajuste dentro de las áreas urbanas no llega a completarse nunca, lo que resulta en un funcionamiento cada vez menos eficiente del área urbana en su conjunto.

1.4. Expansión externa.

La expansión física del área urbana es la expresión del crecimiento demográfico y la redistribución de las actividades dentro del área urbana. Mucho de lo que ha sido identificado como descentralización es de hecho sólo crecimiento. La cantidad de tierra necesaria por unidad de tiempo para acomodar la expansión exterior del área urbana, dependerá del tamaño del área urbana en sí, su tasa de crecimiento, la proporción de la demanda canalizada hacia los suburbios y la densidad de los nuevos desarrollos. En cualquier momento, existen una gran cantidad de sitios que pueden ser urbanizados, más de los que se necesitan. ¿en cuál de todos estos sitios posibles se llevará a cabo el desarrollo? La solución a esta pregunta está determinada por los patrones de expansión externa, que vistos desde la teoría general del uso de tierra urbana, representan un problema de análisis en el margen.

²⁰ Lean y Goodall, *Aspects of Land Economics*, 1966.

1.4.1. El patrón de la expansión externa.

El patrón de expansión urbana sobre la periferia puede describirse como un "desbordamiento" o un "derramamiento" de algún punto del límite urbano en un momento determinado. El desborde se presenta primeramente a lo largo de las principales líneas de crecimiento, carreteras y caminos (expansión axial), pero es más notorio cuando las áreas urbanas en general se están ensanchando rápidamente alrededor del centro de más rápido crecimiento (expansión concéntrica). Inicialmente la dilatación urbana sobre la tierra vacante suele confinarse a usos de suelo residenciales e industriales. La primer oleada de desarrollos en cualquier zona periférica es muy irregular, apareciendo las áreas urbanizadas como parches en el terreno. Esto refleja factores tales como diferencias de acceso al suelo, principalmente por la presencia o ausencia de servicios urbanos y variaciones en el tamaño de las áreas a urbanizar. Así, uno de los rasgos principales de la expansión periférica, bajo el régimen de libre mercado, es su tendencia a la discontinuidad, y esto ha sido denominado "desbordamiento urbano irregular" o "no continuo" (expansión discontinua).²¹ Tal vez sea más preciso llamar a este tipo de expansión, como "crecimiento de salto de rana", indicando que áreas de suelo baldío o no urbanizado, separan entre sí a las nuevas áreas construidas y a éstas de la urbanización continua.²² Otro rasgo importante en el crecimiento de grandes áreas urbanas es la "aparición" o surgimiento de nuevos asentamientos separados del núcleo principal.²³ Estos nuevos núcleos son asentamientos dormitorios, ya que dependen del área urbana mayor para satisfacer su demanda de empleo, consumo comercial y otros servicios (figura 1). Estas "ciudades dormitorio" se reconocen por poseer una excesiva proporción de uso de suelo residencial. En adición a estos desarrollos esporádicos, la dilatación urbana sigue las líneas de mínima resistencia, esencialmente las carreteras radiales que comunican a la ciudad con su

²¹ El término en inglés es *sprawl*, cfr. Clawson, "Urban sprawl and speculation in suburban land", 1962.

²² Este patrón se ha identificado en la urbanización periférica de la Ciudad de México a lo largo del tiempo. Actualmente es observable en la periferia oriental y norte de la ciudad, en Ayotla, Chicoloapan, Texcoco, Ecatepec, Tizayucan, Coacalco y Tutitlan, entre otros. Véase capítulo IV.

²³ Dickinson, "Regional relations of the city", 1951.

entorno regional.²⁴ La propagación axial del espacio urbano ocurre cuando el suelo rural a ambos lados de una carretera es convertido a uso urbano. Esta "cinta urbana" se engrosa paulatinamente hasta alcanzar anchos considerables de construcciones.²⁵ Regularmente este primer desbordamiento suele ser de baja densidad y esto se convierte en otro rasgo importante de la urbanización periférica.²⁶

1.4.2. La expansión urbana sobre tierras agrícolas.

El desarrollo urbano potencial representa una amenaza a la existencia agrícola en el límite urbano-rural. De hecho, mucha de la tierra rural en la periferia es separada del cultivo por especuladores y permanece inactiva hasta su urbanización. Tal tierra deriva su valor de la expectativa de su desarrollo inmobiliario y la demanda urbana incrementa su valor por encima de la ganancia agrícola.²⁷ Si bien esto no significa que la tierra deje de ser utilizada inmediatamente para el cultivo ya que se presentan casos de especuladores urbanos, que una vez adquirida la tierra de un agricultor, se la arriendan a otro para amortizar un poco el costo de mantener la propiedad hasta que ésta sea urbanizada. Sin embargo, el cultivo exitoso llega a convertirse en una actividad difícil y arriesgada. En algunos casos, solamente una parte de una granja o terreno agrícola es vendida para su desarrollo, dejando algún remanente demasiado pequeño para que sea una entidad económica viable, dando como resultado que también se separe del cultivo. La expansión de la ciudad, por lo tanto, puede ocasionar un incremento de tierras ociosas y

²⁴Tal fue el caso en su momento de Chalco, Texcoco Cuajimalpa, San Miguel Ajusco, Tlalpan, Contreras, Iztapalapa y la mayoría de los antiguos poblados que han sido absorbidos por la mancha urbana. Actualmente se puede observar el fenómeno de ciudades dormitorio en Temamatla, Nepantla, Ozumba, Amecameca, Tlalmanalco, Coatepec, Coatlinchan, Acolman, San Martín de las Pirámides, San Juan Teotihuacan y Zumpango entre otras.

²⁵ Este proceso es palpable a lo largo de las carreteras México-Puebla, México- Texcoco, México-Queretaro, México-Toluca, Texcoco-Villa de las Flores y la Avenida Central. Véase capítulo III.

²⁶Harvey y Clark. "The nature of economics of urban sprawl", 1965.

²⁷Best y Champion, "Regional conversion of agricultural land to urban use in England and Wales, 1945-1967", 1970.

económicamente improductivas, aún mucho tiempo antes de que la mancha urbana se extienda sobre el suelo rural.

1.4.3 Factores que intervienen en los patrones de expansión.

La dilatación física de la ciudad ocurre porque es económica, en términos de las alternativas disponibles a las firmas y unidades domésticas que están decidiendo su localización entre el espacio interior urbano y el periférico rural. En muchas ocasiones el suelo disponible dentro de la ciudad no es utilizado para los nuevos desarrollos, debido a que el tamaño de los lotes suelen ser pequeño y es costoso adquirir sitios ya fincados con estructuras inadecuadas. Más de las veces el desborde hacia la periferia está determinado por la dispersión de plantas manufactureras que desean aprovechar los grandes espacios que la periferia les ofrece a precios más accesibles. Estas empresas escogerán locaciones con buena infraestructura de transporte y fácil acceso a una o más áreas urbanas.²⁸ Por su parte, el vehículo automotor ha provisto la condición esencial para la expansión residencial, ya que ha permitido un fácil traslado de los suburbios a las núcleos de la ciudad y viceversa, no obstante, este tránsito no es necesariamente barato. Por su parte, los desarrollos de baja densidad son posibles en las partes externas del área urbana, porque hay un incremento más que proporcional en la provisión de suelo al incrementarse la distancia del centro al límite urbano.²⁹

Ya que todos los propietarios buscan maximizar el precio o renta que pueden obtener de su tierra, es de esperarse que los sitios adyacentes al área urbanizada continua serán los primeros en desarrollarse. Esto se debe a que tales terrenos gozan de ventajas locacionales y de acceso a los servicios

²⁸Gottman. *Megalópolis*, 1961. En la ciudad de México este fenómeno ha sido cierto en la urbanización del norte de la ciudad: Azcapotzalco, Naucalpan, Tlalnepantla, y Ecatepec. No así para la urbanización del oriente, poniente y sur que ha sido residencial y comercial principalmente.

²⁹En la Ciudad de México el radio promedio entre el centro de la ciudad y su frontera rural-urbana es de 26.2 Km., lo que equivale a una superficie susceptible de urbanizar de unos 2156 Km². Si este radio promedio aumentara digamos a 30 Km., la superficie susceptible de urbanización se incrementaría a 2827 Km². Es decir, que con un aumento de 2.8 Km. en el radio urbano, se expondrían 671 Km² nuevo terreno a una posible urbanización; claro está, si no hubiera obstáculos topográficos. Véase el capítulo IV.

urbanos y a la infraestructura de transporte presente. Sin embargo, frecuentemente el desarrollo suburbano toma lugar en la ausencia de información perfecta de parte de los desarrolladores inmobiliarios, por lo que surgen incertidumbres, que junto con la variabilidad de las características del sitio y las preferencias individuales, ocasionan urbanizaciones dispersas. El ensanchamiento del límite urbano ha sido descrito como un proceso de difusión espacial, en el cual el desarrollo de nuevas propiedades es, manteniendo la tierra homogénea, un fenómeno aleatorio en cuanto a la dirección del crecimiento. La urbanización suburbana se comporta como una curva de probabilidad inversa con respecto a la distancia desde el área urbana, es decir, que las probabilidades de desarrollo son mayores para los sitios más cercanos al continuo urbano, así como en ciertas áreas alejadas de él, presentándose los "saltos de rana" o huecos en la urbanización.³⁰

Bajo el sistema de precios todas las adiciones incrementales a la franja urbana son aventuras especulativas. Los propietarios poseen una variedad de expectativas acerca del futuro, y demandan ciertas tasas de retorno. De esta forma, algún propietario podría dar una valuación subjetiva muy alta a sus tierras, mayor que la de otros, por lo éstas permanecerán sin urbanizar y se presentará entonces una expansión de "salto de rana". Por su parte, otro propietario más distante del área urbana podría descontar ingresos futuros, dando un valuación subjetiva muy baja, ocasionando con ese error que su tierra se desarrolle prematuramente. Se espera, sin embargo, que la probabilidad de tales errores disminuya al aproximarnos al área urbana. En cuanto más rápida sea la tasa de crecimiento de la mancha urbana y mayor sea el número de desarrolladores inmobiliarios operando en la mercado residencial suburbano, mayor será el número y fragmentación de proyectos con localizaciones aleatorias. Es esta falta de coordinación en la toma de decisiones de los inversionistas lo que provoca una urbanización a saltos, más que la especulación por sí misma.³¹

La importancia del factor propiedad adquiere un gran énfasis en el mercado de la tierra, particularmente en el corto plazo. El tipo de cultivo practicado puede crear cierta resistencia del agricultor a la ocupación urbana, ya que los agricultores que han mejorado sus tierras con una alta inversión

³⁰Goodall, *op. cit.*, 1974.

³¹Harvey y Clark, *op. cit.*, 1965.

fija, intentarán operar tanto como les sea posible, tratando de recobrar lo más que puedan de sus costos sumergidos.³² Algunas personas acaudaladas con fincas, ranchos o propiedades de fin de semana, pueden evitar que porciones importantes de tierra sean urbanizadas. En otros casos los compradores pueden buscar cierto tipo de ambiente rústico para su desarrollo, provocando la expansión periférica en zonas de gran riqueza forestal o agrícola. Entonces, el carácter y preferencias de los propietarios rurales y especuladores urbanos, son factores importantes que determinan qué parcelas o qué partes de la frontera urbano-rural se urbanizarán o permanecerán sin desarrollo.³³

Otro aspecto importante a considerar es la topografía suburbana. En ciertas zonas ésta puede no ser adecuada para la urbanización continua. El desarrollo se concentra así en las tierras disponibles que sean más accesibles y más económicas. Las características del sitio influyen en los costos de urbanización, por lo que se evitan zonas con ciertas "discapacidades", como terrenos inundables o pendientes excesivas; mientras que se prefieren aquellas con cualidades positivas, como lugares llanos y de suelos firmes. De hecho, muchas de las cualidades físicas que hacen a la tierras agrícolas valiosas, también son apreciadas para los usos urbanos. Por lo cual, el desarrollo periférico se concentrará en las mejores tierras de cultivo, porque los usos urbanos están comprando accesibilidad -a carreteras y servicios públicos utilitarios- y estos están más fácilmente disponibles en las mejores áreas agrícolas. Por lo que el agro es poco exitoso para detener el crecimiento urbano.

Los cuerpos públicos y gubernamentales determinan parcialmente el marco dentro del cual se realizan las decisiones privadas y pueden influenciar sobre la morfología y propagación de la mancha urbana, al desequilibrar la atracción relativa de áreas competidoras.³⁴ Por ejemplo, si una área urbana utiliza parquímetros para regular el tráfico, en lugar de imponer cuotas a sus autopistas, la distancia a viajar puede incrementarse, favoreciendo a los habitantes de la periferia. Lo contrario ocurriría si se decidiera imponer una tarifa a las carreteras. En la provisión de servicios públicos, por lo común las

³²Inversiones fijas realizadas sobre el terreno para mejorar el bien raíz, *verbi gracia*: infraestructura e instalaciones.

³³Clawson, *op. cit.*, 1962.

³⁴Goodall, "Some effects of legislation on land values", *Regional Studies* 4(1), 1970.

tarifas se establecen con base en los costos de operación de amplias áreas, y no en consideración con el costo de dar el servicio a comunidades individuales. Esto genera un subsidio cruzado, en donde los consumidores cercanos o dentro del área urbana coomacta subvencionan a las unidades domésticas más alejadas del sistema. La presencia o relativa cercanía de servicios públicos como agua, drenaje y electricidad, puede facilitar la urbanización de ciertos sectores suburbanos. Esto es particularmente cierto en el caso de la expansión axial, pues la presencia de la carretera proporciona un claro ahorro al promotor inmobiliario, facilitando la provisión de todos los servicios, sin mencionar la ventaja de tener acceso directo a una ruta principal de transporte.

La frontera urbano-rural es una área marginal en el sentido que representa un límite o margen de transferencia entre tipos alternativos de uso de suelo. Aquí es importante anotar que el suelo, en el límite urbano, es apto para más de un uso.³⁵ De este modo, si asumimos que el precio que algún comprador pagaría por algún predio decrece al incrementarse la distancia desde el centro urbano hacia la periferia, entonces, la pendiente de la curva del precio ofrecido no es la misma para cada comprador, de acuerdo con el uso que éste pretenda darle al predio. Los usuarios residenciales estarían dispuestos a competir por predios más cercanos al centro urbano, lejos de los usos agrícolas alternativos, como se puede apreciar en la línea RR de la figura 4, pero al incrementarse la distancia del centro urbano, los valores ofrecidos por los sitios para usos residenciales caen más rápido que los valores ofrecidos para los sitios de usos agrícolas, representados por la línea AA. Por lo tanto, RR debe intersectar AA, y esto ocurre a la distancia OX del centro urbano. En esta intersección los sitios son igualmente adecuados tanto para usos residenciales como usos agrícolas, por lo que ambos usos estarán traslapados y entremezclados en esta zona. Debe notarse que la aparente indeterminación del mecanismo de precios para asignar el uso del suelo en la distancia OX es de corto plazo, ya que la introducción de residencias en ciertas áreas agrícolas ocasionará cierto grado de determinación para el uso futuro de los predios en esa área, al afectarse la capacidad de producción de las zonas cultivadas.³⁶

³⁵Firey, "Ecological considerations in planning for urban fringes". 1951.

³⁶Lean y Goodall, *Aspects of Land Economics*, 1966:187.

1.5. Límites económicos a la dispersión urbana.

Los límites económicos a la dispersión de la ciudad representan el margen para el desarrollo inmobiliario privado en un punto del tiempo, si bien ese margen no es fijo y se mueve de acuerdo al contexto económico urbano en general. Se realizarán nuevos desarrollos en sitios más allá de la mancha urbana continua, cuando estos ofrezcan alternativas superiores a cualquier combinación de propiedades dentro del área urbana construida: redesarrollos o ocupación de predios disponibles. Para un área urbana en su totalidad, la expansión externa se realizará hasta el punto donde el beneficio marginal neto de la última unidad de desarrollo suburbano, sea igual al beneficio marginal neto de la última unidad de redesarrollo y modificación dentro del área urbana consolidada.

Cada nuevo desarrollo en la expansión periférica necesita ser atendido por rutas de transporte y líneas utilitarias. Estas siguen generalmente un corredor que se proyecta hacia afuera de la ciudad y sus costos de provisión dependen linealmente de la distancia que separa a la periferia del núcleo urbano, así como de la cantidad de urbanizaciones periféricas en alguna zona, ya que esto determina los beneficios proporcionados por las economías de escala.³⁷ Cuando existe un intenso tráfico interurbano, puede presentarse un corredor radial con excelente infraestructura de transporte. Dado el caso, los usos de suelo urbano se extenderán a lo largo de esta ruta hasta un punto donde los ahorros marginales en costo-tiempo, comparados con lugares fuera de la ruta, sean igualados por el incremento marginal en los costos de la distancia, si los nuevos desarrollos sigue avanzando sobre la ruta aumentando la distancia a recorrer entre el límite urbano y la urbanización continua. Ahora bien, el límite externo de ganancia para cualquier uso urbano será mayor a lo largo de las rutas radiales que en las áreas intersticiales entre tales rutas, y la urbanización periférica será empujada hasta el punto donde el costo marginal de viajar desde los sitios más externos al centro de la ciudad sea la misma en todas direcciones.

Las características físicas del terreno no son uniformes y sus diferencias ocasionan variaciones en los costos de desarrollo entre áreas, de tal modo que pueden darse bajos costos de construcción en sectores particulares de la frontera urbana o en lugares más distantes a ella, más bien que en los lugares

³⁷Harris, "The city of the future: the problem of optimal design". 1967: 185-195.

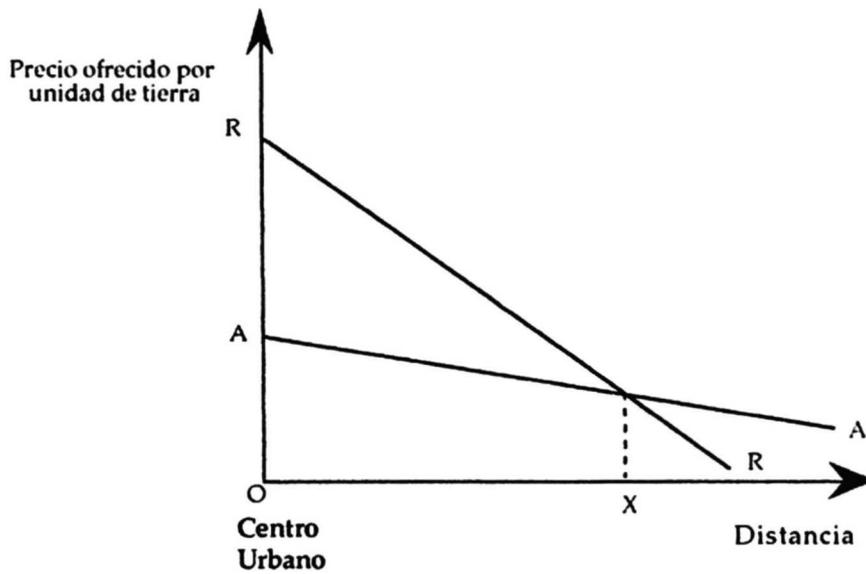


Figura 4. Indeterminación del mecanismo de precios en la frontera urbano-rural.

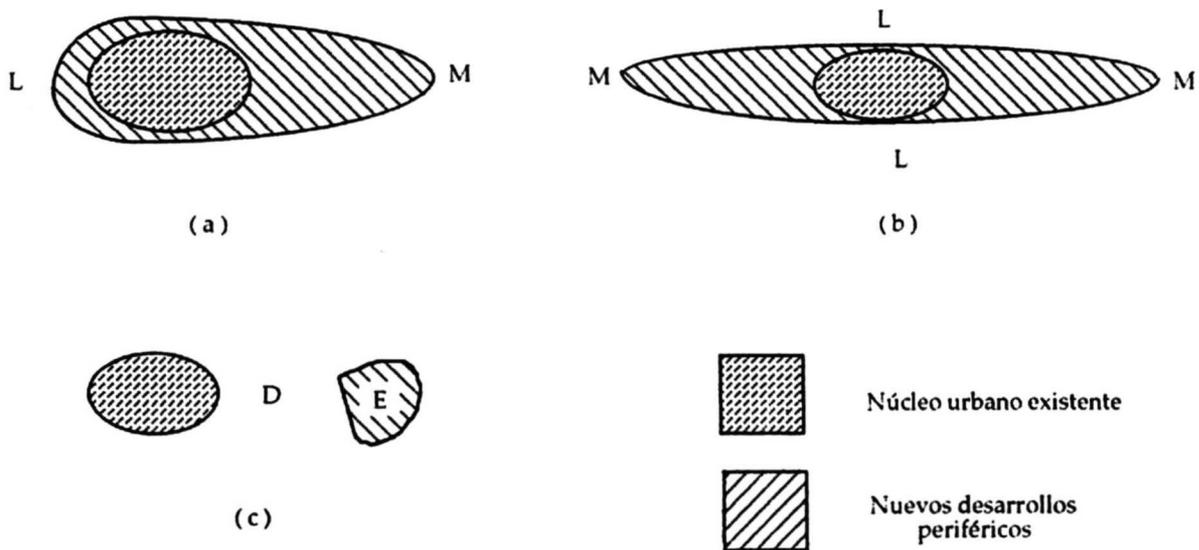


Figura 5. Patrones de expansión urbana. (a) Bajos costos de urbanización en una sólo dirección. (b) En dos direcciones opuestas. (c) En una zona separada de la urbanización continua por una franja de costos altos.

próximos a la mancha urbana continua. Si para alguna ciudad dada, los costos de construcción y urbanización son menores en una dirección específica que en otras, entonces, *ceteris paribus*, el área urbana se expandirá asimétricamente, como se muestra en la figura 5a. Una área urbana lineal aparecerá si los costos de desarrollo más bajos se localizan en polos opuestos, como es el caso de las áreas urbanas inscritas dentro de valles incisos, figura 5b.³⁸ El límite al crecimiento en las áreas favorecidas se presenta cuando los costos marginales de la urbanización y el transporte de el último sitio M construido en el área favorecida son iguales a los costos marginales de urbanización y transporte en el último sitio L del área con dificultades físicas. El costo marginal en el área favorecida se incrementa por el uso de sitios cada vez más distantes, que demandan mayores gastos en transporte; en algún punto los crecientes costos de transporte eclipsarán las ventajas de los bajos costos de urbanización en esas áreas. En este punto los sitios localizados en zonas menos favorecidas, con mayores costos de urbanización, pero con menores costos de transporte, se vuelven atractivos para el inversionista inmobiliario. Si en alguna dirección específica los costos de desarrollo son menores en una zona más allá de la franja periférica inmediata al área urbana compacta, entonces la expansión no necesitará ser contigua, surgiendo en su caso asentamientos más pequeños que se diseminan a cierta distancia del núcleo urbano, como en el área E de la figura 5c. Se prefiere desarrollar el área E en lugar de la D, porque los ahorros marginales en los costos de urbanización de E sobrepasan los más altos costos marginales de transportación de E al centro urbano. Por lo tanto, los costos marginales de transporte y urbanización para todos los predios en el área E son menores que los costos marginales similares de todos los puntos de D, ya que los costos de desarrollo de D sobrepasan por mucho sus bajos costos de transporte.

En este punto el especulador urbano se hará la siguiente pregunta: ¿cuándo urbanizar cierta franja de tierra que posee en los suburbios urbanos? Entre más tiempo el especulador conserve su propiedad, en el momento que se está dando la expansión periférica, la frontera urbana se hará más distante, y mayores serán los ahorros en los costos de transporte que ganaría un posible comprador del terreno baldío. Sin embargo, existe un límite temporal para

³⁸Para el caso mexicano, la ciudad de Chilpancingo sería un buen ejemplo de este tipo de crecimiento.

mantener la propiedad sin urbanizar. En algún momento, el envejecimiento de las propiedades circunvecinas amenazarán lo deseable que podría ser el desarrollo de esa propiedad. Por lo que la respuesta a la pregunta del especulador sería: vender cuando el deterioro del valor medio ambiental del entorno por unidad de tiempo, sea igual a los ahorros en costos de transporte, dado el incremento creciente de la distancia de la periferia al centro urbano.³⁹

1.6. El papel del inversionista inmobiliario.

El proceso básico envuelto en la expansión es la conversión de tierras agrícolas en suelos de uso urbano. Esta es usualmente la función especializada del desarrollador urbano, aunque muchas más personas u organizaciones pueden desempeñar algún papel en el proceso, partiendo desde el propietario original, algunos intermediarios, hasta el consumidor final del bien raíz urbanizado. Por lo general, al menos tres agentes forman parte del proceso inmobiliario en la periferia: el propietario original, el inversionista inmobiliario y el consumidor de la propiedad terminada. El desarrollo residencial periférico ha sido representado como una secuencia evolutiva de estados y decisiones.⁴⁰ En algún momento una persona u organización ve en la tierra agrícola un uso potencial de mayor orden con un valor superior. Este es el primer estado de cosas que se ha denominado: de "interés urbano". La segunda etapa se presenta cuando se ha seleccionado la tierra para su urbanización, esto se indicada por la oferta de tierra para su venta de parte de los propietarios, agentes de bienes raíces o en su defecto por la búsqueda de terrenos por parte de inversionistas y constructores. En el tercer momento, la tierra es adquirida por algún inversionista y se programa su urbanización. El cronograma de estas tres fases es incierto, debido a la gran cantidad de decisiones particulares de compra y rápidas reventas ocasionadas por la especulación, más que a una urbanización inminente. El proceso de equipamiento y construcción representa al cuarto estado de la secuencia, que implica la decisión real del inversionista para proceder en la urbanización de los predios, siguiendo un plan de desarrollo, que en su caso ha sido revisado y aprobado por alguna autoridad local de planeación. En la etapa final el

³⁹Thompson, *A Preface to Urban Economics*, 1965:328.

⁴⁰Weiss. *et al.*, *Residential Developer Decision. A Focused View of the Urban Growth Process*. 1966.

consumidor adquiere una construcción terminada y el suelo ha adquirido su nuevo uso urbano: residencial, comercial o industrial. En promedio, en algunos países desarrollados, este proceso cubre un lapso temporal de entre 2 a 10 años y en el progreso de una etapa a otra están inmersas varias decisiones económicas.⁴¹

Esto describe el proceso normal de una economía de mercado, donde una gran proporción de las casas o construcciones nuevas son compradas en suburbios residenciales contruidos con inversión especulativa. Sólo una proporción muy pequeña de nuevos compradores -de construcción nueva-comisionan a un constructor para erigir una casa diseñada a sus especificaciones en algún predio que hayan obtenido ellos mismos. Por lo tanto, el inversionista especulativo o desarrollador inmobiliario aparece como el personaje central en el patrón de expansión periférica, ya que sus políticas determinan que tierra suburbana es considerada adecuada para la urbanización residencial y la secuencia en la que será desarrollada. Los individuos que buscan sitios particulares y construyen o hacen erigir sus propias residencias aportan únicamente una pequeña fracción al patrón total de expansión urbana,⁴² adquiriendo, no obstante, un papel más activo en el caso de las construcciones industriales.

El conocimiento de cómo un desarrollador urbano selecciona áreas periféricas para su conversión en suelos urbanos es esencial para la comprensión de los patrones de crecimiento externo. La elección de los lugares a urbanizar es una parte integral del total de *inputs* y *outputs* que debe seleccionar el inversionista para intentar maximizar sus ganancias. Por lo que la elección locacional puede ser estudiada desde el punto de vista microeconómico.⁴³ La localidad seleccionada y las características de su entorno no son los únicos, ni tampoco, los factores más importantes que determinan la ganancia inmobiliaria. La maximización de utilidades depende también del tipo de firma, escala de operaciones, acercamiento empresarial, respaldo financiero, y el mercado a quien se dirige la operación.

⁴¹ *Idem.*

⁴² Como veremos más adelante. en el estudio de caso, esta no es la regla en la experiencia mexicana.

⁴³ Kaiser, "Locational decision factors in a producer model of residencial development", 1968.

El suelo periférico no es homogéneo, por lo que la localización y características físicas del predio influyen en las ganancias por su efecto en la función de producción del inversionista. Cada sitio es considerado como una variable de *input*, con posibles diferencias en sus características físicas y condiciones de acceso que influyen en los costos de desarrollo y actúan como una limitante al *output*. Los desarrolladores inmobiliarios muestran preferencia a cierto tipo de locaciones y sitios, por lo que se han reconocido trece variables que intervienen en el urbanización periférica.⁴⁴ Estas van desde las características físicas del terreno, accesibilidad a las principales rutas de transporte, variaciones en la disponibilidad de servicios urbanos y cobertura, controles gubernamentales locales, hasta diferencias en las condiciones socioeconómicas del área. Los requerimientos del cliente es otro de los muchos factores que el inversionista debe considerar en la elección de las locaciones. Dada esta limitación, para que el cliente obtenga lo que quiere, dependerá de la exactitud con que el desarrollador urbano interprete la señales del mercado, y más de las veces tal interpretación es superficial. Del mismo modo, una vez que decide su mercado potencial, la elección de la localidad específica a urbanizar rara vez incluye una ponderación explícita de las alternativas para determinar las locaciones donde se maximiza la ganancia. Lo que más bien se presenta es una evaluación secuencial de sitios hasta que se encuentra uno que reúne las expectativas del desarrollador. La urbanización de ese lugar le proporcionará una ganancia al inversionista, pero no necesariamente una ganancia tan alta como la que hubiera podido obtener en otro sitio alternativo. En resumen, la expansión externa -en especial la residencial- es en sí un proceso *ad hoc*, y el modo poco sistemático de actuar de muchos de los inversionistas inmobiliarios, sugiere que la mayoría de las decisiones en las etapas de desarrollo urbano se toman con base en la experiencia del inversionista y de su visión personal de las condiciones del mercado de bienes raíces local.⁴⁵ Así, en los patrones de expansión urbana el inversionista inmobiliario debe ser visto como un elemento independiente con una considerable percepción en el mercado de la tierra.

⁴⁴Chapin y Weiss, *Urban Growth Dynamics*, 1962.

⁴⁵Burby, *Lake-oriented Subdivision in North Carolina: Decision Factors and Policy Implications for Urban Growth Patterns*, 1962:72-73.

1.7. Críticas a la expansión periférica.

Una de las principales críticas que se le puede realizar al crecimiento urbano periférico es que su discontinuidad es muy costosa y menos eficiente que otras formas más compactas de crecimiento. Muchos costos dependen de la fricción de la distancia, así como de la posición espacial, y si estos factores pudieran ser óptimos gracias a una urbanización más continua, los costos de desarrollo por unidad serían menores. De este modo, desarrollos pequeños y fragmentados pueden obstaculizar la formación de unidades óptimas para la provisión local de servicios públicos y utilitarios, mientras que los desarrollos axiales pueden ocasionar una congestión de las rutas radiales elevando los costos de transporte.

Críticas similares se enfocan a las bajas densidades demográficas de los anillos suburbanos, así como al salto de grandes extensiones de suelo en la dispersión urbana. Esto significa que las áreas urbanas se agigantan innecesariamente, con lo cual todos los servicios públicos locales, transporte e infraestructura utilitaria, se hacen menos eficientes y más costosos. Los enormes baldíos intermedios entre los asentamientos dormitorio y el núcleo urbano representan un desperdicio, mientras que al mismo tiempo se manifiesta una escasez de espacio público abierto en la periferia. Aquí el especulador urbano aparece como culpable de incrementar el costo social de la urbanización, ya que al no permitir la ocupación de sus baldíos, eleva el costo de transporte y servicios al hacer más dispersa y alejada la frontera urbanarural. No obstante, se ha demostrado que un patrón de expansión que puede ser ineficiente en el corto plazo, puede ser más eficiente en el largo al darse un proceso de ocupación de lotes baldíos o *infilling*.⁴⁶ Hay que señalar que las necesidades de espacio urbano no son fijas y con el tiempo pueden requerirse nuevos tipos de usos de suelo. La tierra que fue saltada en una primera fase de expansión se convierte en una reserva valiosa para acomodar estos nuevos usos, proporcionando flexibilidad a los anillos periféricos en consolidación.

Una crítica más importante de la dispersión urbana es la pérdida de tierra agropecuaria de primera calidad, altamente productiva. Más de las veces es demasiado costoso impedir la expansión urbana, y como ésta tiene que realizarse en algún lugar, la única solución posible para proteger el suelo

⁴⁶Thompson, *op. cit.*, 1968.

rural de la invasión urbana, es redireccionando ésta a locaciones alternativas con suelos agrícolas pobres. Si bien estas locaciones pueden ser sub-óptimas en términos de beneficios urbanos, es un costo ecológico que debe pagarse si se desea la conservación de las áreas rurales. Algunos economistas suponen que la defensa del suelo agrícola entorno al área urbana no tiene fundamento, ya que sería más costoso impedir o controlar la urbanización, que sustituir el suelo agropecuario de primera a través del uso más intensivo y extensivo de las tierras agrícolas marginales o en su defecto, incrementar las importaciones.⁴⁷ El desastre ecológico global que vivimos en la actualidad ha puesto de manifiesto el reduccionismo de estas posiciones economicistas.

1.8. La expansión periférica y sus efectos en la estructura interna de la ciudad.

Como las partes de una área urbana son complementarias, la expansión de la mancha urbana tendrá repercusiones en la estructura interna de la urbe. Esto es en adición a la reorganización del área construida ocasionada por las presiones de su propio crecimiento. La expansión periférica tiene influencias sobre la estructura interna porque ese engrosamiento es sólo una parte de un medio ambiente urbano más complejo, donde las comunidades periféricas dependen de otras partes del área urbana para acceder a una gran variedad de servicios y oportunidades de empleo. Variaciones en el patrón de dispersión tienen efectos diferenciales en la estructura interna. Por ejemplo, consideremos los posibles efectos en los patrones de usos de suelo dentro del área urbana total cuando posicionamos alguna expansión lateral residencial para albergar X cantidad de población. Se ha observado que donde la expansión residencial toma la forma de una actividad constructiva uniforme y homogénea todo alrededor de la periferia, el efecto sobre la estructura interna existente es el mayor (figura 6a). Esto porque es improbable que el nivel de demanda en cualquier parte de la nueva expansión sea lo suficientemente grande para sostener el desarrollo del vecindario o la existencia de centros comerciales de orden superior. Por lo que sus habitantes tendrán que depender del centro urbano consolidado, ocasionando mayor demanda de espacio en el distrito comercial central para acomodar mayores

⁴⁷Wibberly, *Agriculture and Urban Growth*, 1959.

negocios, provocando la reurbanización parcial o total del antiguo centro de la ciudad.⁴⁸

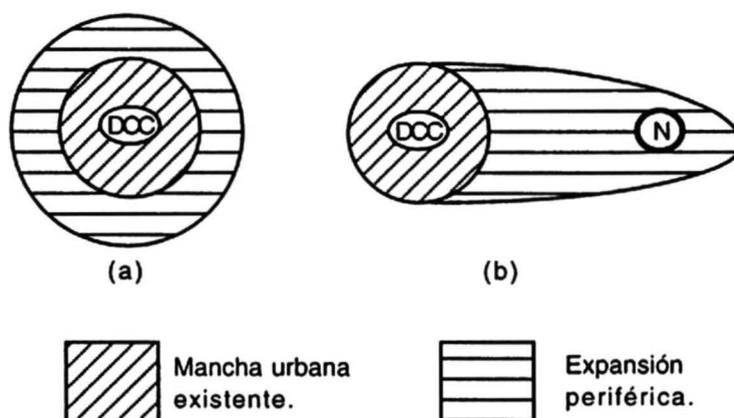


Figura 6. Expansión periférica y estructura interna.
(a) Expansión uniforme en todas las direcciones.
(b) Expansión asimétrica.

Alternativamente, si la expansión residencial, para acomodar un tamaño de población X igual al ejemplo anterior, se concentra únicamente en una dirección (figura 6b), entonces es probable que al menos un centro comercial vecinal N se desarrolle para atender la demanda de los habitantes, e incluso alguna zona industrial podría localizarse en esa área. En este caso la presión sobre el distrito central existente será pequeña y su redesarrollo será menos marcado que en el caso (a), mientras que será mayor la importancia de los centros mercantiles subsidiarios.⁴⁹ Donde el desarrollo residencial se da con suficiente magnitud, entonces los centros comerciales periféricos pueden ocasionar la obsolescencia del viejo distrito comercial o por lo menos generar áreas urbanas policéntricas.

Hay que anotar que lo que nosotros vemos en cierto momento como una área urbanizada y consolidada, en un tiempo anterior fue también frontera urbana-rural. Este fenómeno es interesante cuando grandes sectores suburbanos son urbanizados a un mismo tiempo, ya que todas las construcciones de esas zonas serán contemporáneas y compartirán estilos arquitectónicos similares. Con el tiempo, ya cuando esos sectores formen

⁴⁸Lean. *Economics of Land Use Planning: Urban and Regional*, 1969:124.

⁴⁹Lean y Goodall, *op. cit.*, 1966:201.

parte estructural de la ciudad, se presentará un envejecimiento masivo de las construcciones en general, que ocasionará presiones sociales y enormes gastos de renovación urbana.⁵⁰ De aquí han surgido propuestas para que las nuevas urbanizaciones en la periferia se construyan en etapas, ya que en las zonas donde el desarrollo se ha dado a través de mucho tiempo no se presenta este fenómeno con fuerza, limitándose a la reposición o reparación de construcciones individuales.⁵¹

Hasta aquí hemos visto el estudio teórico de la expansión urbana con base en el enfoque de las economía de mercado desarrolladas, principalmente los Estados Unidos. Pero, cómo se ha dado el proceso de crecimiento urbano en la Ciudad de México, y en qué casos converge o diverge de lo expuesto hasta el momento. En el siguiente capítulo intentaré responder estas preguntas.

⁵⁰Principalmente cuando al envejecer las zonas residenciales de altos y medianos ingresos provocan un éxodo masivo de sus habitantes a otras puntos del área metropolitana. al tiempo que se produce una infiltración de familias de bajos ingresos a las construcciones que quedan vacantes.

⁵¹Lessinger, "The case for scatteration", 1962.

Capítulo 99.

Capítulo II. El crecimiento urbano particular de la Ciudad de México.

Resumen

En este capítulo se analiza la experiencia de expansión urbana de la Ciudad México desde una perspectiva histórica. Se detectan algunas convergencias y divergencias entre la teoría emanada del libre mercado y el caso mexicano, matizado por una fuerte intervención estatal y movimientos sociales.

2.0 ¿Cómo se ha dado el proceso de crecimiento urbano en la Ciudad de México?

Para responder esta pregunta es necesario situar a la Ciudad de México en su contexto geográfico, histórico, social y económico, con el fin de entender las particularidades del proceso de urbanización de México que han ocasionado el surgimiento de un fenómeno urbano de la magnitud del AUCM.

2.1. Localización y fisiografía de la cuenca de México.

La Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) está inscrita dentro de la cuenca de México, en el Altiplano Central Mexicano, de los 98° 49' a los 99° 17' de longitud oeste, y de los 19° 10' a los 19° 45' de latitud norte. La cuenca de México es una unidad hidrológica endorreica, es decir, cerrada o sin drenaje natural, de aproximadamente 7,000 km². Su parte más baja, una planicie lacustre, tiene una elevación de 2,240 msnm, y se encuentra rodeada en tres de sus lados por una sucesión de sierras volcánicas que sobrepasan en sus puntos más altos los 3,500 msnm: El Ajusco en el sur; la Sierra Nevada hacia el oriente, y la Sierra de las Cruces en el poniente. Hacia el norte se encuentra limitada por una sucesión de sierras y cerros de poca elevación. Los picos más altos de la cuenca: el Popocatepetl (5,465 msnm) y el Iztaccíhuatl (5,230 msnm), se encuentran al sureste de ella. Estas montañas periféricas representan un límite físico importante a la expansión del AUCM y de la ZMCM en su conjunto.

A principios del siglo XVI el sistema lacustre del fondo de la cuenca cubría unos 1,500 km² de superficie, y estaba formado por cinco lagos someros, encadenados de norte a sur: Tzompanco, Xaltocan, Texcoco, Xochimilco y Chalco. Por ser un poco más elevados, los lagos de Chalco, Xochimilco, Tzompanco y Xaltocan, escurrían sus aguas dentro del lago de Texcoco, que

era el más bajo. Como el agua acarrea sales en suspensión, la evaporación fue concentrando grandes cantidades de ella en el centro del lago de Texcoco, por lo que a lo largo de miles de años se convirtió en un cuerpo de agua salobre.⁵²

La poca altura de las montañas al norte de la cuenca y la existencia de pasos casi a nivel entre algunas de ellas, llevaron al gobierno colonial a planear el drenaje de los lagos abriendo un tajo desde el lago de Zumpango hacia el área de Huehuetoca. De esta forma, en el año de 1608 se terminó un canal de 15 Km. de longitud que abrió por primera vez la cuenca endorreica, convirtiéndola en exorreica de manera artificial. Como este primer canal tenía una galería subterránea que se azolvaba continuamente, dos siglos después el virreinato decidió construir un canal profundo a cielo abierto conocido como el "Tajo de Nochistongo". Al principio el tajo funcionaba como un vertedero del exceso de agua de la cuenca, pero con la construcción del canal de Guadalupe en 1796, el Lago de Texcoco fue conectado a la cuenca del río Moctezuma-Pánuco, a través del río Tula.⁵³ Con esto las áreas lacustres se achicaron rápidamente, dañando de forma irreversible el ecosistema de la cuenca.

2.2. Antecedentes históricos del crecimiento urbano de la Ciudad de México: fundación y devenir.

La actual Ciudad de México se asienta encima de lo que fueron las ciudades prehispánicas de México Tenochtitlan, Tlatelolco, Texcoco, Tacuba, Xochimilco, Culhuacan, Coyoacan, Iztacalco, Iztapalapa y Tepeyac, entre otras. La historia de algunos de estos asentamientos se pierde en el tiempo, remontándose a épocas sin registros documentales, mientras que otras poseen anales que nos permiten seguir su desarrollo a lo largo de los siglos. Entre estas últimas, la historia urbana de México Tenochtitlan es sin duda la más importante, ya que a partir de su centro religioso comenzó a expandirse el tejido urbano de lo que ahora es el área metropolitana de la Ciudad de México.

⁵²Christine Niederberger, *Paléopaysages et archéologie préurbaine du Bassin de Mexico*, 1987

⁵³D.D.F., *Memorias de las obras del sistema de drenaje profundo del Distrito Federal*, 1975.

Los mexicas después de un larga migración por el norte del Altiplano Central, arribaron a la cuenca de México a finales del siglo XIII de nuestra era. Luego de algunas peripecias fundaron en 1325 la ciudad de México Tenochtitlan sobre unas isletas, en el centro del antiguo lago de Texcoco. Esta ciudad primigenia estaba rodeada completamente por las aguas del lago, por lo que había gran escasez de tierra. Sin embargo, tal predicamento fue resuelto con ingenio, al desarrollarse un complejo sistema de isletas artificiales que permitían ganarle terreno al lago. Con el tiempo se generaron áreas firmes donde se instalaron los cuatro principales barrios de la ciudad.⁵⁴

En un lapso de 196 años a partir de su fundación, los mexicas lograron subyugar militarmente a todos sus vecinos de la cuenca de México, convirtiendo a su ciudad en el centro social, político, económico y religioso más importante de lo que ahora es la República Mexicana. A principios del siglo XVI, de norte a sur, la ciudad se extendía desde el límite septentrional de Tlatelolco, frente a la ciudad costera de Tepeyac, hasta los pantanos que poco a poco se perdían en el lago, cerca de lo que ahora es la calle de Izazaga. Al oeste, terminaba más o menos hacia la actual calle de Bucareli. Por el oriente se prolongaba hasta Atlixco (1 er. Anillo de Circunvalación), donde comenzaba la zona libre del lago de Texcoco. La ciudad presentaba en conjunto la forma de un cuadrángulo de aproximadamente tres kilómetros por lado y abarcaba una superficie de novecientas a mil hectáreas.⁵⁵ Toda esta superficie había sido transformada durante dos siglos de actividad constructiva en una red geométrica de canales y terraplenes ordenados alrededor de dos centros principales: 1) el templo mayor y la plaza de Tenochtitlan; 2) el templo mayor y la plaza de Tlatelolco,⁵⁶ y de numerosos centros secundarios: los "barrios" o *calpulli*.⁵⁷ El crecimiento indígena de la ciudad fue detenido abruptamente en agosto de 1521, cuando los españoles lograron vencerla militarmente,

⁵⁴Durán, *Historia de Las Indias de Nueva España y Islas de Tierra Firme*, 1984.

⁵⁵Soustelle, *La vida cotidiana de los aztecas en vísperas de la conquista*, 1956.

⁵⁶Curiosamente en esta época temprana, la ciudad presentaba una estructura duocéntrica, funcionando alrededor de Tlatelolco y Tenochtitlan. Esta relación se afectó después de la conquista, cuando la ciudad adquirió un carácter monocéntrico alrededor de la catedral y las casas reales (zócalo).

⁵⁷*El Conquistador Anónimo, relación de algunas cosas de la Nueva España y de la gran ciudad de Temestitán México, escrita por un compañero de Hernan Cortés*, 1941.

después de un sangriento sitio de 93 días que prácticamente no dejó construcción en pie.⁵⁸ Se estima que antes de la conquista la ciudad y sus alrededores tenía un población cercana a los 120,000 habitantes, la cual fue diezmada por la guerra, el hambre, las epidemias y la esclavitud.⁵⁹ Así, para 1524, ya como asentamiento europeo, la población escasamente ascendía a 30,000 personas y su superficie se redujo a 270 hectáreas.

A pesar de que el lugar donde se localizaba Tenochtitlan no resultaba apto para el tipo de urbanismo europeo, Hernán Cortés, por motivos de dominación ideológica, decidió construir la nueva ciudad hispana encima del asentamiento prehispánico (figura 7). Los antiguos canales aztecas fueron rellenados para construir sobre de ellos calles para carros y caballos. Las chinampas comenzaron a ser desplazadas del centro de Tenochtitlan hacia las poblaciones de las orillas de los lagos, principalmente Chalco y Xochimilco. El ganado europeo transformó el uso del suelo en las márgenes del lago, al tiempo que impactaba el equilibrio natural de la flora y fauna autóctona. Los densos bosques que rodeaban el sistema lacustre comenzaron a ser talados para proveer de madera a la ciudad colonial y abrir campos de pastoreo. El desequilibrio hidrológico no se hizo esperar, con la desecación paulatina del sistema y la ocurrencia de importantes inundaciones. Humboldt nos proporciona un vívido retrato de este problema a finales de la época Colonial.

Parece, pues, que los primeros conquistadores quisieron que el hermoso valle de Tenochtitlan se pareciese en todo al suelo castellano en lo árido y despojado de su vegetación. Desde el siglo XVI se han cortado sin tino los árboles, así en el llano sobre el que está situada la capital como en los montes que la rodean. La construcción de la nueva ciudad, comenzada en 1524, consumió una inmensa cantidad de maderas de armazón y pilotaje. Entonces se destruyeron, y hoy se continúa destruyendo diariamente, sin plantar nada de nuevo...

Como en todo el valle existe la misma causa, han disminuido visiblemente en él la abundancia y circulación de las aguas. El lago de Texcoco, que es el más hermoso de los cinco, y que Cortés en sus cartas llama mar interior, recibe actualmente mucha menos agua por infiltración que en

⁵⁸Díaz del Castillo, *Historia verdadera de la conquista de la Nueva España*, 1986.

⁵⁹Sanders y Price, *Mesoamérica: the evolution of a civilization*, 1968. Orozco y Berra (*Historia de la Ciudad de México*, 1973), calcula que en este perímetro pudieron haber coexistido unos 300.000 habitantes. Sin embargo, esta estimación nos llevaría a densidades de 33,333 habitantes por Km², lo que resulta bastante alto, incluso para muchas ciudades industriales modernas.

el siglo XVI, porque en todas partes tienen unas mismas consecuencias los descuajos y la destrucción de los bosques.⁶⁰

Desde sus inicios como ciudad colonial, la Ciudad de México fue diseñada siguiendo un patrón cuadrículado, tal como lo prescribía la monarquía española. En esta ciudad preindustrial, la plaza central era la sede de los edificios de gobierno y eclesiásticos; los ricos vivían en grandes residencias a lo largo de las principales calles que se dirigían hacia el este y el norte, y los pobres vivían en precarias construcciones alejados de estas calles, pero a distancias caminables de sus sitios de trabajo.⁶¹

Una vez establecida, la ciudad creció relativamente poco entre 1600 y finales de la Colonia. Durante los primeros años de Independencia el estado de las cosas no se modificó demasiado. Será hasta la Reforma, con la aplicación de las leyes de desamortización de 1856, cuando veremos un cambio importante en la estructura de la ciudad. La ley de desamortización abrió el camino a la ruptura de la traza colonial y facilitó la expansión urbana sobre terrenos que habían sido de la iglesia y de las parcialidades indígenas: conventos, colegios, escuelas, potreros, huertas y tierras de labranza.

Será durante el gobierno porfirista cuando estas leyes tendrán su impacto más alto sobre la antigua estructura de la ciudad, al poner en práctica un nuevo modelo urbano, basado en los cánones de la burguesía industrial. En este periodo se observa una primer salida, del centro a la periferia, de familias de altos ingresos, al terminarse la construcción del Paseo de la Reforma, iniciado en 1865 por Maximiliano. Cautivadas por la traza europea del paseo, las familias más ricas de la burguesía porfirista comenzaron a edificar grandes casonas sobre Reforma a finales del siglo XIX, iniciando así un movimiento de las colonias de altos ingresos hacia el oeste de la ciudad que aún es notorio.

La salida de la élite del centro de la ciudad se debió a una base social cambiante, en la cual la ostentación de la posición social a través de la vivienda y el consumo comenzó a sustituir la posición heredada por nacimiento. Una nueva élite política, la movilidad económica, los "nuevos

⁶⁰Humboldt, *Ensayo político sobre el Reino de la Nueva España*, 1984.

⁶¹Ezcurra, *De las Chinampas a la Megalópolis. El medio ambiente de la cuenca de México*. 1995.

ricos” y las clases medias que comenzaban a surgir aceleraron el desarrollo de propiedades en las zonas físicamente más atractivas de la entonces periferia. El congestionamiento en el centro de la ciudad se volvía problemático y existía el temor a la exposición de enfermedades peligrosas. Muchos miembros de las élites adineradas ya poseían casas de campo en los pueblos cercanos como Tacubaya, Mixcoac y Coyoacan, que comenzaron a utilizarse de forma permanente. Hay que destacar la introducción de medios de transporte más eficientes a finales del siglo XIX y principios de éste. Los tranvías de caballos fueron sustituidos paulatinamente por tranvías eléctricos. Estos, combinados con dos líneas de ferrocarril suburbanos hacia Tacubaya y la Villa de Guadalupe, permitieron que también la clase media se instalara en las afueras, alentando igualmente la expansión, hacia el norte y oriente, de algunos barrios de clase trabajadora.⁶²

Cuando los ricos se cambiaron a los suburbios, sus residencias fueron utilizadas de manera diferente, con propósitos comerciales o subdivididas en departamentos para familias proletarias. Una vez iniciado se intensificó el proceso mediante el cual los ricos abandonaban las propiedades y los pobres las ocupaban, con lo cual se aceleraron otros cambios en el uso del suelo y aumentaron la densidad, la congestión y la insalubridad del centro urbano.

Durante el porfiriato la revolución industrial se instaló en México. Se construyeron fábricas y ferrocarriles; la ciudad se modernizó para el beneficio de una pequeña clase burguesa, que transformó su espacio urbano siguiendo las modas de las ciudades europeas de la época. La cuenca de México dejó de ser considerada como una serie de ciudades distintas vinculadas por el comercio y comenzó a ser considerada como una sola unidad vinculada por un gobierno central y una industria de importancia creciente. Los ferrocarriles recién instalados comenzaron a traer a la cuenca campesinos en busca de empleo en las nuevas fábricas. Al tiempo que varios pueblos cercanos al centro de la ciudad, como Tacuba, Tacubaya y Azcapotzalco, fueron devorados por el creciente perímetro urbano.

Curiosamente, la ciudad de México sufrió pocos daños durante el periodo revolucionario, convirtiéndose en un refugio para las familias provincianas de clase media. Después de 1924 las cosas volvieron a estabilizarse y se reactivó la industrialización de la ciudad, trayendo consigo

⁶²Vidrio, “El transporte de la Ciudad de México en el siglo XXI”, 1987.

una marcada mejoría en el transporte público, lo que permitió la expansión urbana y una disminución de la densidad de población. Durante las décadas de 1930 y 1940 el crecimiento físico se dio en todas direcciones, pero fue más marcado en los desarrollos habitacionales a lo largo de las carreteras hacia el sur, algunas de las cuales comenzaron a incorporar a los pueblos cercanos a las recién ampliadas avenida de los Insurgentes y la Calzada de Tlalpan. Subsecuentemente, las zonas intersticiales comenzaron a poblarse. Para finales de la Segunda Guerra Mundial, México dejó de ser un país rural para convertirse definitivamente en un país urbano con predominio de las relaciones capitalistas industriales.

Desde el punto de vista espacial, el crecimiento demográfico llevó a una oleada de rápida expansión de la población hacia la periferia urbana, primero dentro de los límites del D.F. y luego hacia el Estado de México. El área central de la ciudad había estado absorbiendo la mayor parte del incremento de la población hasta que los procesos de suburbanización acelerada de los años cuarenta comenzaron a sustituir ese proceso en favor de los anillos periféricos. Todas las clases sociales se involucraron en procesos de adquisición de terrenos, generalmente en diferentes direcciones. La apropiación del espacio y la segregación entre los grupos sociales se intensificó. En términos generales, los grupos de mayores ingresos se cambiaron al occidente y al sur, mientras que los pobres se instalaron en el oriente y el norte.⁶³ Durante la década de 1950 comenzaron a privatizarse grandes extensiones de terrenos rurales para convertirlos en fraccionamientos residenciales. A menudo esta privatización del espacio se logró ilegalmente, gracias a la inapropiada disolución de tierras ejidales que fueron convertidas en propiedades para las clases de mayores ingresos. Paralelamente, algunos ejidatarios vendían parcelas a familias de bajos ingresos.⁶⁴ Los terratenientes del oriente de la ciudad también vieron la oportunidad de capitalizar sus propiedades de escasa calidad vendiéndolas en pequeños terrenos con un mínimo de inversión de capital. Estos llegaban a acuerdos informales con las familias y, a cambio de cierto pago, se desatendían de la ocupación de parcelas

⁶³ Ward, *México una megaciudad. Producción y reproducción de un medio ambiente urbano*, 1991.

⁶⁴ Varley, "The relationship between tenure legalization and housing improvements: evidence from Mexico City". 1987.

en sus terrenos. Muchos residentes del centro comenzaron a mudarse hacia las delegaciones del área intermedia, varias de las cuales triplicaron o cuadruplicaron su población entre 1940 y 1950, y la volvieron a duplicar para 1960.

En 1954 se impuso una prohibición para autorizar la creación de fraccionamientos con viviendas de bajos ingresos en el Distrito Federal, lo que produjo flujos prematuros hacia el Estado de México, en los municipios de Nezahualcóyotl y Naucalpan donde esa ley no se aplicaba.⁶⁵ Dicho proceso se acentuó posteriormente una vez que la oleada se amplió hacia otros municipios durante las décadas de 1960 y 1970, primordialmente Tlalnepantla y Ecatepec. La expansión continuó y en la década de los ochenta alcanzó los municipios más distantes de Cuautitlán, Tecamac y Chalco, las áreas de más rápido crecimiento a finales de esa misma década.⁶⁶

2.3. Principales rasgos demográficos de la ZMCM, 1970-1990.

Será a finales del siglo XIX, cuando la Ciudad de México comenzará a experimentar crecimientos espectaculares. En 1900 tenía cerca de 344,000 habitantes y crecía a una tasa anual de 3.1%, casi tres veces más que el resto del país, lo que sugiere la presencia de una fuerte inmigración. El proceso migratorio se aceleró durante la década de 1920 cuando la ciudad alcanzó una tasa de crecimiento anual de 5% contra 1.6% nacional, sobrepasando en 1930 el millón de habitantes. De 1940 a 1970, la ciudad en su conjunto experimentó crecimientos demográficos anuales por encima del 5%, doblando su población cada década. Posteriormente su crecimiento se desaceleró a casi 2% entre 1980 a 1990, alcanzando de cualquier modo una población cercana a los 15.8 millones de habitantes en 1990.⁶⁷ La Ciudad de México se ha expandido constantemente, rebasando desde 1950 los límites del D.F., abarcando los municipios vecinos del Estado de México. Así, mientras que en 1940, la Ciudad de México se situaba en 10 delegaciones del D.F., para 1990 se había extendido a todo el D.F. y a 27 municipios del Estado de México que en total

⁶⁵En este caso se dió un crecimiento de salto debido a condiciones políticas más que económicas.

⁶⁶Delgado, "El patrón de ocupación territorial de la Ciudad de México al año 2000", 1988.

⁶⁷Camposortega, "Evolución y tendencias demográficas de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México", 1992.

sumaban un área de 4,451.2 Km², que representaba la superficie política de la ZMCM.⁶⁸ Para 1993 se habrían añadido 5 municipios más, sumando entonces un área política de 4,692 Km² (figura 8).⁶⁹

La ZMCM ha observado un crecimiento mayor que la media nacional. Su población se incrementó de 1.7 millones en 1940 a 5.4 millones en 1960, a 13 millones en 1980 y a 15.8 millones en 1990. El porcentaje de población que habita en la ZMCM con respecto a la población nacional se ha incrementado de 8.4% en 1940, a 14.7% en 1960 y a 18.6% en 1990. Las mayores tasas de crecimiento se alcanzaron entre 1940 y 1970, al crecer la ciudad a un ritmo de 5.5% anual, duplicando su población cada 13 años. No obstante, desde 1970 el ritmo de crecimiento se ha reducido; entre 1970 y 1980 alcanzó el 3.9%, y entre 1980 y 1990 el 2%.

Las tasas de crecimiento, por su agregación, esconden fuertes diferencias al interior del área metropolitana. El Distrito Federal y los municipios conurbados del Estado de México han venido creciendo a ritmos distintos. El D.F. ha disminuido su crecimiento anual de 5.1% entre 1950 y 1960, a 3.3% en la década de 1960-1970, a 1.9% entre 1970 y 1980, y a 0.2% entre 1980 y 1990 (figura 9). Por su parte los municipios conurbados han conservado altas tasas de crecimiento: 27% entre 1950 y 1960; 19% entre 1960-1970; 9% entre 1970-1980, y 5% entre 1980 y 1990. Esto ha ocasionado que el Estado de México aumente en importancia dentro de la zona metropolitana, del 0.1% del total de población en 1950, al 21% en 1970 y al 45% en 1990 (figura 10).

El crecimiento de la Ciudad de México puede explicarse por las altas tasas de inmigración, la expansión física de la ciudad hacia localidades vecinas y por el alto crecimiento natural que tuvo hasta el año de 1970. Otros parámetros demográficos nos indican que la esperanza de vida al nacer se ha incrementado de 51 años en 1940 a 69 años para 1980; mientras que la tasa bruta de mortalidad en el D.F. disminuyó de 15 a 5.4 por cada mil habitantes, en el mismo periodo.

La ZMCM ha sido una fuerte atracción para los migrantes desde la primera mitad de este siglo. De acuerdo a los resultados del censo de 1990, el

⁶⁸*Idem.*

⁶⁹Complementado las listas de Camposortega, 1992. y Negrete, 1994. Añadiendo además los municipios de Temamatla y Cocotitlan, que se ven tocados por la mancha urbana, aunque de forma más o menos discontinua, con grandes espacios baldíos.

Tasa de crecimiento de la población del D.F. como
unidad político-administrativa de 1950-1995.

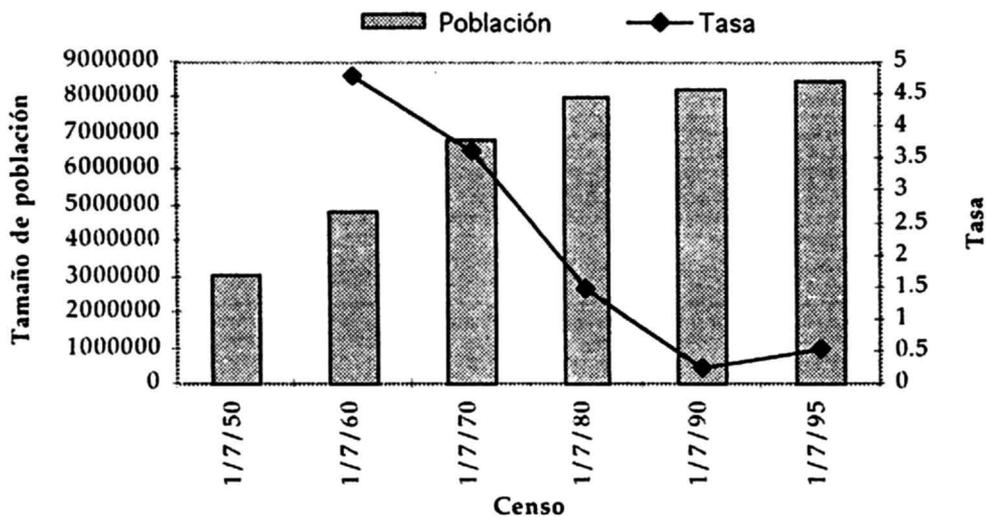


Figura 9.

Tasas de crecimiento del país, ZMCM y D.F. de 1950-1990.

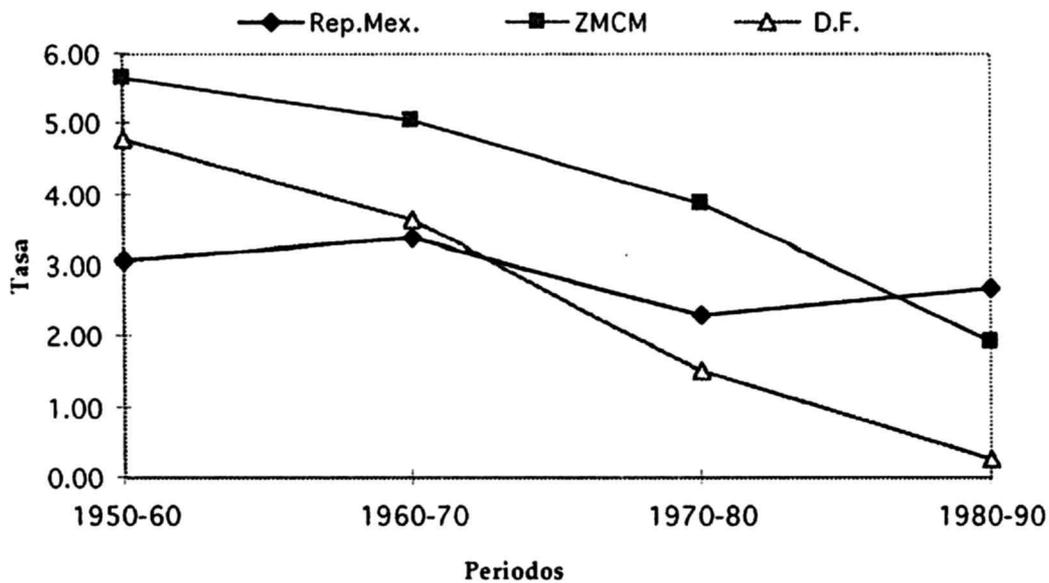


Figura 10.

24% de los residentes en el Distrito Federal habían nacido fuera de él, mientras que el 24% de los residentes de los municipios conurbados habían nacido fuera del Estado de México y del D.F. Debido al movimiento de población entre el Distrito Federal y el Estado de México se ha observado una desconcentración de la población capitalina hacia los municipios vecinos. Esto se ve claramente en el censo de 1990, donde el 30% de los inmigrantes a dichos municipios provenían del Distrito Federal.

La dinámica demográfica de la ZMCM anterior a 1970, originó que la estructura de población se rejuveneciera en forma pronunciada. En 1970 los menores de 15 años representaban el 41.5% del total de la población, las personas entre 15 y 64 años el 55%, y los de 65 años y más solamente el 3.5%. La reducción de fecundidad observada a finales de los años sesenta originó transformaciones en la estructura por edad de la población, al reducirse proporcionalmente los primeros grupos de edad. De este modo, las personas entre 0 y 14 años han disminuido su participación del 39.7% en 1980, al 33.4% en 1990. Por el contrario, la población en edades activas (15-64 años) se incrementó a 57% en 1980 y a 62.8% en 1990, y los de 65 años o más, aumentaron al 3.8% en 1990. Este cambio en la estructura por edades tiene repercusiones directas sobre los sistemas de seguridad social, el acceso a nuevos empleos y la demanda de nuevos espacios de vivienda, servicios e infraestructura.

2.4. El contexto económico.

Obviamente que el crecimiento demográfico y físico de una ciudad está íntimamente relacionado con su crecimiento económico, tal como se ha expuesto en el capítulo I. Es por ello que resulta interesante analizar el comportamiento económico del país en el periodo de estudio, así como la participación de la Ciudad de México en la economía nacional.

Entre 1940 y 1970, la economía mexicana creció en más de 6% anual. Este crecimiento fenomenal se explica como resultado de varios factores.⁷⁰ Primero, durante la década de 1930 se logró la estabilidad política, institucionalizada en un partido único (PRI); segundo, las instituciones financieras públicas (Banco de México y Nacional Financiera), se convirtieron en vehículos del apoyo gubernamental al desarrollo económico, en especial

⁷⁰Hansen, *The politics of Mexican development*, 1974.

de la industria básica, infraestructura eléctrica y de comunicaciones. Mientras que el descuido del agro fomentó la inmigración a las ciudades, necesaria para proporcionar mano de obra barata al sistema industrial. Finalmente, se produjeron cambios en la conformación social de la élite que permitió una etapa de movilidad social. Este periodo de éxito económico tuvo importantes repercusiones en las estructuras demográficas. La población total aumentó con rapidez de 19.6 millones en 1940 a 48.2 millones en 1970, y a 81.2 millones para 1990. Es en este momento cuando México se volvió un país principalmente urbano.

Sin embargo, a pesar de las impresionantes tasas de crecimiento económico, la distribución de los ingresos continuó siendo muy desigual. Esto indica que la fase temprana de crecimiento acelerado se logró a costa de un aumento en la desigualdad de los ingresos. Las cifras en este sentido muestran que a partir de 1950 se deterioró la posición de los grupos de menores ingresos: para los sesenta el 40% más pobre de la población económicamente activa percibía sólo 11% de los ingresos a nivel nacional. La distribución de los ingresos en México es desde entonces una de las más desiguales de todos los países latinoamericanos.⁷¹ Para 1970 comenzaban a aparecer los altos costos sociales relacionados con el desarrollo económico. Los niveles salariales y las condiciones de trabajo empeoraban, y el censo de 1970 reveló enormes carencias entre grandes sectores de la población.

El descontento popular se manifestó con los disturbios de 1968 y 1971. Lo que motivó un cambio de política económica del llamado "desarrollo estabilizador" al "desarrollo compartido".⁷² En esta nueva etapa, el Estado intentó imponerse como director de la economía, creando o revitalizando un gran número de empresas estatales en los campos de la producción, distribución y bienestar social. El gasto del sector público en bienestar social se incrementó significativamente en términos reales. Aumentaron los salarios y se propusieron reformas fiscales, al igual que otro tipo de acciones que pretendían favorecer a las clases trabajadoras a expensas del sector privado.⁷³ Como era de esperarse, muchas de estas políticas enfrentaron una fuerte

⁷¹Weisskoff y Figueroa, "Traversing the social pyramid: a comparative review of income distribution in Latin America," 1976.

⁷²Teichman, *Policy making in Mexico: from boom to crisis*, 1988.

⁷³Tello, *La política económica en México. 1970-1976*, 1978.

resistencia por parte de las élites. Al final fracasaron como resultado de una combinación de factores nacionales e internacionales. La promesa de cambios estructurales paulatinos en la economía no se cumplió y el periodo se caracterizó por el desequilibrio y la expansión económica errática.⁷⁴

Aunque la economía en general siguió creciendo a un ritmo satisfactorio durante la década de 1970 (con un PIB promedio de 5.9% entre 1971 y 1980), no tuvo un trayecto fácil. Mientras que entre 1963 y 1970 el crecimiento anual del PIB nunca cayó por debajo del 6.3%, en el periodo 1971-1980 descendió a menos de 6% en varias ocasiones.⁷⁵ Desde entonces el país ha atravesado por cuatro crisis notorias que han erosionado, en cada ocasión, cualquier avance económico en materia de distribución del ingreso. La primera se dio a finales de la administración de Gustavo Díaz Ordaz y llegó a su peor momento en 1971; la segunda comenzó en 1973-74 y culminó, al final del sexenio de Echeverría, con una devaluación del peso frente al dólar de 100%. José López Portillo reflacionó la economía en 1978, pero la caída de los precios del petróleo, la creciente deuda externa y el gasto excesivo, provocaron una serie de devaluaciones que llevaron a un desplome del PIB por debajo del 1%. Esto ocasionó que la economía estuviera en franca depresión durante todo el periodo de Miguel de la Madrid, hasta tener una recuperación en el sexenio de Salinas. Por desgracia, el "error de diciembre" de 1994 volvió a sacudir la economía mexicana, que se ha vuelto sumamente susceptible a cualquier perturbación política y económica, sea ésta nacional o internacional.

El patrón de crecimiento y contracción económica, provocada por la alternancia sexenal y la imposición de medidas de austeridad por parte del FMI, ha tenido un grave impacto sobre el gasto gubernamental, el acceso al empleo, las oportunidades de movilidad económica y el valor de los salarios reales. La fuerza de trabajo mexicana es cada vez más vulnerable a los cambios económicos internacionales. La mano de obra puede contratarse y despedirse regularmente según el volumen de trabajo existente en ese momento; bien para garantizar su pasividad o bien para evitar las obligaciones contractuales que implican los trabajadores "permanentes". Esta vulnerabilidad es aún más evidente debido al creciente uso industrial de tecnologías intensivas de

⁷⁴Cockcroft, *México. Class formation, capital accumulation and the state*, 1983.

⁷⁵Padilla Aragón, *México: hacia el crecimiento con distribución del ingreso*, 1981.

capital, la cual genera menos empleos por inversión de unidad de costo;⁷⁶ cada vez más, se pasa de una población asalariada a una población esencialmente no remunerada que genera sus propios ingresos por medio de la informalidad y el autoempleo.⁷⁷ Esta disminución de oportunidades tiene un claro reflejo en el ámbito espacial, principalmente en la competencia por un espacio residencial. Donde las familias de menores ingresos compiten en desventaja contra las clases pudientes. Esto ha obligado a buscar formas alternativas de apropiarse del suelo, como son las invasiones o las adquisiciones de predios ilegales.

2.5 Convergencias y divergencias entre la urbanización de libre mercado y la urbanización mexicana.

Después de un rodeo largo, pero necesario, creo que es tiempo de regresar a la pregunta que abrió este capítulo: ¿cómo se ha dado el proceso de crecimiento urbano en la Ciudad de México?

En el AUCM la vivienda proviene tanto del mercado público como del privado. Este último con sistemas formales e informales de oferta. La intervención del sector público es variable y ha respondido a diferentes tipos de necesidades y grupos de ingresos.⁷⁸ Si embargo, más de las veces se ha enfocado a la construcción de viviendas de “interés social”, en beneficio de grupos de ingresos medios, capaces de cumplir con los pagos de una hipoteca; mientras que sólo algunas viviendas han pasado a la población de bajos ingresos, generalmente porque su ubicación en áreas marginadas no interesaba a las clases medias. Si bien la participación estatal en este rubro ha sido importante, sólo ha cubierto un porcentaje pequeño de la demanda; por lo cual, la mayor parte de las construcciones se realizan de manera privada.⁷⁹ Los grupos de ingresos medio y superior buscan vivienda a través de sistemas de oferta formal y generalmente legal, mientras que los de bajos ingresos

⁷⁶Cockcroft, *op. cit.* 1983.

⁷⁷Hiernaux, “Cambios económicos y reordenamiento territorial de la Ciudad de México: algunos comentarios”. 1992.

⁷⁸Garza y Schteingart. *La acción habitacional del estado mexicano*, 1978b.

⁷⁹Ward. “México”. *International handbook of housing policies and practices*, 1990.

adquieren terrenos ilegalmente y construyen sus casas ellos mismos.⁸⁰ Así, a diferencia de lo estudiábamos en el capítulo I, en la Ciudad de México la mayor parte de la oferta de casas habitación para los grupos de bajos ingresos se produce por autoconstrucción en predios de tenencia irregular.⁸¹

Los asentamientos irregulares en el AUCM comprenden los de “paracaidistas”, quienes se apropian de los terrenos mediante invasiones bien preparadas en las que participan un gran número de familias. Este modo de adquisición de la tierra, aunque presente aún, tiende a ser la excepción y últimamente ha sido duramente atacado por las autoridades. Otra forma de urbanización ilegal un poco más costosa, pero menos violenta y más segura, es la subdivisión irregular de terrenos por parte de terrateniente, ejidatarios o compañías de bienes raíces. La ilegalidad de esta urbanización radica en la falta de permisos y autorizaciones para su urbanización, ausencia de servicios e inexistencia de títulos de propiedad. Cualquiera que sea el mecanismo de apertura de la tierra se llega a resultados similares: terrenos sin servicios (de aproximadamente 200 m²), donde las familias se responsabilizan por la construcción y administración de sus viviendas. Como ha sucedido en la gran mayoría de casos, se espera que estos asentamientos ilegales serán absorbidos e incorporados con el tiempo a los anillos intermedios de la ciudad, atravesando en el *inter* varios procesos de consolidación, redensificación y legalización *a posteriori*.

Dentro de la ciudad interna, siguen existiendo los edificios de alquiler o vecindades, que por lo general se ubican en viejas casonas de las delegaciones centrales. Los alquileres de muchos de estos edificios fueron “congelados” en la década de 1940, lo que ocasionó un retiró de la inversión de los caseros en el centro de la ciudad, y una proletarización de la zona. A raíz del sismo de 1985, muchas de estas vecindades fueron sustituidas por unidades habitacionales de interés social construidas sobre los mismos predios. Recientemente, se ha dejado de proteger al inquilino, para inclinar la balanza en favor de los caseros, lo que ha producido una serie de desalojos de muchas casonas del centro, lo que está provocando una constante presión sobre los predios

⁸⁰Connolly, “Uncontrolled settlements and self-build: what kind of solution? The Mexico City case,” 1982.

⁸¹Ward, “The squatter settlement as slum or housing solution: the evidence from Mexico City”, 1976.

suburbanos, lo que se ha reflejado en un incremento de propietarios con respecto a la familias que rentan su vivienda.⁸²

Parece contradictorio que la ciudad continúe creciendo físicamente a tasas por arriba del 3.3% anual,⁸³ si desde la década de 1980 a la fecha, la economía mexicana ha vivido en una crisis casi constante, exceptuando una breve recuperación de 1992 a 1994. Esto nos lleva a considerar que existen algunas divergencias en cuanto a los mecanismos que operan en el libre mercado con respecto al caso mexicano, donde además de operar las fuerzas del mercado, intervienen movimientos sociales altamente politizados que por encima de la formalidad económica obtienen espacios residenciales. De esta forma, la recesión puede producir peores condiciones en la calidad de la vivienda y atrasar la consolidación de las autoconstrucciones (Figura 11 y 12); pero no puede desacelerar el ritmo de crecimiento periférico, en el cual más población opta por una vivienda propia. Por precarias que sean las condiciones de vida, es preferible tener un techo propio que angustiarse cada mes ante el pago del alquiler. En este sentido la crisis económica en vez de detener ha estimulado la urbanización periférica, especialmente por familias cuyos ingresos no alcanzan a cubrir una renta en la ciudad interna.

Una segunda discrepancia que puede observarse entre la teoría y el estudio de caso, es que en el AUCM el agente inmobiliario pasa a un segundo plano en la promoción y apertura de la tierra urbana; desplazado por organismos públicos, movimientos sociales, pero principalmente por el usuario final. Esto acelera las etapas de urbanización, pues más de las veces el consumidor último comienza a habitar la tierra inmediatamente después de adquirida, sin ningún tipo de servicios, ni permisos de planeación o construcción. Bajo este estado de cosas el sistema de autoconstrucción, en su primera etapa, se realiza con materiales de desecho o de bajo costo, lámina y cartón, para ir con el tiempo sustituyendo estos materiales por otros más duraderos. De una u otra forma esta urbanización incipiente debe ser más viable económicamente para las familias pobres, que continuar como inquilinos, pagando una renta mensual.

⁸²Gilbert y Varley, "From renting to self-help ownership? Residential Tenure in urban Mexico since 1940". 1989.

⁸³Véase el capítulo IV.



Figura 11. Periferia del AUCM en diversos grados de consolidación. Municipio de Tezoyuca, 1998.



Figura 12. Periferia del AUCM en diversos grados de consolidación. Ejidos de San Cristobal, 1998.

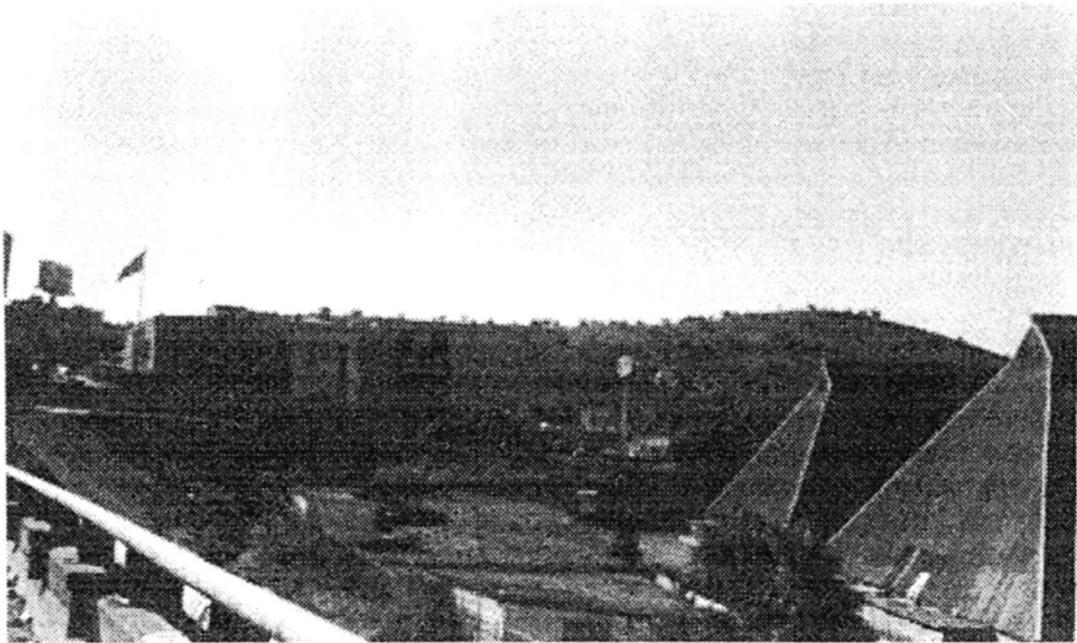
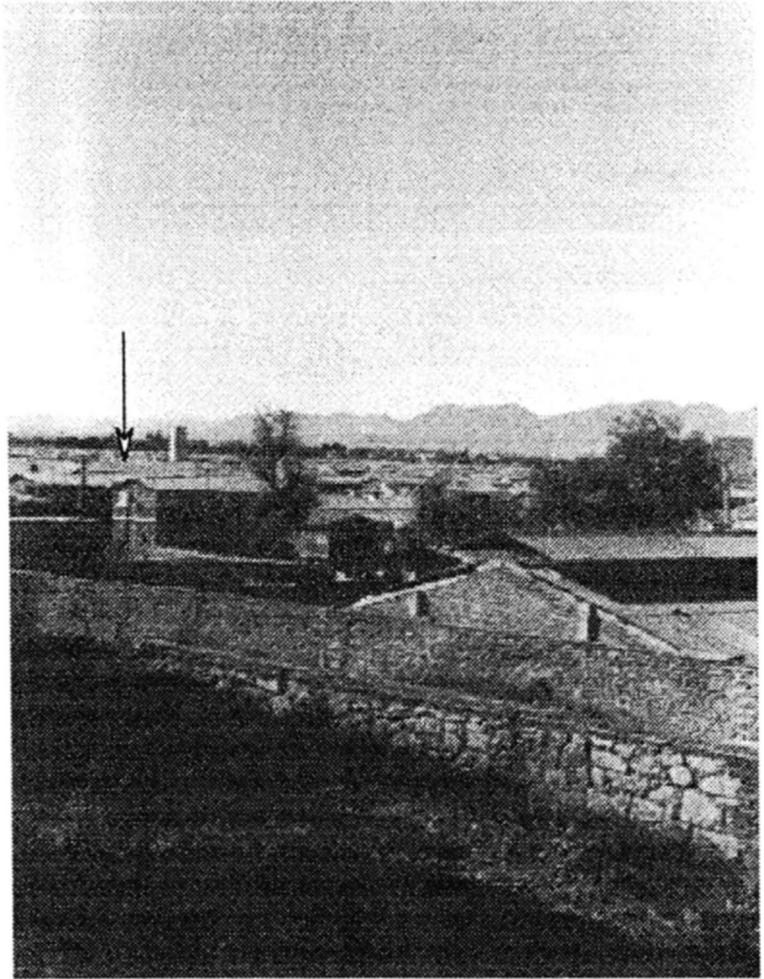
Ahora bien, el sistema de construcción formal tal como fue descrito en el capítulo I tiene su propio nicho de acción, operando en la construcción de fraccionamientos diseñados para las familias de clase media alta y alta, así como en el desarrollo de grandes áreas comerciales, donde los usuarios finales compran una construcción terminada con todos los servicios instalados que más o menos se ajusta a sus necesidades y capacidad adquisitiva (figuras 13 y 14). En el caso de las plantas industriales siguen siendo los propios empresarios los que se hacen cargo de todo el proceso inmobiliario a través de intermediarios contratados (figura 15).

Con las nuevas reformas al artículo 27 constitucional, se espera que se regularice parte de la ilegalidad que había caracterizado a la urbanización de las ciudades del país. Lo que en teoría nos llevaría más y más a un escenario de mercado, donde los ejidatarios podrían colocar sus tierras legalmente en el mercado de bienes raíces. No obstante, es muy probable que estas tierras serán acaparadas por unos cuantos especuladores inmobiliarios, lo que nos llevaría a escenarios de mercados oligopólicos más que de libre competencia. El gobierno federal pretende adelantarse a esto por medio de la expropiación, en favor de los estados y municipios, de grandes cantidades tierra de los ejidos conurbados a las 116 ciudades más grandes de la república.⁸⁴ Esto lleva a preveer un posible monopolio estatal en el mercado de tierras suburbanas con grandes ineficiencias de mercado: caracterizado por favoritismos en favor de ciertos grupos políticos y especuladores. Como el PISO deja fuera de sus acciones a las cuatro grandes metrópolis del país: Ciudad de México, Monterrey, Guadalajara y Puebla; asimismo a las ciudades pequeñas no contempladas en el Programa de las Cien Ciudades, podemos esperar que en estas áreas urbanas los procesos de conversión de tierra rural a urbana sean más apegados a la dinámica de mercado, ya sea ésta libre u oligopólica (Figura 16).

No obstante estas divergencias, los patrones generales de expansión física de las áreas urbanas descritos en el capítulo I, operan con todas sus variantes en la AUCM: axial, lateral concéntrica, de dormitorio y salto e *infilling*. Pero, hay que tener siempre presente que la explicación económica de tales patrones de expansión puede ser un poco distinta a la que esperaríamos en un contexto teórico de libre empresa. Por ejemplo, es

⁸⁴Programa de Incorporación de Suelo Urbano (PISO). 1995-2000. SEDESOL.

**Figura 13. Fraccionamientos de inversión inmobiliaria.
Vía José López Portillo, 1998.**



**Figura 14. Centros comerciales en la periferia del AUCM, Vía
José López Portillo, 1998.**

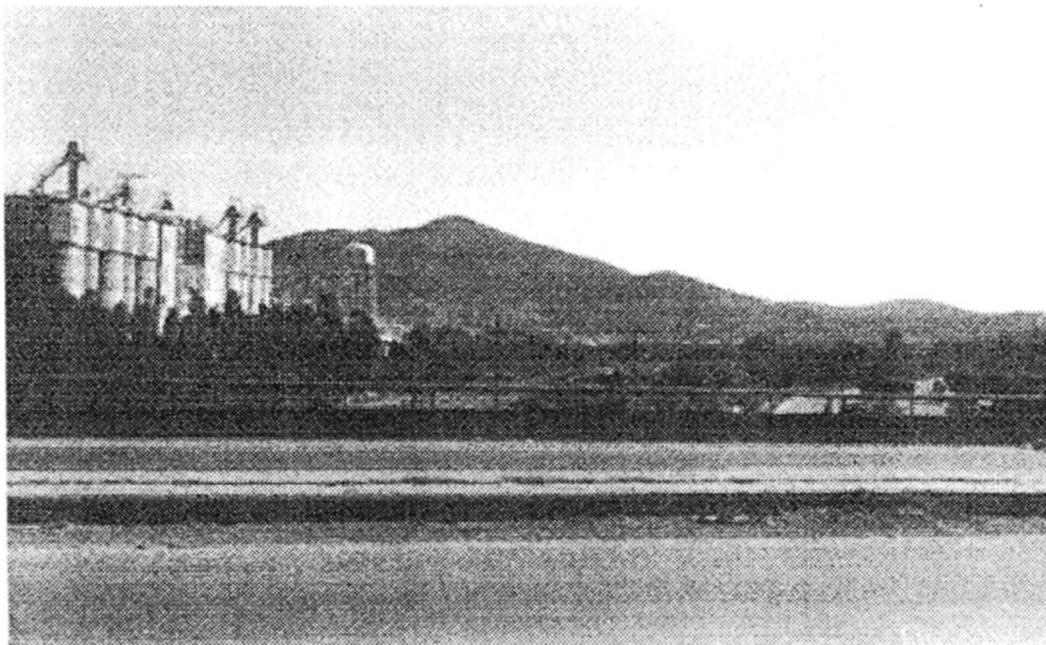


Figura 15. Plantas industriales en la periferia del AUCM. Nótese los grandes espacios que necesita la planta, así como de un fácil acceso a las principales arterias de circulación. Zona Industrial Lechería, 1998.

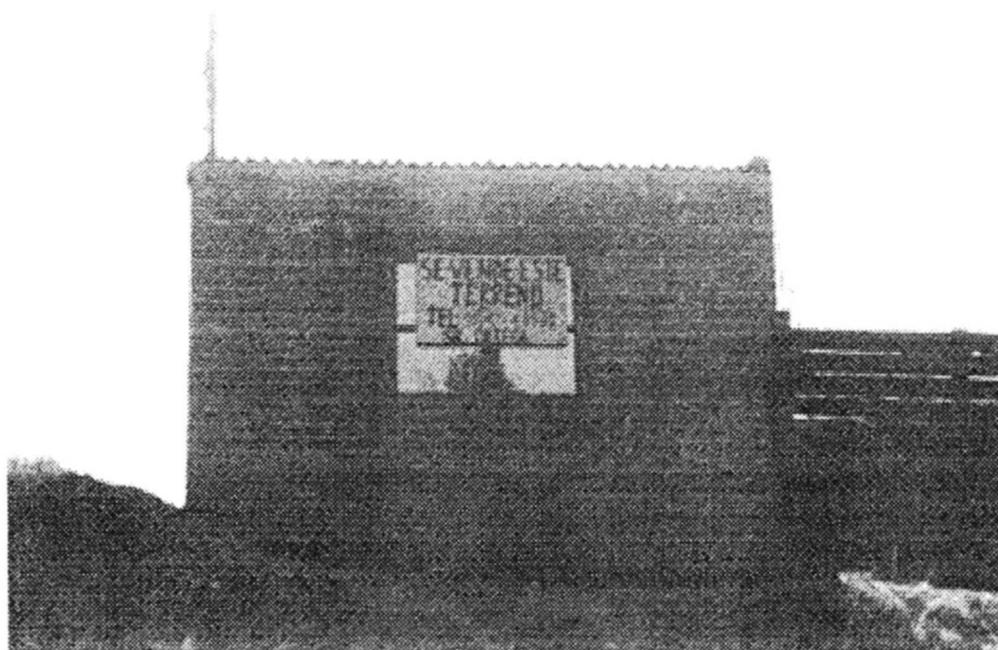


Figura 16. Mercado de tierra suburbana en el AUCM. Coatepec, Estado de México, 1998.

probable que en la Ciudad de México, además de las consideraciones normales de mercado ya descritas, la urbanización de "salto de rana" se presente debido a un fenómeno de circulación de la información informal (pláticas con familiares y amigos o "pitazos" a las organizaciones sociales que reclaman tierra), sobre la existencia de ciertas parcelas más allá del límite urbano-rural inmediato, que podrían ser invadidas o compradas sin esperar una reacción violenta de las autoridades.

De este modo, estas imperfecciones del mercado operan continuamente en el caso mexicano, donde las autoridades pueden reprimir o incentivar la ocupación ilegal de tierras de acuerdo a coyunturas políticas, más que económicas.

Capítulo 999.

Capítulo III. Principios de la teledetección espacial y sus aplicaciones en los estudios urbanos.

Resumen

En este capítulo se analizan las técnicas de percepción remota utilizadas en este trabajo para cuantificar el crecimiento periférico de la Ciudad de México, así como detectar los patrones de expansión urbana de la misma. Se pone especial énfasis en los alcances y limitaciones de la teledetección espacial, al nivel tecnológico y de resolución utilizada.

3.0. Antecedentes.

Los sensores remotos se definen como la tecnología de medir las características de un objeto o superficie a distancia.⁸⁵ En el caso del monitoreo urbano, el objeto a medir (el área de la metrópolis) se encuentra en la superficie terrestre, mientras que el sensor que la observa está en el aire (aviones, globos) o el espacio (satélites). Los principios físicos que gobiernan la teledetección se fundamentan en la captación e interpretación de las ondas electromagnéticas que emiten o reflejan los objetos observados. Los elementos que componen cualquier paisaje (matriz geológica, vegetación, relieve, hidrología y rasgos culturales), emiten o reflejan distintas longitudes de onda, tal propiedad permite identificar a cada elemento y clasificarlo con respecto a su color en el espectro electromagnético.⁸⁶ Como la teledetección nos permite observar grandes extensiones de terreno, por medio del estudio de estas frecuencias en las imágenes, podemos discernir patrones de distribución de los elementos, así como cuantificarlos. En sentido amplio, la teledetección no engloba sólo los procesos que permiten obtener una imagen desde el aire o el espacio, sino también su posterior tratamiento en el contexto de una aplicación determinada.

⁸⁵ Bird, "Principles of Remote Sensing: Electromagnetic Radiation, Reflectance and Emissivity". 1990.

⁸⁶ Chuvieco, *Fundamentos de teledetección espacial*. 1990.

3.1. Evolución de los sensores remotos como técnica de observación terrestre.

Las primeras fotografías espaciales fueron tomadas por Alan B. Shepard durante una de las misiones del Mercury (1961). En los años siguientes se continuaron tomando fotografías desde naves tripuladas, siendo la misión Gemini-Titan (1965), la que incluyó los primeros experimentos formales de fotografía espacial para usos geológicos y meteorológicos. Dados los buenos resultados de estos primeros ensayos, la NASA proyectó más observaciones durante las misiones Apollo-6 y Apollo-7, que adquirieron imágenes verticales, y durante la misión del Apollo-9 se experimentó por primera vez con sensores multiespectrales.⁸⁷ Todas estas experiencias, junto con el bagaje aportado por los satélites meteorológicos, hicieron concebir a la NASA proyectos dedicados exclusivamente a la cartografía y evaluación de los recursos naturales. El 23 de julio de 1972 se lanzó el primer satélite de la serie ERST (*Earth Resources Technology Satellite*), poniéndose en órbita otro más en 1975. Este proyecto bautizado posteriormente como *Landsat* ha resultado ser el más fructífero en lo que se refiere a aplicaciones civiles de la teledetección. Siguiendo a la serie Landsat se han diseñado otros proyectos de observación terrestre, como el laboratorio espacial tripulado Skylab (1973), el satélite oceanográfico Seasat (1978), el de investigación térmica HCMM (1978), todos ellos propiedad de la NASA. Por su parte otros países han lanzado sus propios proyectos, tal es el caso del satélite francés SPOT (1986), el japonés MOS-1 (1987), los rusos SOYUZ y SALUT, y otros canadienses y europeos.⁸⁸ Este interés científico por observar las características de las superficies terrestres desde el espacio, ha arrojado grandes cantidades de información que nos ha permitido conocer mejor nuestro planeta y países. Hoy por hoy la teledetección espacial se ha convertido en una herramienta indispensable en los estudios geográfico-ambientales, incluyendo entre ellas la investigación urbana.

⁸⁷ Son sensores fotográficos o electrónicos capaces de capturar distintas bandas electromagnéticas emitidas o reflejadas por las superficies en estudio.

⁸⁸ Hyatt, *Keyguide to Information Sources in Remote Sensing*, 1988.

3.2. Principios físicos de la percepción remota.

Para que la percepción remota sea posible, es preciso que entre los objetos y el sensor exista algún tipo de interacción. Nuestros sentidos perciben un objeto sólo cuando pueden descifrar la información que éste les envía. Por ejemplo, durante el día somos capaces de ver un árbol porque nuestros ojos reciben y traducen una energía luminosa procedente del mismo. Esa señal, por lo demás, no es originada por el árbol, sino por un foco energético exterior que le ilumina. De ahí que no seríamos capaces de percibir ese árbol en plena oscuridad. Este ejemplo nos permite remarcar los principales elementos de cualquier sistema de teledetección: el sensor (ojo), el objeto observado (árbol) y el flujo energético que permite poner a ambos en relación (luz solar). En este ejemplo, el ojo percibe el flujo energético procedente del árbol gracias a la reflexión de la luz solar. Pero si nuestros ojos fueran sensibles a otras longitudes de onda, podríamos percibir otros tipos de energía emitidos por el propio objeto o bien, podría darse el caso que nosotros mismos transmitiéramos una señal luminosa al objeto y esperáramos a que éste la reflejara. Estas son precisamente las tres formas de adquirir información a partir de un sensor remoto: por reflexión, por emisión y por emisión-reflexión (figura 17).

La reflexión es la forma más importante de la teledetección, pues se deriva directamente de la luz solar, principal fuente de energía de nuestro planeta. El sol ilumina la superficie terrestre que refleja esa energía en función del tipo de cubierta presente sobre de ella. Ese flujo reflejado se recoge por el sensor que lo transmite posteriormente a las estaciones receptoras. Entre la superficie y el sensor se interpone la atmósfera que dispersa y absorbe parte de la señal original. De igual forma, la observación remota puede basarse en la energía emitida por las propias cubiertas o en la que podríamos enviar desde un sensor que fuera capaz tanto de generar su propio flujo energético como de recoger posteriormente su reflexión sobre la superficie terrestre.

En cualquiera de estos casos el flujo energético entre la cubierta terrestre y el sensor constituye una forma de radiación electromagnética. Históricamente las propiedades de la radiación electromagnética se han explicado por dos teorías: la ondulatoria (Huygens, Maxwell), y la fotónica (Planck, Einstein). De acuerdo con la teoría ondulatoria la energía

electromagnética se transmite de un lugar a otro siguiendo un modelo armónico y continuo, a la velocidad de la luz y conteniendo dos campos de fuerza ortogonales entre sí: eléctrico y magnético. Las características de este flujo pueden describirse por dos elementos: su longitud de onda (λ) y su frecuencia (F). Ambos elementos están inversamente relacionados: a mayor longitud de onda, menor frecuencia y al revés (figura 18).⁸⁹ De lo anterior se infiere que podemos describir cualquier tipo de energía radiante en función de su longitud de onda o su frecuencia: a mayor longitud de onda menor flujo energético; a menor frecuencia menor contenido energético. La organización de estas bandas de longitudes de onda o frecuencia se denomina espectro electromagnético. El espectro comprende, en un continuo, desde las longitudes de ondas más cortas (rayos gamma, rayos X), hasta las longitudes kilométricas utilizadas en las telecomunicaciones (figura 19).

Desde el punto de vista de la teledetección sólo se utilizan algunas bandas:

- Espectro visible (0.4 a 0.7 μm ⁹⁰). Se denomina así por tratarse de la única radiación electromagnética que puede percibir el ojo humano. Se distinguen tres bandas elementales: azul (0.4 a 0.5 μm); verde (0.5 a 0.6 μm), y rojo (0.6 a 0.7 μm).
- Infrarrojo próximo (0.7 a 1.3 μm). Denominado también infrarrojo reflejado y fotográfico, puesto que puede detectarse a través de una película fotográfica especial. Resulta de importancia por su capacidad para discriminar masas vegetales y concentraciones de humedad.
- Infrarrojo medio (1.33 a 8 μm). Este espectro se presenta en donde se entremezclan los procesos de reflexión de la luz solar y de emisión de la superficie terrestre.
- Infrarrojo lejano o térmico (8 a 14 μm). Incluye la porción emisiva del espectro terrestre.
- Microondas (a partir de un 1 mm.). Espectro de gran interés por ser un tipo de energía transparente a la cubierta nubosa.

⁸⁹ $c = \lambda F$; donde c= a la velocidad de la luz.

⁹⁰ Micra: unidad de medida de la longitud de onda, equivale a 10^{-6} metros.

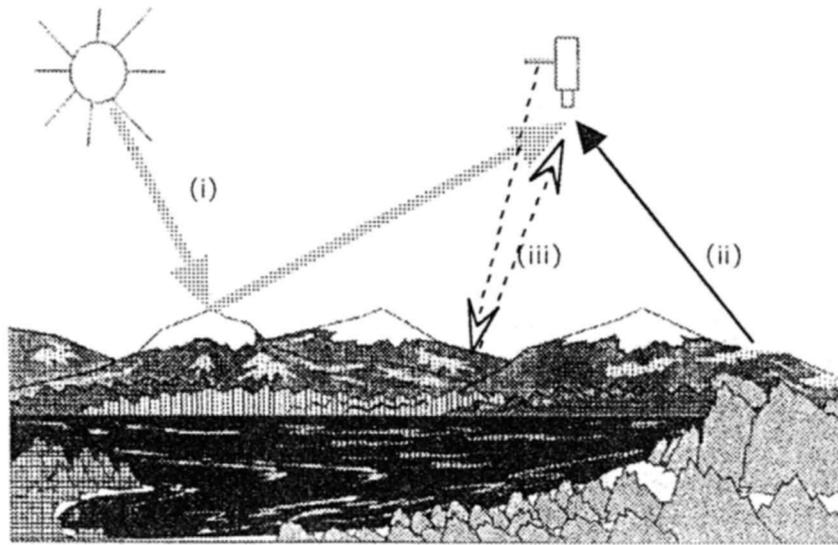


Figura 17. Principales formas de teledetección: (i) reflexión; (ii) emisión; (iii) emisión-reflexión.

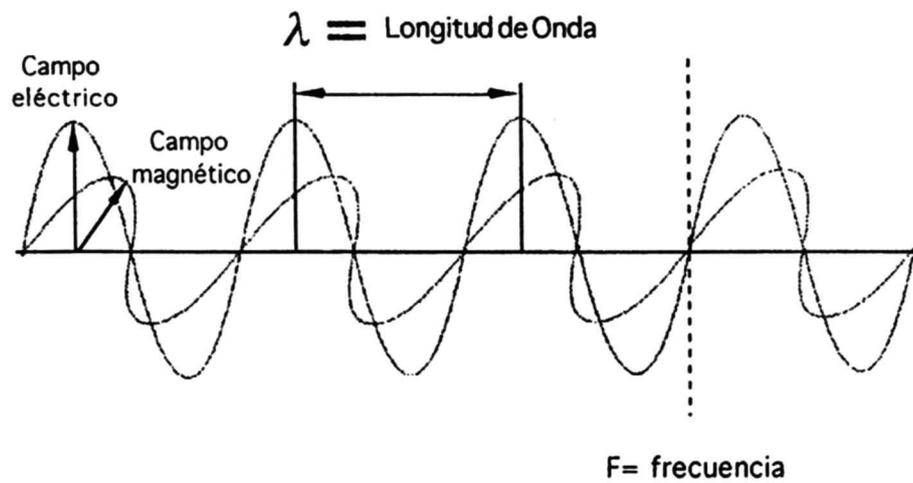


Figura 18. Esquema de una onda electro-magnética.

Es importante considerar que el flujo de energía recibido por el sensor no sólo depende de la reflectividad⁹¹ de la cubierta, sino también de otros factores externos. Los más importantes son: (i) las condiciones atmosféricas, (ii) el emplazamiento ambiental de la cubierta y (iii) la geometría de la observación.

En cuanto a las condiciones de observación, conviene tener presente que la cantidad de energía que llega al sensor depende del ángulo con que la superficie refleje la energía incidente, así como del que formen el haz incidente con la posición del sensor. Esta geometría de observación está estrechamente ligada a la rugosidad que presenta la superficie. Así, pueden distinguirse dos tipos de cubiertas: aquellas que reflejan la energía con el mismo ángulo del flujo incidente (especulares), y aquellas que lo reflejan uniformemente en todas las direcciones, (lambertianas; figura 20). La mayor parte de las cubiertas tienden a comportarse de modo intermedio entre ambas situaciones, en función de sus características y de la longitud de onda en la que se trabaje. Si la longitud de onda es pequeña las rugosidades del terreno tenderán a difundir mucho más la energía incidente que si se trata de longitudes de onda mayores, en donde esas mismas partículas pueden no impedir un comportamiento especular. En el espectro visible, por ejemplo, sólo el agua en calma presenta un carácter casi especular, mientras el resto de las cubiertas tienden a ofrecer un comportamiento difusor. En longitudes de onda mayores (microondas), también otras cubiertas pueden actuar de modo especular, siempre que la rugosidad del terreno sea lo suficientemente pequeña.⁹²

En cualquier caso, el ángulo de elevación solar y el ángulo de observación juegan un papel muy destacado en la respuesta finalmente

⁹¹ Reflectividad es la relación entre el flujo de energía incidente en una superficie y la que ésta refleja. La nieve, por ejemplo, presenta una reflectividad alta y constante, pues refleja la mayor parte de la energía incidente en ella a distintas longitudes de onda. Por el contrario, el agua absorbe la mayor parte de la energía que recibe, tanto más a mayores longitudes de onda. Por su parte la vegetación presenta un comportamiento muy cromático, con bajos valores de reflectividad en el espectro visible y muy reflectiva en el infrarrojo cercano.

⁹² Cuando se usa el radar sobre los núcleos de población, altamente rugosos, aparecen con tonos claros. lo que permite discriminarlos frente a los espacios cultivados limítrofes.

Frecuencia
(Megahercios)

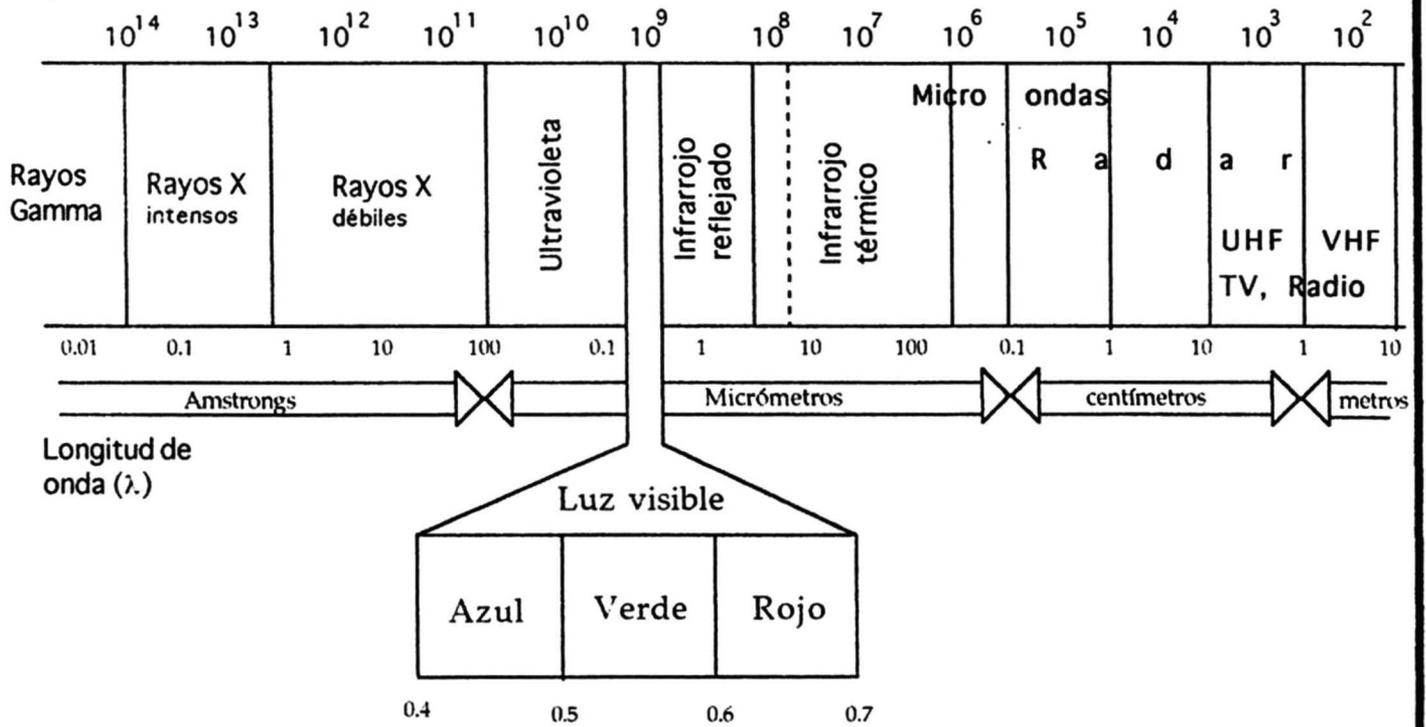


Figura 19. Espectro electro-magnético.

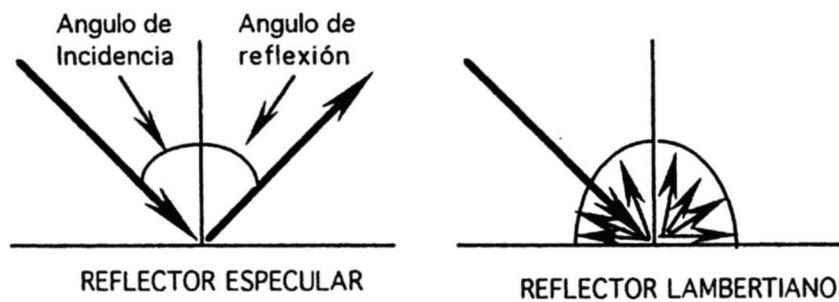


Figura 20. Superficies especulares y lambertianas.

obtenida por el sensor. Entonces, el comportamiento de una cubierta en el espectro visible está influido no sólo por sus propias características, sino también por una serie de factores externos que modifican su comportamiento espectral teórico:

- (i) Angulo de iluminación solar, dependiente de la fecha del año y del momento de paso del satélite.
- (ii) Modificaciones que el relieve introduce en el ángulo de iluminación (pendiente u orientación de las laderas).
- (iii) Influencia de la atmósfera, especialmente en lo que se refiere a la dispersión selectiva en distintas longitudes de onda.
- (iv) Variaciones medio ambientales en la cubierta: asociación con otras superficies, homogeneidad que presenta y estado fenológico.
- (v) Angulo de observación: relacionado con la órbita del satélite y con las características del sensor.

Todos estos factores denuncian la complejidad que puede entrañar la caracterización de un tipo de cubierta a partir de sensores remotos. También nos sirve para matizar el concepto de **signatura espectral**.⁹³ Éste hace referencia al modo peculiar con el que una determinada cubierta refleja o emite energía a distintas longitudes de onda. Su forma característica de radiar energía es la base para discriminarla frente a otras cubiertas a partir de la observación remota. Siempre tomando en consideración que las distintas cubiertas de la superficie terrestre no tienen un comportamiento espectral único y permanente, que coincida con sus curvas de reflectividad espectral y permita reconocerlas sin confusión frente a otras superficies. Por el contrario, en torno a un comportamiento tipo, que denominamos signatura espectral, cada cubierta presenta cierta variabilidad que dificulta, en cierto grado, su discriminación frente a otras superficies.

⁹³ Slater, *Remote Sensing, Optics and Optical Systems*, 1980; Meliá, *Signaturas espectrales e índices de vegetación*, 1986.

3.3. Comportamiento espectral teórico de los tres elementos fundamentales del paisaje: vegetación, suelo y agua.

3.3.1. Características de la cubierta vegetal en el espectro óptico.

La caracterización espectral de las masas vegetales es una de las tareas más interesantes en la teledetección. El comportamiento típico de la vegetación sana muestra una reducida reflectividad en las bandas visibles, con un máximo relativo en la porción verde del espectro (0.55 μm). Por el contrario, en el infrarrojo cercano presenta una elevada reflectividad, reduciéndose paulatinamente hacia el infrarrojo medio. Estas características espectrales se relacionan primordialmente con la acción de los pigmentos fotosintéticos y del agua que almacenan las hojas. La baja reflectividad en la porción visible del espectro se debe al efecto absorbente de los pigmentos de la hoja: clorofilas, xantofilas y carotenos. En el caso de la vegetación vigorosa, sólo en la porción espectral de las 0.55 μm existe un efecto absorbente menor. Por esta causa aparece un pico de reflectividad que coincide con la banda verde del espectro visible, y causa el color verde que nuestro ojos perciben en las plantas sanas.⁹⁴ No obstante, la vegetación presenta una buena reflectividad en la banda del infrarrojo cercano, debido a que la estructura esponjosa del mesófilo de la hoja posee cavidades de aire que difunden y dispersan la mayor parte de radiación infrarroja térmica.⁹⁵ Puesto que la estructura de la hoja es muy variada según las especies, esta banda también resulta idónea para discriminar entre plantas de distintas especies, incluso entre aquellas que no podrían separarse en el espectro visible.

Queda implícito que cualquier fuente de estrés en la vegetación se mostrará en un comportamiento espectral más o menos alejado del anteriormente expuesto. La hoja senescente o enferma tiende a perder actividad clorófila y a ofrecer una menor absorción en las bandas azul y roja del espectro visible. Por el contrario, en el infrarrojo cercano se produce

⁹⁴Este efecto se transforma durante el otoño, cuando muchas plantas pierden sus hojas y con esto su clorofila. Entonces la banda de mayor reflectividad en la vegetación es la roja y la amarillenta (verde+roja). Por supuesto que esto depende del tipo de vegetación dominante en el bioma estudiado.

⁹⁵Harris, *Satellite remote sensing. An introduction*, 1987.

una reducción de la reflectividad, como consecuencia de un deterioro en la estructura celular de la hoja. La curva espectral, por tanto, se hace más plana, menos cromática.⁹⁶

3.3.2. Características del suelo en el espectro óptico.

Como consecuencia del efecto de pantalla provocado por la cubierta vegetal, no resulta sencillo obtener información del sustrato geológico a partir de sensores espaciales. Sin embargo, pueden obtenerse algunos datos indirectos sobre las características del suelo/litología gracias a las anomalías que puedan detectarse en las cubiertas vegetales: distribución peculiar de especies, crecimiento o densidad irregular, alteraciones de la pigmentación, etc.⁹⁷ En lo que atañe a los suelos desnudos, su comportamiento espectral es mucho más uniforme que el de la vegetación, mostrando una curva espectral bastante plana y de carácter ascendente. Los principales factores que intervienen en este caso son la composición química del suelo, su textura, estructura y contenido de humedad.

La composición química es la causa del color dominante con el que percibimos el suelo. Los de origen calcáreo tienden al color blanco, indicando una alta reflectividad en todas las bandas visibles. Por su parte, los suelos arcillosos ofrecen una mayor reflectividad en el rojo, como consecuencia de un alto contenido en óxido de hierro. Respecto a las características físicas del suelo, puede afirmarse que la reflectividad espectral resulta mayor cuando se trata de suelos más gruesos, apelmazados, secos y sin materia orgánica.⁹⁸ El contenido de humedad es uno de los elementos destacados en la reflectividad de las longitudes de onda más largas: infrarrojo cercano y medio, como consecuencia de la alta absorción del agua en estas bandas.⁹⁹

⁹⁶Murtha, "Remote sensing and vegetation damage: a theory for detection and assessment", 1978.

⁹⁷Lulla, "Some observations on geobotanical remote sensing and mineral prospecting", 1985.

⁹⁸Condiciones reunidas por los concretos y pavimentos urbanos.

⁹⁹Mulders, *Remote sensing in soil science*, 1987.

3.3.3. Características del agua en el espectro visible.

Las superficies acuáticas absorben o transmiten la mayor parte de la radiación visible que reciben, siendo mayor su absorptividad cuanto mayor sea la longitud de onda. La mayor reflectividad del agua clara se produce en el azul, reduciéndose paulatinamente hacia el infrarrojo cercano, donde ya es prácticamente nula. Por esta razón, la frontera tierra-agua es muy nítida en esta banda. La variabilidad del agua es mejor detectable en las longitudes de onda más cortas (azul y verde), que hemos de relacionar con su profundidad, rugosidad de la superficie (oleaje), y contenido de materiales en suspensión (clorofila, arcillas y nutrientes).

La profundidad del agua influye directamente en el aporte de reflectividad derivado de los materiales de los fondos. En aguas poco profundas la reflectividad aumenta, por cuanto se produce un aporte de las características espectrales de los fondos. En consecuencia, la absorptividad será tanto mayor cuanto más profunda sea la capa de agua.

En cuanto a su composición, se han utilizado sensores especiales que cartografían el contenido de clorofila en el agua.¹⁰⁰ Esto resulta importante, porque si el agua ofrece importantes concentraciones de clorofila, la reflectividad en el azul tiende a descender, aumentando en el verde. Esto permite establecer una clara correlación, de signo negativo, entre la reflectividad del agua en la banda azul y el contenido de clorofila, lo que facilita localizar concentraciones de algas. El resto de los materiales en suspensión contribuyen también a aumentar la reflectividad, además de presentar una mayor turbidez.

Por último, la rugosidad de la superficie favorece la reflexión difusa y en consecuencia una mayor reflectividad. En el caso de aguas muy tranquilas, la superficie se comporta de modo especular, con valores de reflectividad muy variados en función de la localización del sensor. La nieve, por su parte, ofrece un comportamiento muy distante del agua. Presenta una reflectividad elevada en las bandas visibles, reduciéndose drásticamente hacia el infrarrojo cercano. Otros factores destacados son el grado de compactación de la nieve y

¹⁰⁰López y Caselles, "A multi-temporal study of chlorophyll A concentration in the Albufera lagoon of Valencia, Spain, using Thematic Mapper data", 1989.

la impureza. La reflectividad es mayor para la nieve fresca que para la helada, mostrando los valores más bajos en la nieve sucia.¹⁰¹

3.4. Interacción de la atmósfera con la radiación electromagnética.

Hasta aquí hemos considerado la interacción de la radiación electromagnética con las diversas coberturas terrestres prácticamente como si este proceso se desarrollara en el vacío. Obviamente esta suposición es falsa, puesto que entre el sensor y la superficie terrestre se interpone la atmósfera que interfiere de formas diversas con el flujo radiante. Algunos componentes de la atmósfera: oxígeno atómico (O₂), anhídrido carbónico (CO₂), ozono (O₃) y vapor de agua (H₂O), son los principales responsables de la interacción con la energía electromagnética, bloqueando radiaciones en las bandas ultravioleta, microondas e infrarrojos térmico y medio. Su efecto es triple:

(1) Absorción de la energía en determinadas bandas del espectro, lo que limita la observación espacial a aquellas bandas en donde esta absorción es menos intensa o nula. Al comportarse la atmósfera como filtro selectivo la observación espacial se reduce a determinadas longitudes de onda, conocidas como ventanas atmosféricas. Las principales ventanas están en: a) espectro visible e infrarrojo entre 0.3μm y 1.35 μm, b) infrarrojo medio de 1.5 a 1.8μm, c) microondas por encima de los 20mm, en donde la atmósfera se vuelve transparente.

(2) Dispersión de determinados flujos en función de su longitud de onda. La dispersión es causada por la interacción entre la radiación electromagnética con los gases (vapor de agua: niebla y nubosidad), y las partículas atmosféricas en suspensión (principalmente aerosoles y polvo). La reflexión provocada por el choque disminuye la radiancia directa y aumenta la difusa. Esta alteración debe considerarse cuando, como en nuestro caso, hacemos uso de imágenes con fines cuantitativos y multi-temporales, ya que las partículas atmosféricas son variables en el tiempo y el espacio.

(3) Emisión de radiaciones en el infrarrojo térmico propias de todo cuerpo caliente.¹⁰² En este caso, cuando se desea estudiar la temperatura emitida por alguna cubierta, hay que considerar los aportes calóricos que genera la

¹⁰¹Hall y Martinec, *Remote sensing of ice and snow*, 1985.

¹⁰²Todo cuerpo con una temperatura por encima del cero absoluto (0°K), emitirá radiaciones en la banda del infrarrojo térmico.

atmósfera, como cuerpo caliente, a la radiación infrarroja térmica de la cubierta observada.

Todos estos procesos introducen modificaciones, en ocasiones severas, a la radiación originalmente propagada entre la cubierta en estudio y el sensor, que deben considerarse para cualquier uso práctico de la percepción remota.

3.5. Sistemas espaciales de teledetección.

Como he mencionado antes, la teledetección es la técnica que permite adquirir imágenes de la superficie terrestre desde plataformas espaciales¹⁰³ a través de la interacción energética entre una cubierta terrestre y un sensor remoto, ya sea por reflexión de la energía solar, por emisión propia o por un haz energético artificial. A su vez es preciso que ese haz energético recibido por el sensor se transmita a la superficie terrestre, en donde la señal detectada pueda almacenarse e interpretarse de acuerdo con alguna de sus posibles aplicaciones.¹⁰⁴

En definitiva, un sistema de teledetección espacial incluye los siguientes elementos:

- 1) Fuente de energía, que supone el origen del flujo energético detectado por el sensor. Puede tratarse de un foco externo al sensor, en cuyo caso se habla de teledetección pasiva, o de un haz energético emitido por éste (teledetección activa). En nuestro caso, la fuente más importante es la energía solar.
- 2) Cubierta terrestre, formada por distintas masas de vegetación, suelos, agua o construcciones humanas, que reciben la señal energética tratada en (1), y la reflejan o emiten de acuerdo a sus características físicas.
- 3) Sistema sensor, compuesto por el sensor y la plataforma que lo sustenta. Tiene como misión captar la energía procedente de las cubiertas terrestres, codificarla y grabarla o enviarla directamente al sistema de recepción.
- 4) Sistema de recepción-comercialización, en donde se recibe la información transmitida por la plataforma, se graba en un formato apropiado, se corrige y distribuye a los interpretes.

¹⁰³Para el caso específico de las imágenes satelitales.

¹⁰⁴Chuvienco, *op. cit.*, 1990.

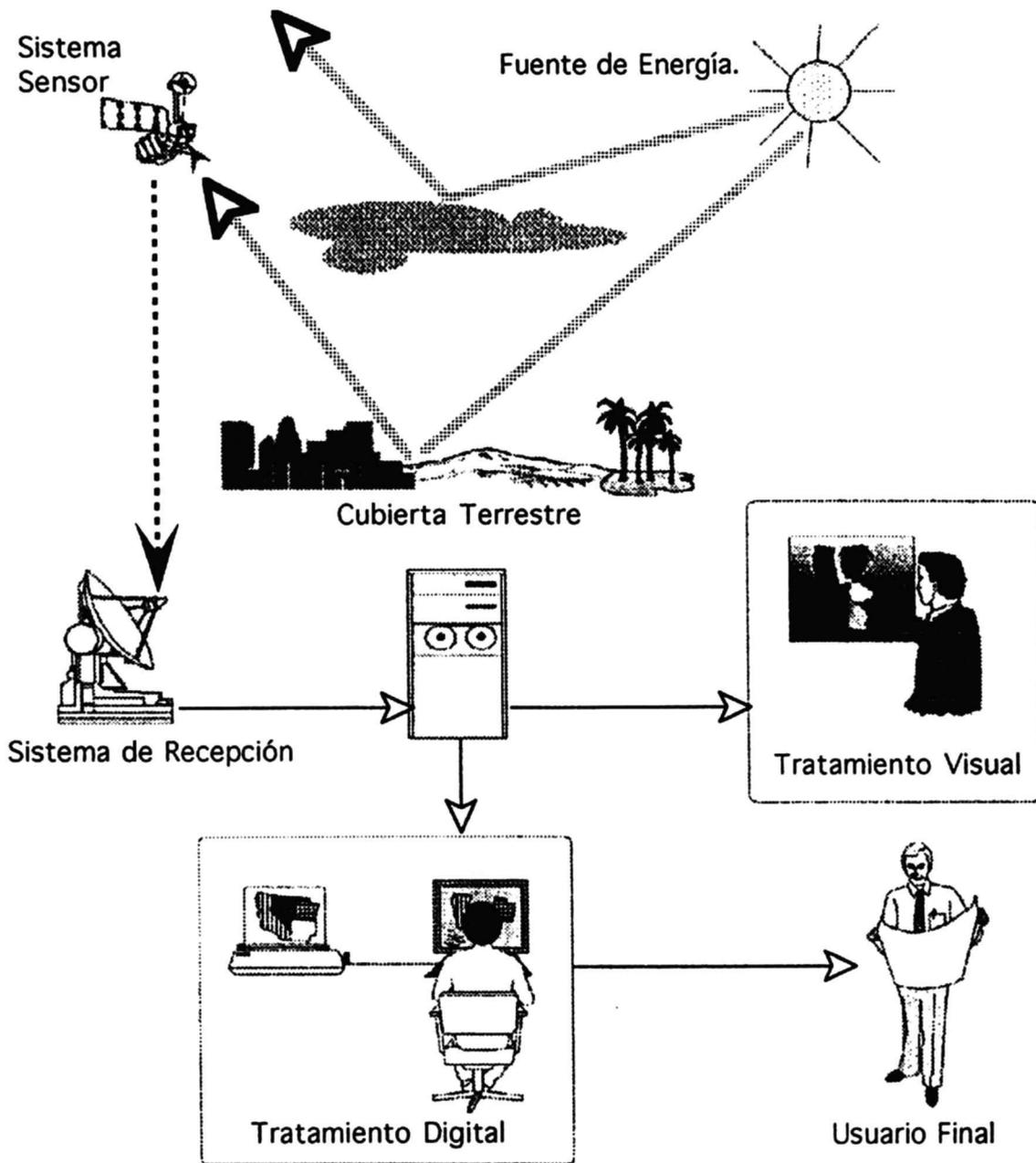
- 5) Los interpretes analizan la información en formatos analógicos y digitales, convirtiéndola a claves temáticas o cuantitativas para facilitar la evaluación de algún fenómeno de interés.
- 6) El usuario final¹⁰⁵ es el encargado de analizar el documento interpretado para obtener la información que está buscando, pertinente a una o varias áreas de estudio (figura 21).

Los sensores se dividen en pasivos y activos, dependiendo de su capacidad para recibir únicamente energía (pasivo); o bien transmitir un haz energético y recibir la señal modificada por la cubierta en su regreso al espacio (activo). Los sensores pasivos se dividen a su vez de acuerdo con su procedimiento para grabar la energía recibida: sensores fotográficos, óptico-electrónicos (*scanners*), y de antena (radiómetros de microondas). En cuanto a los sensores activos, el equipo más usado es el radar y el lidar (*Light Detection and Ranging*). Mientras que el primero trabaja en la banda de las microondas, el segundo opera con luz polarizada o láser en la banda visible y el infrarrojo cercano.

Uno de los aspectos más importantes de los sensores se refiere a su resolución, entendida como su capacidad para registrar y discriminar información a detalle.¹⁰⁶ La resolución se refiere al conjunto del equipo y no a cada una de sus partes, es decir que depende del efecto combinado de los distintos componentes del sensor. En la práctica, la resolución espacial designa al objeto más pequeño que puede ser distinguido sobre una imagen digital de satélite. Ésta consiste de una matriz numérica en donde cada celda que la compone se denomina *pixel*, que es la contracción de las palabras inglesas *picture element*. Los valores dentro de cada pixel son llamados números digitales y pueden representar cantidades como elevaciones o valores espectrales, lo que se denomina propiamente imágenes digitales. Un valor espectral determinado puede representar un tipo de vegetación o de suelo o bien una densidad de casas por unidad de medida, etc. La información organizada en un formato de matriz digital es llamada información *raster*, y como se ha mencionado, los sistemas *raster* almacenan la información en columnas y líneas dentro de un sistema de coordenadas cartesianas X, Y (figura 22).

¹⁰⁵En muchas ocasiones el interprete y el usuario final pueden ser la misma persona.

¹⁰⁶Estes y Simonett. "Fundamentals of image interpretation", 1975.



Con base en Chuvieco, 1990.

Figura 21. Elementos de un sistema de percepción remota.

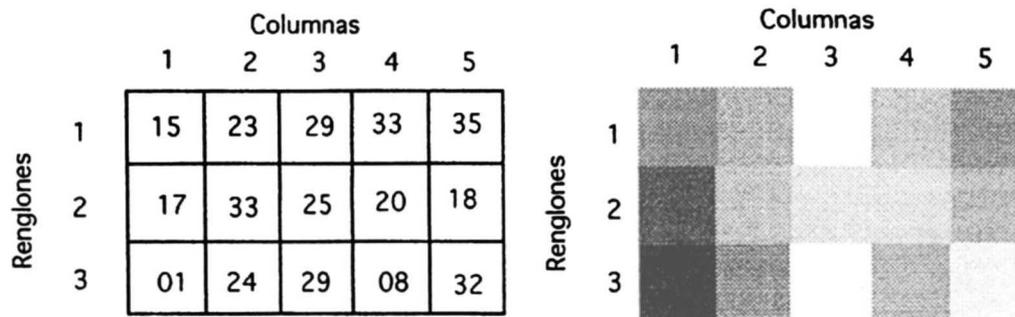


Figura 22. Ejemplos de imágenes raster.

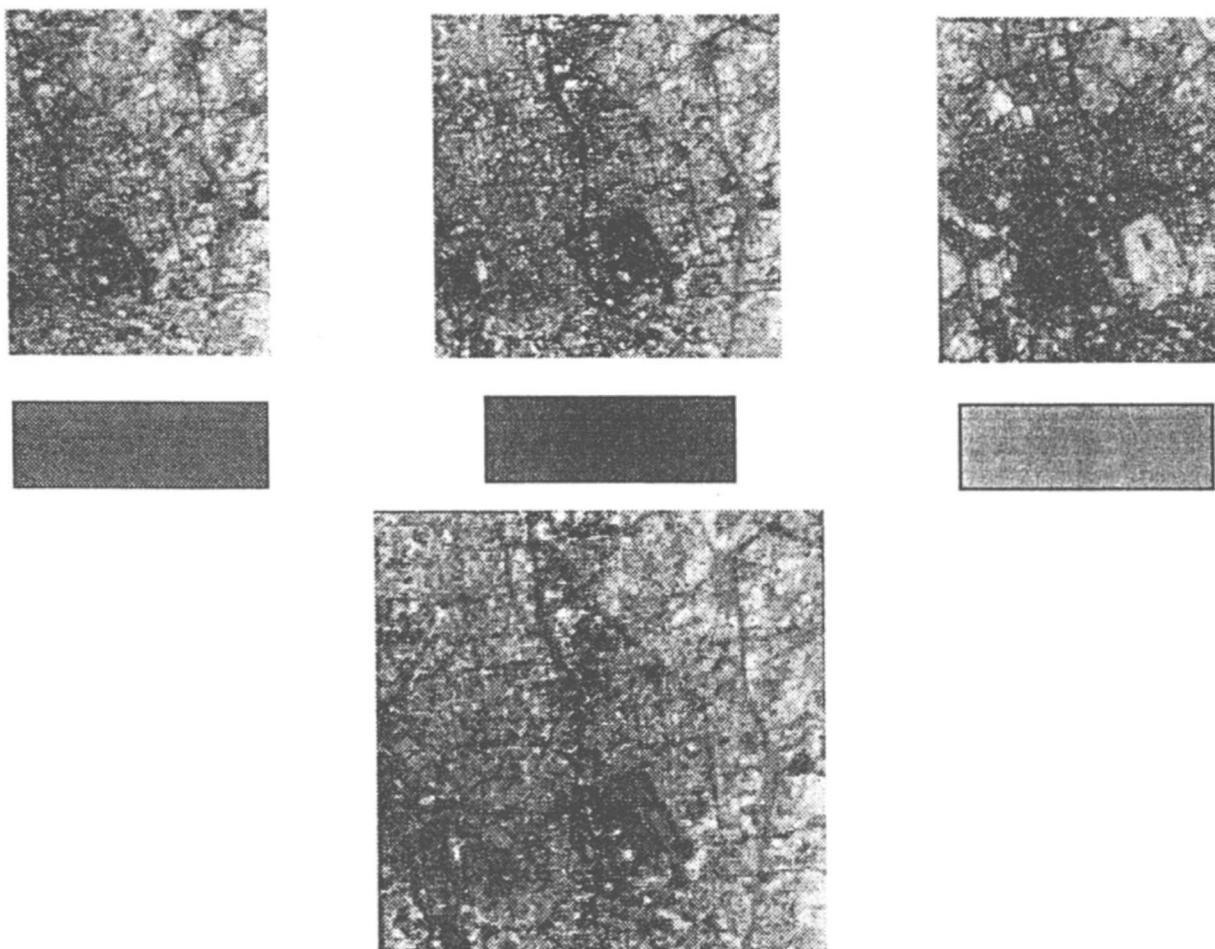


Figura 23. Composición de una imagen multibanda en falso color, (Tejido urbano).

La resolución espacial de los sensores que están funcionando actualmente en los satélites de observación terrestre poseen un rango muy amplio. Desde los 10 x 10 m. del SPOT hasta los 120 x 120 m. del canal térmico del Landsat-TM. En el extremo del abanico están los satélites meteorológicos geoestacionarios (METEOSAT) con pixeles de 5 x 5 Km. Los satélites tienen también una resolución temporal que indica la frecuencia de cobertura que tiene el sensor, es decir, la periodicidad con la que adquiere imágenes de la misma porción de la superficie terrestre. La cadencia temporal de los sistemas espaciales varía de acuerdo a los objetivos fijados para el sensor. Los satélites meteorológicos deben proporcionar información muy frecuente sobre un fenómeno dinámico, por lo que obtienen una imagen cada 30 minutos, gracias a su órbita fija; mientras que los satélites de observación de recursos naturales ofrecen una cadencia mucho menor: 16 días para el Landsat y 26 días para el SPOT.

3.6. Cuantificación de la dinámica urbana a través de la percepción remota (metodología de bajo costo).

Hasta aquí he dado una visión panorámica de la percepción remota, con el objetivo de entender a *grosso modo* sus componentes y operación. Y si bien sus aplicaciones científicas son amplias, en el caso específico de esta tesis enfocaremos su uso al estudio urbano. En especial a estudiar la dinámica urbana, morfología y patrones de expansión periférica. Todo esto utilizando una metodología de bajo costo al alcance de aquellas persona o instituciones interesadas en el tema, pero que no están en condiciones de realizar un gasto importante en infraestructura material (*hardware y software*), ni en el tratamiento de costosas imágenes satelitales. De esta forma, he desarrollado una metodología basada en ordenadores personales y paquetería accesible para realizar estudios en imágenes de baja resolución que, sin embargo, nos permitirá obtener datos cualitativos y cuantitativos aceptables.

La utilización de los sensores remotos en áreas urbanas ofrecen un campo de monitoreo inigualable, debido principalmente a que la imagen de satélite presenta menos errores que la fotografía aérea, como consecuencia de la mayor estabilidad y altura de vuelo de la plataforma; permitiendo también estudiar en una sola toma enormes extensiones de terreno, sin tener que batallar con engorrosos mosaicos fotoaéreos. Los sensores remotos permiten una observación precisa de las manchas urbanas en crecimiento a una

frecuencia mayor, y aun costo menor que la fotografía aérea, lo que permite generar cartografía actualizada de la ciudad y capturar el dinamismo del crecimiento urbano. Esta superioridad de la teledetección permite generar información más confiable y de mayor calidad, con respecto a otras técnicas de medición.

3.6.1. Imágenes de baja resolución.

Para el caso particular de este estudio estoy utilizando tres imágenes en falso color¹⁰⁷ del satélite Landsat, escala 1:250,000. Estas imágenes tienen corrección geométrica y han sido convertidas de formato digital a analógico. Aunque de baja resolución, estas tomas han permitido un análisis visual adecuado y su uso en un sistema de información geográfica (SIG) a través de su digitación temática, reconvirtiendo las imágenes analógicas a archivos digitales: vector (*.dxf) y raster (*.pict), de fácil uso en cualquier ordenador.¹⁰⁸

Como las imágenes analógicas ya habían sido interpretadas previamente por el Instituto de Geografía de la UNAM, sólo fue necesario checar en campo que las leyendas tipo fueran correctas. Esto es, revisar que en efecto, la textura y color de lo que en la imagen de satélite se interpreta como mancha urbana, fuera realmente cubierta urbana y no otra cosa, como un roquedo desnudo, por ejemplo. Para ello realicé cuatro recorridos de superficie por la frontera urbana de la Ciudad de México, acompañado con un posicionador geográfico (GPS¹⁰⁹), cartografía 1:50,000 y 1:250,000, así como las impresiones de las imágenes de satélite. El resultado fue satisfactorio en todos los casos y no fue difícil discriminar entre lo urbano y lo no urbano en las imágenes satelitales, dado que las áreas urbanas tienden a aparecer en tonos gris-azul metálico por el alto coeficiente de retrosección en las bandas de longitud corta; mientras que en el falso color, la vegetación sana adquiere

¹⁰⁷ Imagen multibanda donde se ha desplazado la escala de color natural, situándola entre el verde y el infrarrojo cercano.

¹⁰⁸ Está conversión fue necesaria debido a la falta de infraestructura básica para poder trabajar directamente con la información digital CCT (*Computer Compatible Tape*) de las imágenes, que es la información digital que se obtiene directamente del satélite, cuyo tratamiento es muy costoso y especializado. Agradezco al Instituto de Geografía de la UNAM el haberme proporcionado las tres imágenes analógicas utilizadas aquí.

¹⁰⁹ *Global Positioning System*.

tonalidades rojas, ya que en la banda del infrarrojo cercano la vegetación tiene una alta reflectividad.

El primer recorrido abarcó el sur y poniente de la ciudad, empezando por el circuito del Ajusco, para avanzar a los Dínamos, Cerro del Judío, Barranca del Carbonero, Santa Rosa Xochiac, San Mateo Tlaltenango, Santa Fé, Cuajimalpa, Huixquilucan, Interlomas y Tecamachalco. En este recorrido se confirmó que las firmas espectrales de cada cubierta estaban bien discriminadas en las imágenes, presentándose sólo ligeros errores de frontera en los píxeles de las cañadas urbanizadas.¹¹⁰

El segundo recorrido abarcó la salida a Puebla, Chalco y Amecameca. Aquí también se presentaron ligeros errores de frontera en los píxeles de cultivo de temporal en los alrededores de Amecameca. Un tercer recorrido abarcó Cuernavaca, San Miguel Totongo, Carretera México-Texcoco, San Vicente Chicoloapan, Coatepec, Coatlinchan, Texcoco, Chinconcuac, Tepexpan, San Cristobal Ecatepec, Tultitlan y Tepotzotlán, en este reconocimiento no se observaron errores de frontera graves, discriminándose bien las cubiertas. Finalmente se realizó una inspección del lago de Texcoco desde la vía Tapo por el periférico y la avenida Central, hasta el depósito de evaporación solar (Caracol), para después revisar la autopista México-Pirámides, Otumba y los llanos de Apan. No se presentaron problemas de discriminación entre las cubiertas urbanas y rurales.

El trabajo de campo también me permitió observar de cerca algunos fenómenos socioeconómicos de la periferia urbana de la Ciudad de México, ciertos patrones de autoconstrucción y ocupación de predios suburbanos, que serán expuestos en el capítulo IV. Terminada la fase de campo, se procedió a realizar el inventario de las áreas temáticas de las imágenes, esto es, cuantificar la extensión superficial de la categoría de cubierta urbana, por medio de la tableta de digitación sobre las impresiones analógicas de escala conocida. La información se trasladó a archivos vector (*.dxf), asignándoles coordenadas UTM con base en la carta topográfica 1: 250,000 de la Ciudad de México (INEGI), y el posicionamiento de varios puntos de control en campo,

¹¹⁰El error de frontera se entiende como el traslape de cubiertas en los píxeles que forman las orillas de dos superficies distintas. Este error surge como consecuencia de una baja resolución de la imagen y se traduce a sobre estimaciones o sub estimaciones en la cuantificación del área de las cubiertas observadas.

que se obtuvieron con ayuda del GPS. Debido a lo cual estos archivos ajustan perfectamente a la cartografía convencional del INEGI.

3.6.2. Interpretación de las imágenes en falso color.

Dado que las imágenes que utilicé se encuentran en esta combinación de bandas, es necesario explicar las tonalidades y los colores que aparecen en ellas. El falso color o infrarrojo color es una combinación multibanda que se obtiene desplazando hacia longitudes más largas las bandas del espectro visible. En lugar de aplicar los colores azul, verde y rojo a sus respectivas bandas del espectro, se aplican a las bandas verde (V), rojo (R), e infrarrojo cercano (IRC), respectivamente. Esto crea una clave de color nueva, extraña a la forma habitual con la que apreciamos el color, pero de gran valor temático. En la actualidad es la combinación que más se usa, principalmente porque en un principio, los sensores del Landsat sólo permitían esta combinación (IRC, R, V), ya que no adquirían información en otras bandas (figura 23). Y aunque en la actualidad se permiten muchas más combinaciones, el falso color se ha continuado usando, lo cual permite una homogeneidad temporal de las tomas.¹¹¹

Considero conveniente incluir una clave de color simple con el objeto de tener una guía rápida sobre el significado de algunos de los colores y tonos que se aprecian en las imágenes que estoy estudiando.¹¹²

Rojo-magenta. Denota vegetación vigorosa, como cultivos regados, prados de montaña o bosques de caducifolias en imágenes de verano, y cultivos herbáceos de secano en imágenes de primavera. El estudio detallado de la intensidad y saturación del rojo permite identificar diversas cubiertas vegetales, así como estimar su ciclo de crecimiento y vigor.

Rosa. Muestra áreas verdes menos densas y/o vegetación en temprano estado de crecimiento. Las áreas suburbanas en torno a las grandes ciudades, con

¹¹¹ Desde 1995 el INEGI ha comercializado una cobertura nacional en imágenes de falso color a varias escalas, principalmente: 1:250,000 y espacio mapas estatales. Estas impresiones son de bajo precio y pueden ser "escaneadas" para utilizarse dentro de un SIG y programas raster (*.pict) y vectoriales (*.dxf).

¹¹² Con base en Tindal, *Educator's guide for mission to earth: Landsat views the World*, 1978.

pequeños jardines y árboles diseminados, aparecen algunas veces en este color.

Blanco. Areas de escasa o nula vegetación pero de máxima reflectividad: nieve, nubes, arenas, depósitos salinos, canteras y suelos desnudos.

Azul oscuro a negro. Superficies cubiertas total o parcialmente por agua: ríos, canales, lagos y embalses. En zonas volcánicas, los tonos negros pueden asimismo identificar flujos de lava.

Gris a azul metálico. Ciudades o áreas pobladas, si bien puede tratarse de roquedos desnudos, por lo que es bueno realizar comprobaciones de campo, en el caso de contar con imágenes de baja resolución.

Marrón. Vegetación arbustiva muy variable en función de la densidad y del tono del sustrato. Los tonos más oscuros indican presencia de materiales paleozoicos como las pizarras, mientras los matorrales calcícolas, menos densos normalmente, ofrecen coloraciones más claras.

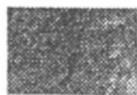
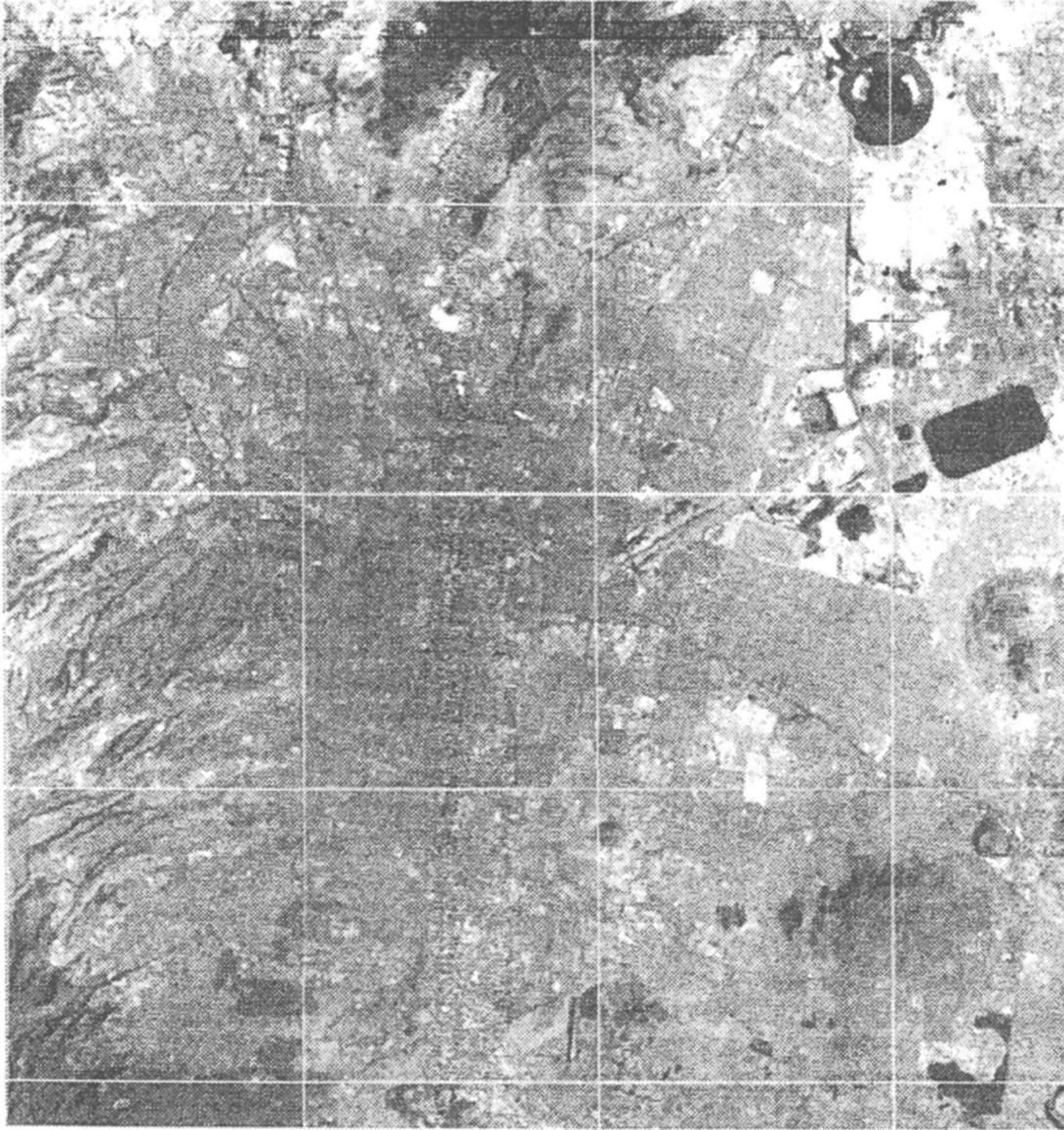
Beige-dorado. Identifica zonas de transición: prados secos, frecuentemente asociados con el matorral ralo .

Algunas de estas firmas espectrales dadas por la radiancia de las cubiertas rurales y urbanas pueden apreciarse en la figura 24.

Para el caso de los estudios urbanos se ha demostrado que el análisis visual de las imágenes es el más adecuado, dado que en las zonas urbanas se mezclan una gran cantidad de elementos heterogéneos: tejados, aceras, asfalto, jardines, parques y espacios baldíos, que pueden identificarse visualmente gracias a criterios muy difícilmente traducibles a la clasificación digital.¹¹³ Por ejemplo, un jardín situado en el interior de la ciudad y formado por especies caducifolias, tiende a presentar un tono, un color y una textura muy similares a los que puede ofrecer un bosque natural de caducifolias, por lo que los lectores digitales no podrán discriminar esta diferencia. La confusión se debe a que ambas cubiertas están formadas por las mismas o similares especies, incluso con densidades y heterogeneidad muy parejas. En esa situación, no cabe más criterio para separarlas que ponerlas en relación con el entorno geográfico: aquellas que aparezcan en el interior de una superficie edificada, más o menos densa, pueden considerarse como

¹¹³Atkinson *et. al.*, "Improving Thematic Mapper land cover classification using filtered data", 1985.

Figura 24. Signaturas espectrales de algunas cubiertas rurales y urbanas, en una imagen de falso color.



**Area boscosa,
coníferas sanas.**



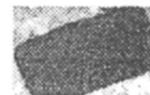
**Area desmontada,
cultivos de temporal.**



Cultivo de riego.



Tejido urbano.



Cuerpo de agua.



**Suelo sin cobertura
vegetal.**

parques urbanos, mientras que las se sitúen en un contexto de vegetación natural serán asignadas a bosques frondosos. Estas distinciones, tan importantes desde el punto de vista de la cartografía temática, sólo son abordables mediante la interpretación visual, ya que la clasificación digital no considera el contexto geográfico, sino el valor del pixel dentro una cierta longitud de onda.

3.6.3. Procedimiento técnico.

Recordemos que en este trabajo particular se está realizando un estudio multi-temporal con tres imágenes Landsat en falso color, tomadas todas entre los meses de mayo y junio de los años 1973, 1985 y 1993. Como estas tomas fueron obsequiadas por el Instituto de geografía de la UNAM en formato analógico, el primer paso fue reconvertir las imágenes a formato digital a través del *scanner* y la tableta de digitalización, obteniendo archivos vector (*.dxf) y raster (*.pict) que pueden ser leídos por programas CAD, SIG y de diseño gráfico. Al mismo tiempo se realizaron 4 reconocimientos de superficie a lo largo de la periferia con el fin de checar en campo las firmas espectrales de las cubiertas presentes en las tomas, para salvar cualquier confusión en su interpretación.

Para poder estudiar mejor los patrones de crecimiento urbano a través de modelos de elevación, se procedió también a digitalizar la carta topográfica E14-2, Cd. de México, 1:250,000 del INEGI, a partir de las coordenadas UTM: E=460,000 m. a E=530,000 m., y de N=2,110,000 m. a N=2,190,000 m. Lo que equivale a un polígono de 70*80 Km., con una superficie de 5600 km² (Figura 25). En este paso se obtuvo un archivo *.Dat con la información de las curvas de nivel transformadas a coordenadas cartesianas que se manejan en una matriz topográfica con la que se obtiene un mapa de grises (figuras 26). Debemos recordar que en un mapa de grises la información altimétrica almacenada en cada pixel está representada por un tono de gris que va desde el negro hasta blanco. En este caso, cuando el gris tiende al negro está indicando menor altitud, y viceversa, mientras más tienda al blanco indicará mayor altitud.¹¹⁴

¹¹⁴ Un mapa de grises básicamente es una imagen *raster* formada por una matriz numérica donde los valores dentro de cada pixel son llamados números digitales, y pueden

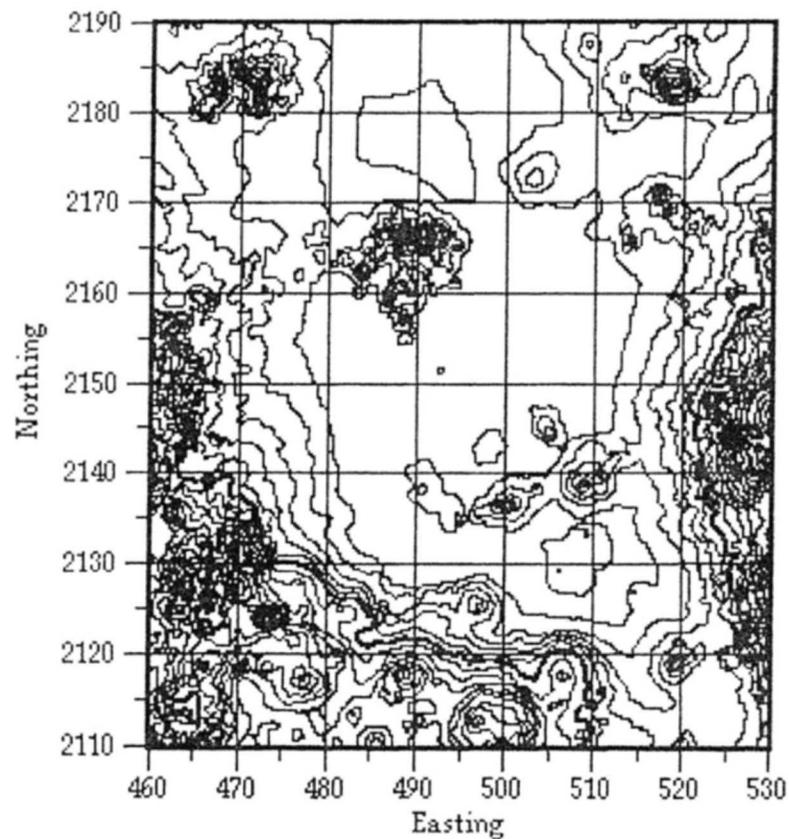


Figura 25. Area digitalizada de la carta E14-2, escala 1:250,000 del INEGI. Curvas de nivel a cada 100 metros.

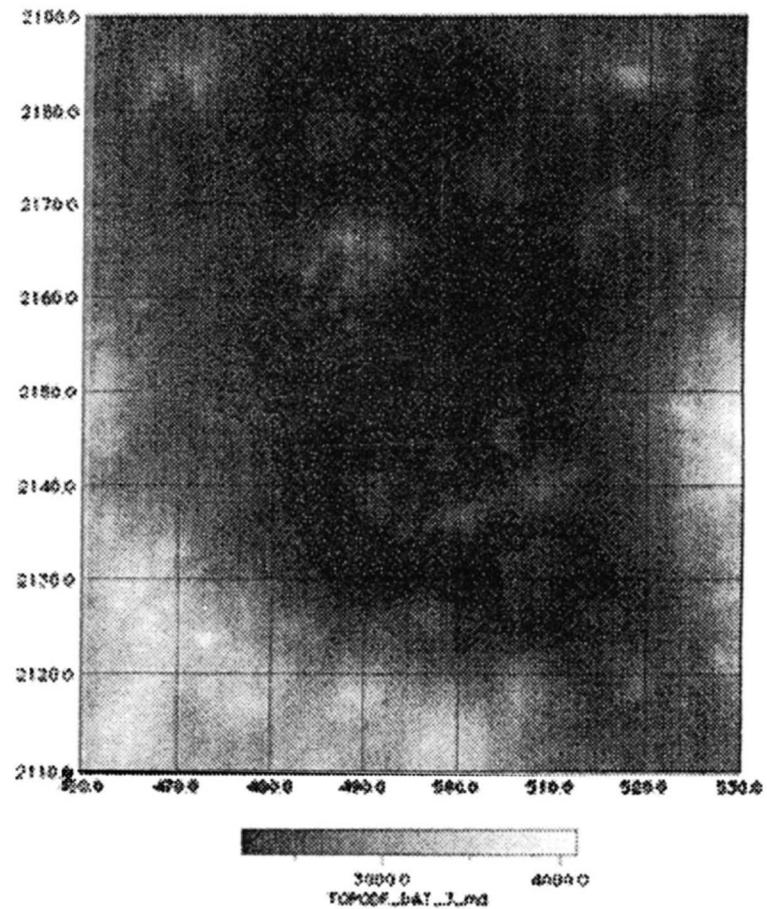


Figura 26. Mapa de grises mostrando el relieve de la Cuenca de México (las áreas blancas muestran los puntos más altos del terreno).

Después de generar el mapa de grises, se traslada éste a un programa de animación donde se produce el modelo tridimensional que sirve de base al resto del procedimiento (figura 27). Sobre de este modelo se colocan las imágenes de satélite, lo que permite observar algunos patrones de crecimiento sobre las pendientes montañosas que rodean a la ciudad (figura 28).

3.6.3.1. Cuantificación de la mancha urbana.

El procedimiento para cuantificar el área y perímetro del área metropolitana a través de la imagen de satélite es bastante sencillo. Existen dos variantes, en el caso de no tener la tomas en CCT: la primera consiste en digitalizar el perímetro de las manchas urbanas directamente en la tableta digitalizadora, obteniendo archivos *.dxf que son leídos en cualquier programa CAD, el cual calcula automáticamente el área y perímetro del polígono digitalizado. El segundo procedimiento, aunque más tardado, es más preciso. Consiste en generar un archivo *raster*, "escaneando" la imagen analógica. En el caso de usar un ordenador Macintosh es preferible salvar la extensión como un archivo *.pict, y en ordenadores PC, se pueden utilizar archivos *.tif, *.pic o un *.bmp. Todas estas extensiones se pueden abrir desde cualquier paquete de diseño: *Adobe Photoshop* o bien *Corel*. Cuando se abre la imagen raster desde estos paquetes se pueden realizar varios aumentos sobre la imagen hasta llegar a un tamaño de pixel donde se puedan discriminar las celdas que contienen la información de las cubiertas urbanas y no urbanas. Identificados los pixeles no urbanos, se procede a colocar una máscara sobre de ellos, con el fin de resaltar únicamente los pixeles urbanos con áreas industriales, comerciales y residenciales, así como infraestructura urbana: calles, carreteras, autopistas, vías de trenes, aeropuertos, aceras, canales, parques, jardines, bosques recreativos dentro del área urbana; baldíos y algunos terrenos rurales encerrados por el crecimiento urbano (figura 29). Hecho esto, la imagen obtenida se exporta a un programa CAD o bien a un paquete SIG,¹¹⁵ desde el cual se crea un polígono que abarque la mancha urbana continua a partir del

representar cantidades como elevaciones o valores espectrales, lo que se denomina propiamente imágenes digitales. *Cfr.* Chuvieco, 1990.

¹¹⁵El programa MAPINFO se comporta de modo ideal en este paso, aunque también puede utilizarse ARCVIEW en su versión GIS.

Figura 27. Modelos de elevación de terreno de la cuenca donde se asienta la ZMCM.

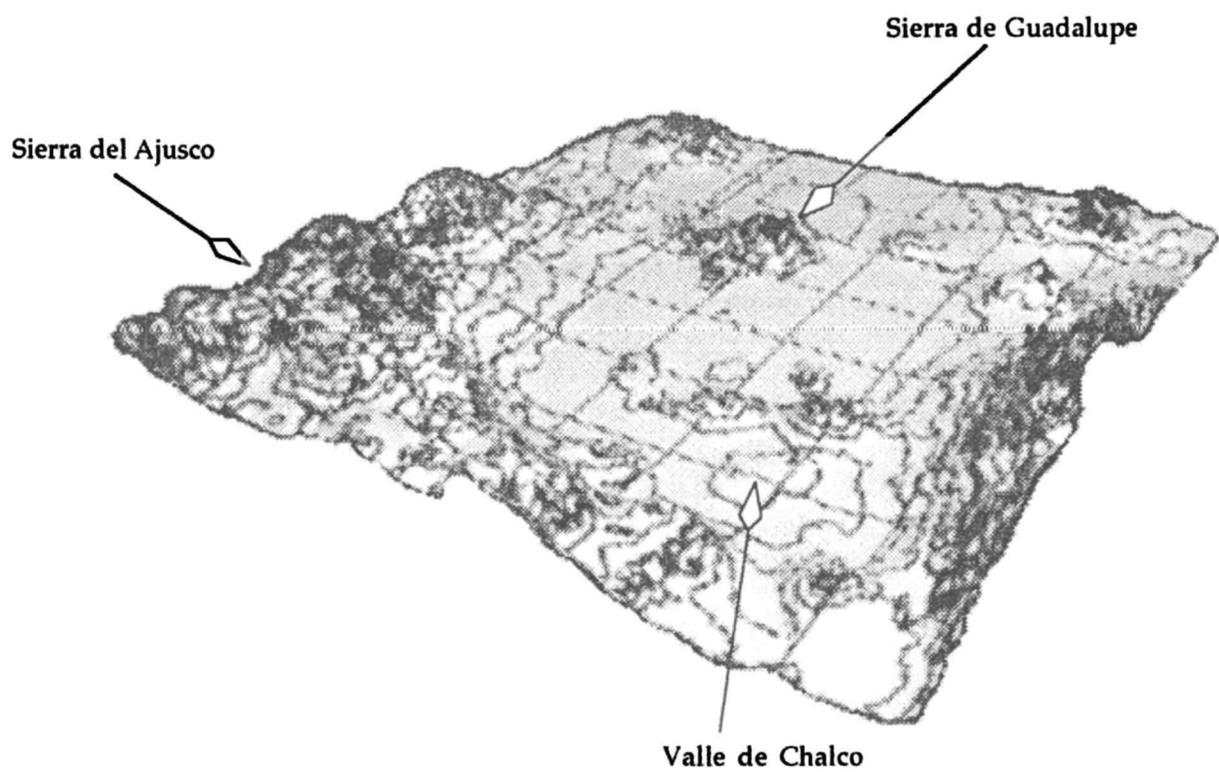
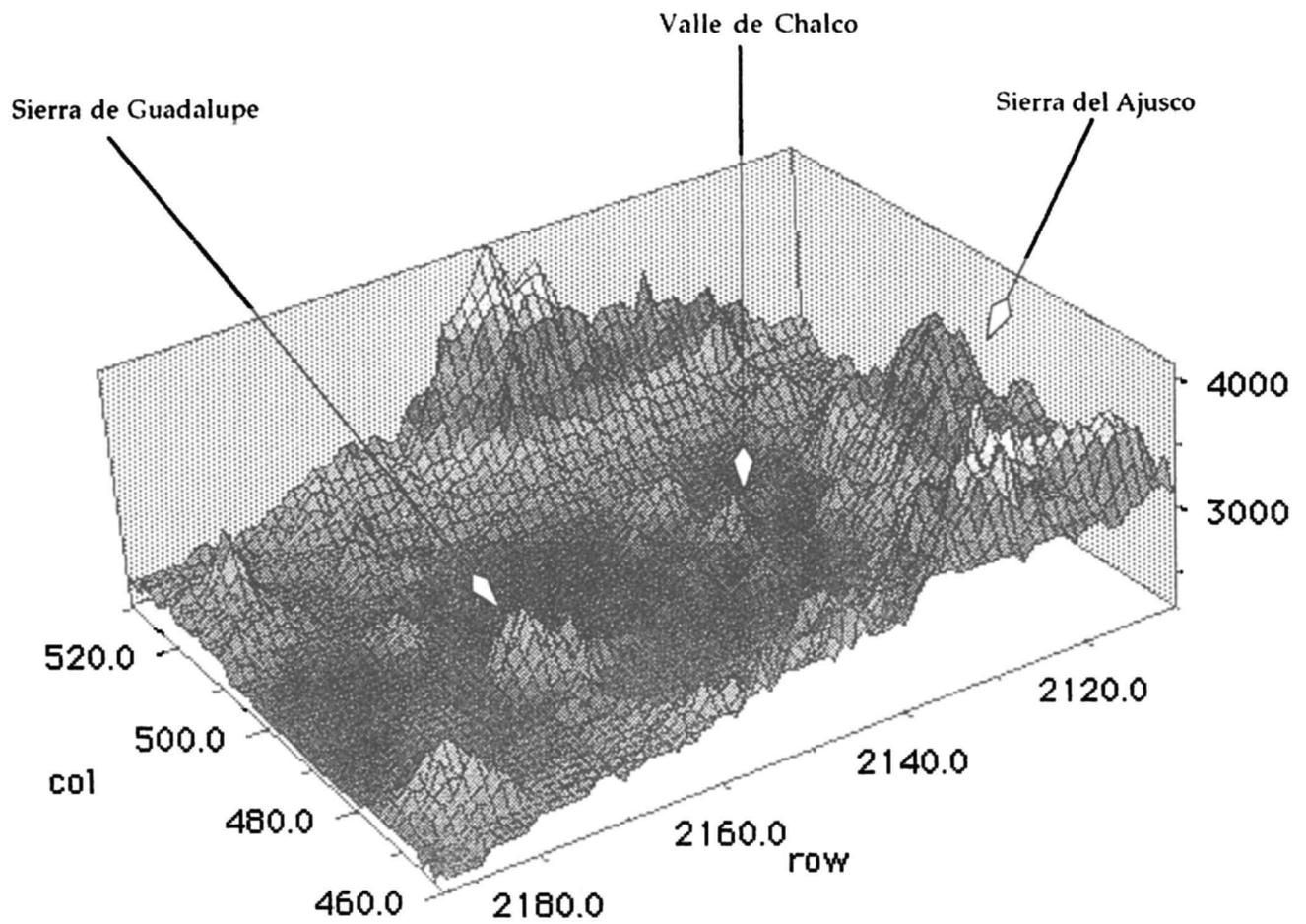
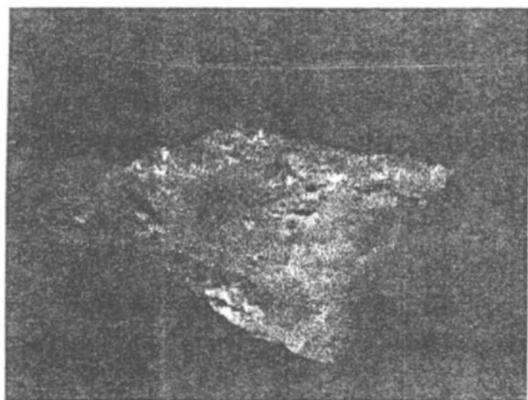


Figura 28. Modelos tridimensionales de elevación de terreno, con la información de la imagen de satélite de 1993.



centro de la ciudad.¹¹⁶ Una vez realizado el o los polígonos, el programa calcula su superficie, perímetro y centroide geográfico de forma automática.

De la misma forma, se armó en MAPINFO un sistema de información geográfica de la ZMCM que incluye las tomas de satélite para cada año, la división política del D.F. y municipios conurbados, las carreteras periféricas a la ciudad, así como los polígonos de las áreas urbanizadas en cada periodo. Esto con el fin de entender la expansión suburbana en el contexto general de ZMCM y su división política (figura 30).

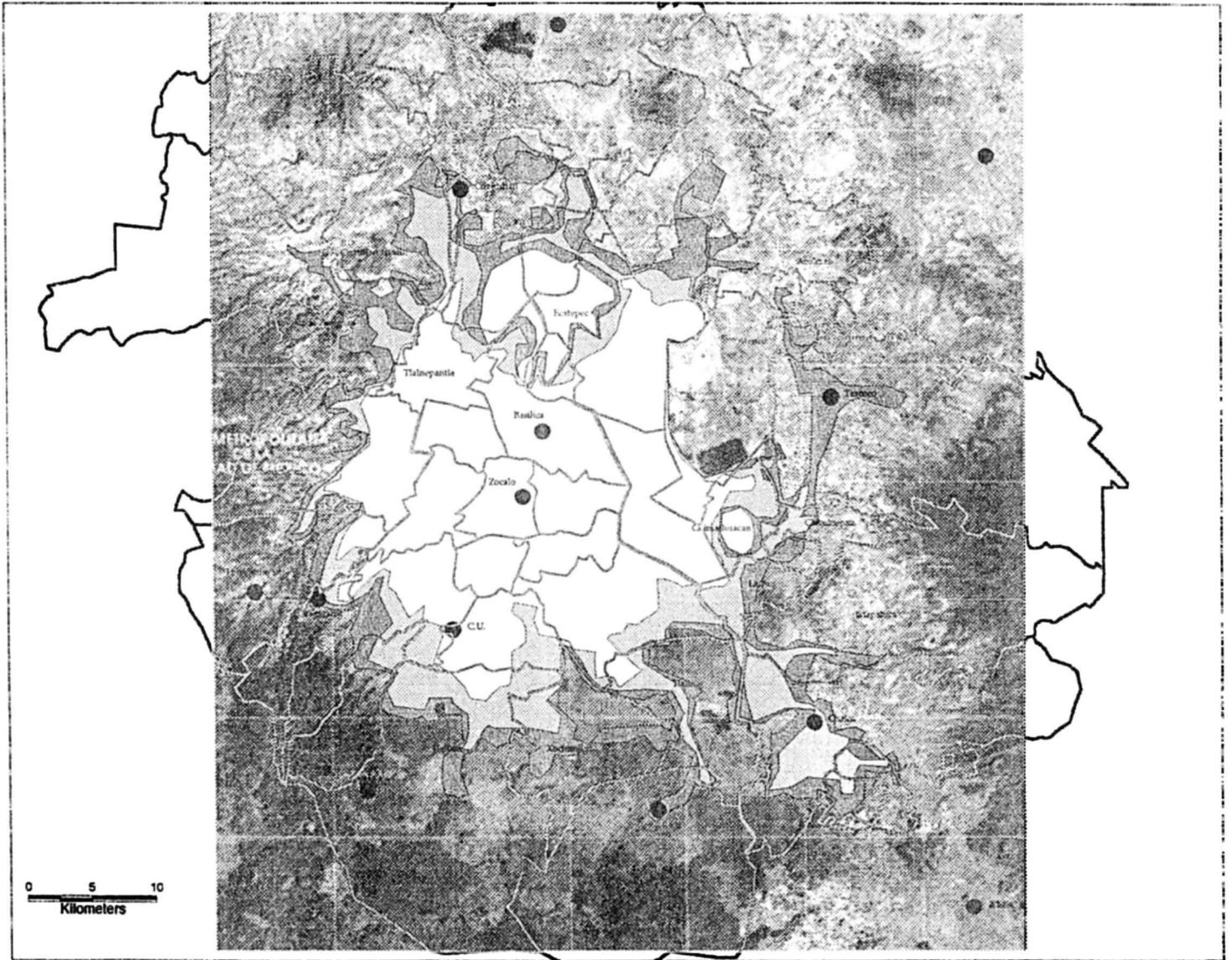
Los resultados cuantitativos y cualitativos obtenidos en todos estos pasos son presentados en el capítulo IV, junto con una interpretación de los mismos.

¹¹⁶Vuelvo a indicar que en esta tesis únicamente estoy cuantificando la superficie del área urbana continua de la ZMCM, y no el espacio construido discontinuo de toda la zona metropolitana.

Figura 29. Píxeles urbanos del área metropolitana de la Ciudad de México, 1993.



Figura 30. Polígonos de crecimiento de la AUCM: 1973, 1985 y 1993.



Capítulo IV.

Capítulo IV. Dinámica y patrones de crecimiento físico de la mancha urbana de la ZMCM.

Resumen

En este capítulo se estudia cuantitativamente el crecimiento físico del área urbana de la Ciudad de México (AUCM), durante el periodo 1973-1993, a través de sensores remotos. Del mismo modo se observan algunos de los patrones de expansión urbana que han operado en el AUCM.

4.0. Patrones de crecimiento del área urbana de la Ciudad de México (AUCM).

En el caso de la Ciudad de México el crecimiento horizontal de su espacio construido ha provocado alteraciones importantes a los usos de suelo agrícolas y forestales que la rodeaban, ocasionando graves desequilibrios sociales y ecológicos. Por desgracia, este crecimiento hacia la periferia de la ciudad ha sido anárquico, a través de la invasión irregular de tierras ejidales, fenómeno ocasionado en parte por la inacción estatal y una legislación inoperante.¹¹⁷ Pero ¿cómo ha sido este crecimiento en términos cuantitativos? La respuesta a esta pregunta es fundamental para comprender, prever y planificar el futuro crecimiento físico de nuestra ciudad.

Tal vez la primer cuestión a responder deba ser ¿cuánto y a qué ritmo ha crecido el tejido urbano de la ciudad? Sin embargo, para poder abordar esta pregunta, primero hay que dejar muy claro qué es lo que se va a medir. Como ya he explicado en la introducción, esta tesis tiene como objetivo estudiar el crecimiento cuantitativo de la mancha urbana de la ZMCM en las dos últimas décadas y en ella se monitorea la tasa de crecimiento horizontal del área urbana continua. Se entiende por área urbana a la superficie habitada o construida con usos del suelo de naturaleza urbana (no agropecuario) y que partiendo de un núcleo central original presenta continuidad física en todas direcciones hasta que es interrumpida por terrenos de usos no urbano (bosques, sembradíos, cuerpos de agua, llanuras, etc.).¹¹⁸ No se incluyen aquellas áreas urbanas que, aunque integradas funcionalmente a la ciudad, no

¹¹⁷Ward, "Political Mediation and Illegal Settlement in México City", 1989:142-144.

¹¹⁸Negrete, *op. cit.*, 1994, y Unikel, *op. cit.* 1972.

guardan una continuidad física con ella. Por su parte en las cuantificaciones que presento a través de las imágenes de satélite, he considerado que las cubiertas urbanas están constituidas por áreas industriales, comerciales y residenciales, así como infraestructura urbana: calles, carreteras, autopistas, vías de trenes, aeropuertos, aceras, canales, parques, jardines, bosques recreativos dentro del área urbana; baldíos y algunos terrenos rurales encerrados por el crecimiento urbano. Aclaro que se dejó fuera de la cuantificación cualquier elemento urbano que se presentaba aislado o separado de la mancha continua que tiene como origen el zócalo capitalino (figura 31). Sin embargo, se incluyeron en la medición algunas extensiones de terrenos agropecuarios que fueron dejados atrás por la urbanización de salto o *sprawl*, siempre y cuando estos baldíos con funciones agrícolas estuvieran aislados del continuo rural por usos de suelo urbano (figura 32).¹¹⁹ Mencionado lo anterior, repasemos cuáles han sido las dimensiones del área urbana de la Ciudad de México (AUCM) en diferentes momentos de su historia.

4.1. Dinámica de crecimiento de la mancha urbana continua de la Ciudad de México, 1524-1990.¹²⁰

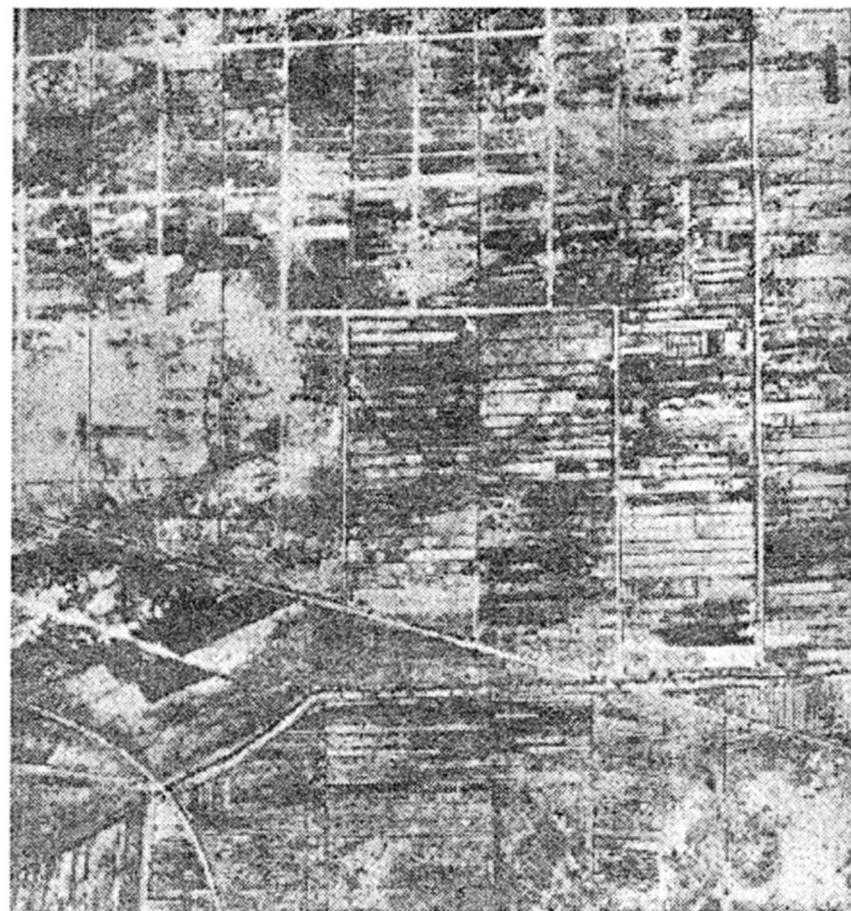
Ya he mencionado que se estima que la ciudad prehispánica de México Tenochtitlan abarcaba, al momento del contacto, una superficie de 9 Km² y contenía una población de 120,000 habitantes, con una densidad aproximada de 13,333 hab/Km², lo que nos indica un uso bastante intensivo del espacio. Cosa que nos confirman las relaciones históricas cuando describen

¹¹⁹El concepto de urbanización de salto puede estudiarse en el capítulo I, mientras que el proceso técnico y la metodología para cuantificar la mancha urbana a partir de imágenes de satélite puede consultarse en el capítulo III.

¹²⁰Con base en los mapas históricos de la Ciudad de México, publicados por la Dirección del Catastro del Departamento del Distrito Federal, en conmemoración de la impresión del *Plano 1: 10,000 de la Ciudad de México de 1929*. Así como el *Plano de la Ciudad de México en el que se señalan diversas fases de su crecimiento de 1524 a 1960*, publicado por el Departamento del Distrito Federal el 20 de Noviembre de 1960 con ocasión de la VIII Feria Mexicana del Libro, en el Cincuentenario de la Revolución Mexicana. Consúltense también a Davies, "Tendencias demográficas urbanas durante el siglo XIX en México", 1994.



**Figura 31. Continuo urbano consolidado.
Zócalo capitalino, 1950.**



**Figura 32. Continuo rural. Nótese la retícula rural
y sus terracerías que darán lugar a manzanas, lotes
y calles urbanas. Magdalena Mixhuca, 1936.**

Tenochtitlan.¹²¹ Esta gran densidad es comprensible cuando pensamos en el enorme costo que implicaba la urbanización de los islotes circunscritos por la laguna, que imponía de entrada un límite físico importante. Todos los materiales constructivos: piedra, mortero y madera, tenían que ser transportados desde las márgenes del lago; así como el agua potable que era conducida desde Chapultepec a la ciudad por un acueducto de dos secciones. Ante estas limitantes la ciudad no tenía otra opción que redensificarse al máximo. Después de su destrucción, durante la guerra de conquista, ésta fue reconstruida conforme al patrón de calles ortogonales, reduciéndose su superficie a 2.7 Km², con una población estimada de 30,000 habitantes y una densidad promedio de 11,111 hab/Km², cifra alta, ya que seguían operando las limitantes que tuvo la ciudad indígena.

Para el año de 1600 la ciudad incrementó su tamaño físico a 5.475 Km², llegando su población a los 58,500 habitantes y una densidad de 10,684 hab/Km². Físicamente la ciudad avanzó hacia la actual calle de Héroes de Granaditas, en el norte, y los callejones de Manzanares, La Soledad y Mixcalco hacia el oriente. Para el año de 1700, casi dos siglos después de la conquista, la Muy Noble, Insigne y Muy Leal e Imperial Ciudad de México, aún no alcanzaba el tamaño físico ni demográfico que alguna vez tuviera la antigua Tenochtitlan. Llegando solamente a 6.612 Km², con 105,000 habitantes y una densidad de 15,880 hab/Km². Será, no obstante, a mediados del siglo XVIII, cuando la ciudad alcanzará nuevamente el tamaño indígena, rebasándolo ligeramente a finales de la misma centuria. En el año de 1800, la urbanización se extendía, por su parte septentrional, hasta el actual Eje 2 Norte y las calzadas de Guadalupe y Los Misterios. Al oriente su crecimiento se hallaba limitado por tierras pantanosas y sujetas a inundación, en la Candelaria de los Patos y avenida Congreso de la Unión. Al sur el continuo urbano había cruzado finalmente la calle de Izazaga, alcanzado la plaza de Tlaxcoaque. Mientras que el poniente había experimentado el mayor crecimiento periférico, llegando hasta La Ciudadela, y presentando una expansión axial a lo largo de la calzada México-Tacuba hasta la Ribera de San Cósme. Este crecimiento diferencial hacia el norte y el poniente, provocó una expansión asimétrica axial del área metropolitana, dejando de tener una morfología compacta. Para ese entonces la superficie era de 10.762 km², con una población

¹²¹Díaz del Castillo, *op. cit.* 1986.

de 137,000 habitantes, lo que equivale a una densidad de 12,730 hab/Km². Las cosas no cambiaron mucho a lo largo de la primera mitad de ese siglo, aumentado ligeramente la población en 1856 a 185,000 habitantes, cubriendo una superficie de 14.125 km², lo que representa una densidad de 13,097 hab/Km².

No obstante, es en la segunda mitad del siglo XIX, cuando se sentarán las condiciones para el crecimiento futuro de la ciudad. Principalmente con la aplicación de la leyes de Reforma y la primer salida de familias pudientes a la periferia urbana, que ya he tratado en el capítulo II. En la figura 33 observamos un óleo de la ciudad realizado a vuelo de pájaro en 1855. En esta magistral obra se puede apreciar la planta urbana construida durante toda la Colonia y las primeras tres décadas del México independiente, observando también las líneas de mínimo esfuerzo que seguirá el futuro crecimiento de la ciudad en todas direcciones. Una vez consolidado el suelo del otrora lago, la urbanización se dirigirá hacia el sur siguiendo el Canal de la Viga, San Antonio Abad-Tlalpan y la calle de Niño Perdido (Eje Central). Hacia el poniente la calzada México-Tacuba y posteriormente Reforma. Al norte se seguirán las calzadas de los Misterios y Guadalupe. Y de manera tardía, la cubierta urbana se esparcirá a lo largo de la carretera México-Puebla (calzada Ignacio Zaragoza), continuando hasta la fecha sobre esta vía de expansión.

En 1900 el AUCM cubría una superficie de 27.137 Km², incrementando su población a 344,721 habitantes, lo que equivale a una densidad de 12,702 hab/Km². Fue en las primeras cuatro décadas de este siglo cuando la ciudad presentó crecimientos demográfico, económicos y espaciales que ocasionaron en ella cambios cualitativos definitivos. Así, para 1940 la superficie urbana se había incrementado a 117.537 km², es decir, que en 4 décadas creció cuatro veces más en términos absolutos que lo que había crecido en 4 siglos. En ese tiempo la ciudad era 13 veces más grande que México Tenochtitlan y su población alcanzaba 1,743,619 habitantes: un incremento absoluto de 1,398,898 habitantes con respecto a principios de siglo. Mientras que su densidad se colocaba en los 14,834 hab/Km².

Para 1950 la Ciudad de México se extendía sobre 240.587 Km² y se había ampliado por el norte al Estado de México (Tlalnepantla y Ecatepec); al sur hasta Coyoacan y en el sureste llegaba a Iztapalapa; al este a Balbuena; y al oriente las Lomas de Chapultepec. Su población alcanzó los 3,135,771 habitantes. En esta década dejó de ser una ciudad monocéntrica, y varios

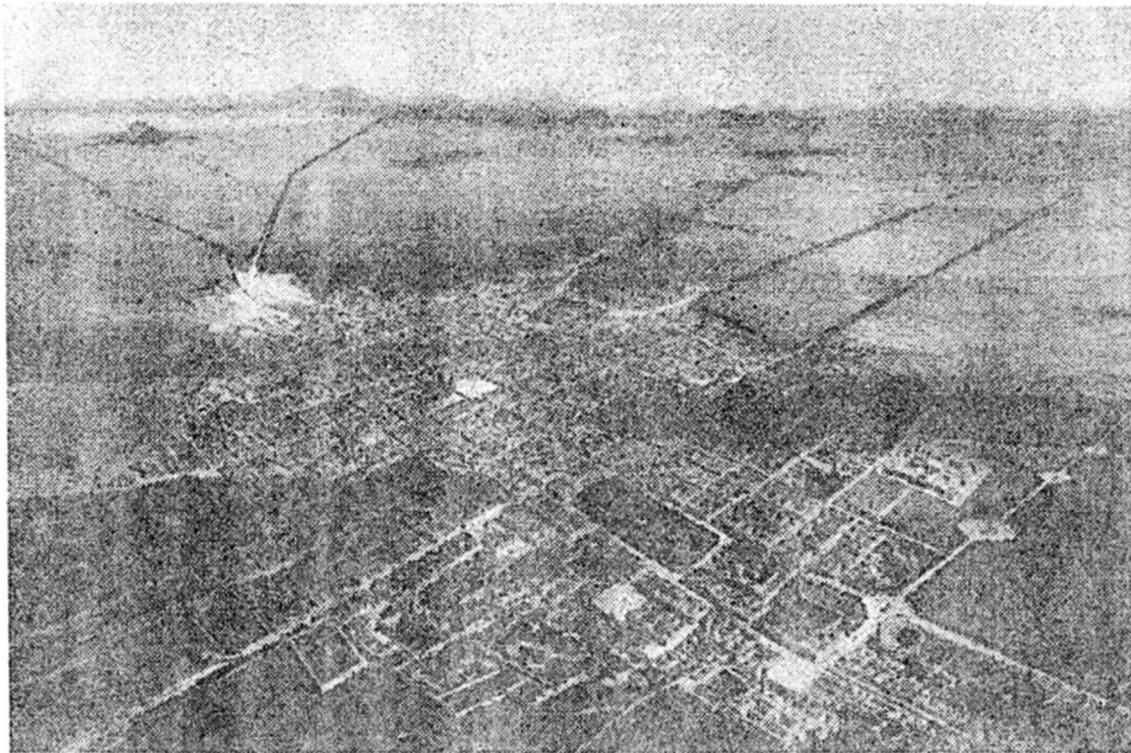


Figura 33. Vista en globo de la Ciudad de México de 1855, donde se puede apreciar la traza construída en 300 años de urbanismo novohispano.

	Sup. AUCM	Tasa sup.	Incremento sup.	Pob. AUCM	Tasa pob.	Incremento pob.	Densidad	Tasa dens.
Año	km2	% anual	Km2	Habitantes	% anual	Habitantes	Hab/Km2	% anual
1521	9			120000			13333	
1524	2.7	-33.06	-6.3	30000	-37.00	-90000	11111	-5.90
1600	5.475	0.93	2.78	58500	0.88	28500	10685	-0.05
1700	6.612	0.19	1.14	105000	0.59	46500	15880	0.40
1800	10.762	0.49	4.15	137000	0.27	32000	12730	-0.22
1900	27.137	0.93	16.38	344721	0.93	207721	12703	0.00
1930	86.087	3.92	58.95	1049000	3.78	704279	12185	-0.14
1940	117.537	3.16	31.45	1743619	5.21	694619	14835	1.99
1950	240.587	7.43	123.05	3135771	6.04	1392152	13034	-1.29
1960	271.98	1.23	31.39	5439350	5.66	2303579	19999	4.37
1970	650	9.10	378.02	8626806	4.72	3187456	13272	-4.02
1980	905	3.37	255.00	12870000	4.08	4243194	14221	0.69
1990	1303	3.71	398.00	14880000	1.46	2010000	11420	-2.17

Fuentes: Camposortega, 1992; Davies, 1994; Negrete, 1994; Planos Históricos de la Ciudad de México, 1929; Plano de la Ciudad de México en el que se muestran diversas fases de su crecimiento de 1524 a 1960. Estimaciones propias con base en teledetección.

Cuadro 1. Dinámica de crecimiento de la superficie y población del AUCM, así como el comportamiento de su densidad, de 1521 a 1990.

núcleos urbanos antiguos que habían sido absorbidos, comenzaron a operar como nuevos distritos comerciales. En este momento el área urbana tuvo su crecimiento más importante gracias a la consolidación y ocupación de grandes espacios baldíos que habían permanecido sin urbanizar después de las expansiones de las décadas de 1930 y 1940. Este proceso de *infilling* y expansión lateral se presentó claramente en las colonias Tlacotal, Ramos Millán, Juventino Rosas, Taller, Moctezuma, Jardín Balbuena, Valentín Gómez Farías, Romero Rubio, Aragón, Río Consulado, Martín Carrera, Vallejo, Polanco, Nápoles, Del Valle, Narvarte, y la Unidad Morelos, entre otras (figuras 34 a 38). Con este engrosamiento la ciudad recuperó su forma compacta con una densidad de 13,033 hab/Km².

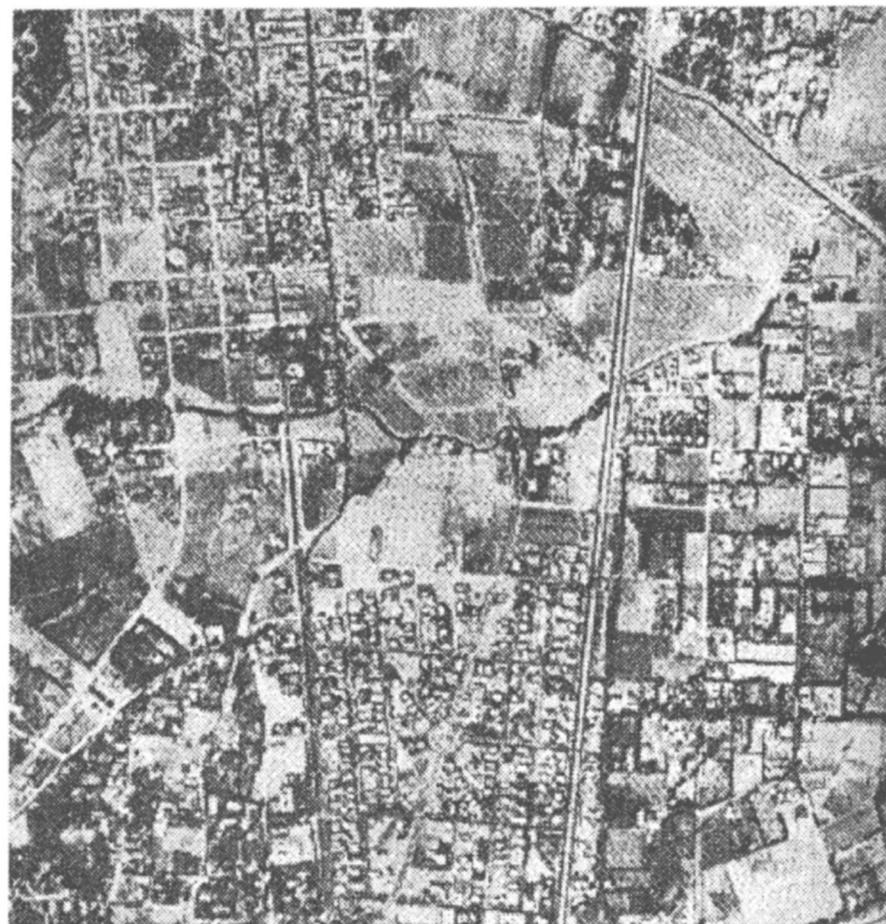
Hay que notar que de 1950 a 1960 la ciudad creció poco físicamente, pues sólo alcanzó un área de 271.98 Km², (un incremento 31.39 Km²). Cifra pequeña si consideramos que en esa década su población pasó de 3.1 a 5.4 millones de personas. Es probable que dicho fenómeno esté relacionado con la prohibición de 1954 para construir fraccionamientos de bajos ingresos en el D.F. Cualquiera que haya sido el caso, esto provocó que la densidad de población alcanzara los 19,999 hab/Km², que ha sido la cifra promedio más alta de su historia. Pero, de 1960 y 1970, el área construida incrementó 2.3 veces su tamaño, pasando a 650 km². Lo que provocó una disminución de la densidad a 13,706 hab/Km². De este modo, para 1970 el AUCM se extendía sobre 14 delegaciones y 10 municipios del Estado de México, con una población de 8,909,538 personas.

A partir de los años setenta el AUCM ha crecido con rapidez y se ha ampliado significativamente hacia el Estado de México, donde para 1980 vivía el 35.1% de la población total y en 1990 el 45.4% de la misma. En 1990 las fronteras de expansión física se ampliaron hasta alcanzar el municipio de Chalco hacia el sureste, donde las tierras ejidales fueron alienadas a lo largo de la carretera México-Puebla (figuras 39 y 40); al norte, hacia Tecamac y hacia varios municipios en el noroeste y oeste.¹²² En el Distrito Federal las oportunidades de crecimiento físico se han ido restringiendo más, debido a la escasa disponibilidad de terrenos adecuados y a los controles ejercidos por las autoridades entorno a la alienación de estos. No obstante, las principales

¹²²Delgado, "El patrón de ocupación territorial de la Ciudad de México al año 2000", 1988.



**Figura 34. Crecimiento lateral concéntrico.
Col. Gabriel Ramos Millán, 1963.**



**Figura 35. Urbanización de salto (sprawl).
Insurgentes Mixcoac, 1936.**

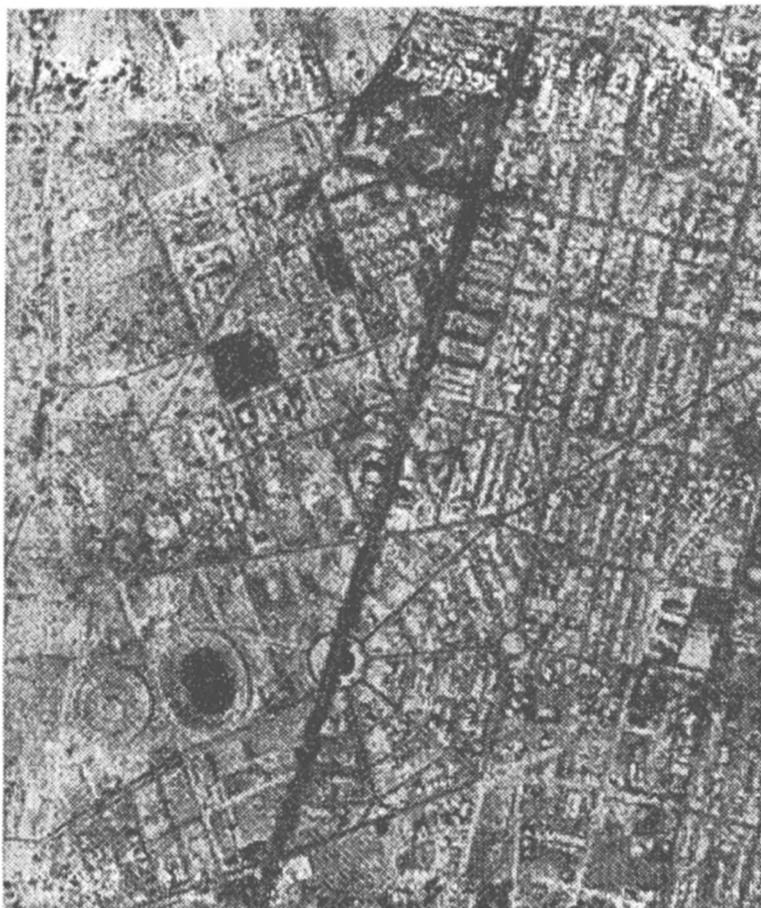


Figura 36. Proceso de ocupación de Baldíos (infilling). Ciudad de los deportes, ampliación Nápoles, 1950.



Figura 37. Proceso de ocupación de Baldíos (infilling). Ciudad de los deportes, ampliación Nápoles, 1963.

Figura 38. Proceso de incorporación de los poblados suburbanos. Iztacalco, 1950. Obsérvese que el tejido urbano avanza hacia la localidad, a la vez que ésta presenta también crecimiento lateral.

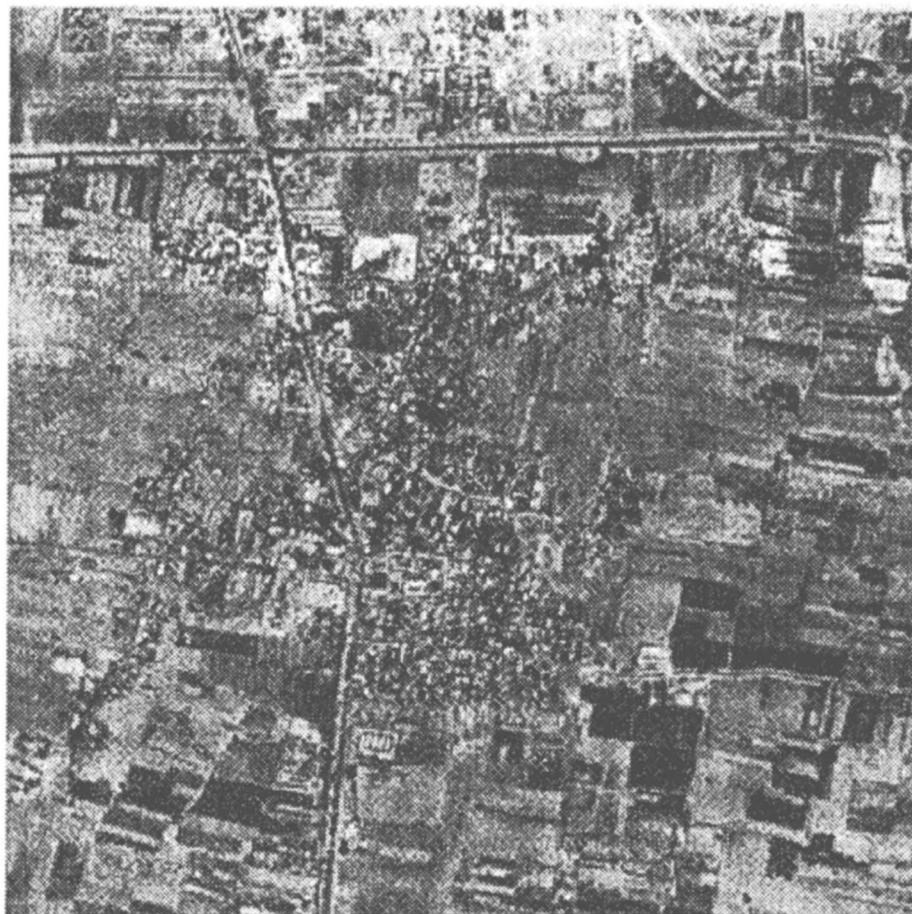


Foto tomada de Girault, *Distribución de Población en el Valle de México, 1971.*



Figura 39. Expansión axial y de ciudad dormitorio. Valle de Chalco, 1993. Nótese como la urbanización se alinea con la retícula agrícola, y los caminos rurales dan paso a las calles y avenidas urbanas.



Figura 40. Expansión axial a lo largo de la autopista México-Puebla. Valle de Chalco, 1997.

zonas de conflicto se encuentran al sur en las faldas del Ajusco, y al sureste en las ricas tierras agrícolas que rodean Xochimilco. Otras delegaciones más alejadas, como Tláhuac y Milpa Alta, han comenzado a crecer de manera evidente y es posible que dupliquen sus poblaciones entre 1980 y el año 2000.¹²³ En el cuadro 1 y en las figuras 41 y 42, podemos apreciar el comportamiento histórico de la dinámica poblacional, de la expansión física y los vaivenes de la densidad de población. Cabe anotar que para el caso del AUCM, en un nivel de confianza de 95%, existe un coeficiente de correlación entre el tamaño de la población (X) y la superficie del área urbana (Y) de 0.991, con una R^2 de 0.982. Esta enorme correlación puede observarse a simple vista en el comportamiento de las curvas de la figura 41. Por su parte en la figura 42 se aprecia que la tasa de crecimiento físico de la ciudad guarda un comportamiento inverso a la dinámica de densidad de población. Esto significa que cuando se incrementa la tasa de expansión física del área urbana, observamos un decremento en la dinámica de la densidad de población y viceversa. Estos comportamientos parecen ser cíclicos y con movimientos de umbral: poco dinamismo en el crecimiento físico = se aglomera más población en el mismo espacio = densidad alta; densidad alta = presiones sobre el espacio = necesidad de crecimiento físico = expansión física = reducción de densidad; densidad baja = no hay presiones sobre el espacio = no hay necesidad de expansión física = poca expansión = se densifica el espacio = densidad alta; etc...

Finalmente en la misma figura 42 se pueden apreciar grandes etapas en el comportamiento de la dinámica poblacional. Primera etapa: 1521-1900, tasa de crecimiento anual por debajo del 1%; segunda etapa, 1900-1930: despegue con tasas anuales de 3.7%; tercera etapa 1930-1970: crecimiento acelerado con tasas anuales mayores de 5%, lo que significaba que la población doblaba su tamaño cada 13 años. No obstante, en esta última etapa comenzamos a notar rendimientos decrecientes en la dinámica poblacional, que nos llevarán a una cuarta etapa de 1970 a la fecha, con tasas por debajo del 4% y disminuyendo (véase figura 10, capítulo II).

¹²³Partida, "Proyecciones de la población de la zona metropolitana de la Ciudad de México", 1987.

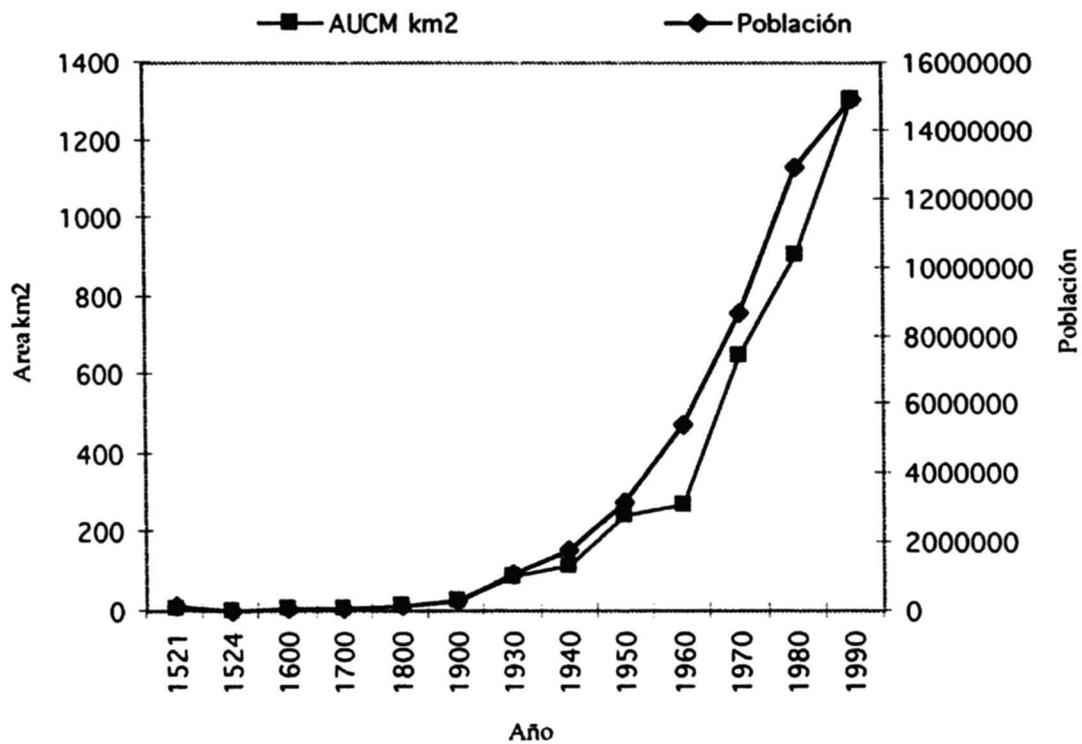


Figura 41. Crecimientos absolutos de la población y la superficie de la AUCM, 1521-1990.

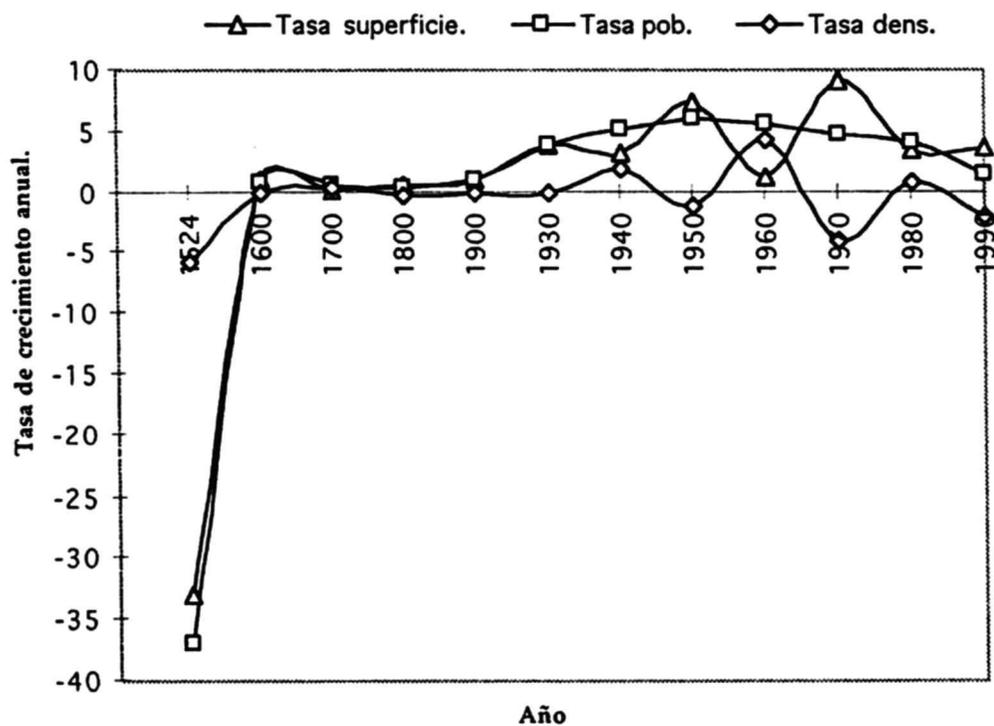


Figura 42. Comportamiento histórico de las tasas de crecimiento anual de la población, superficie y densidad de la AUCM, 1521-1970.

4.2. Cuantificación del crecimiento de la mancha urbana continua de la Ciudad de México, 1973-1993. Resultados.¹²⁴

4.2.1 Resultado 1: expansión absoluta y tasa de crecimiento horizontal, 1973-1993.

De acuerdo con los datos obtenidos a través de las imágenes de satélite, se puede establecer que en 1973 el AUCM tenía una superficie de 717.5 Km.², y su perímetro exterior era de 189.6 Km. Para 1985 esas dimensiones se habían incrementado a 1068 Km.² de superficie urbana, con un perímetro de 404 Km. En 1993 el AUCM alcanzó una superficie de 1468 Km.², con un perímetro exterior de 546.8 Km. De este manera, en un periodo de 12 años, de 1973 a 1985, el AUCM aumentó su espacio construido en 350.5 Km.², lo que equivale a una dinámica de crecimiento de 3.37% anual. Mientras que de 1985 a 1993 (sólo siete años), el incremento fue de 400 km.², acelerándose la dinámica de expansión a una tasa anual de 4.06% (cuadro 2).

Año	Perímetro exterior Km	Area km ²	Incremento sup. km ²	Tasa geométrica
1973	189.6	717.5	****	****
1985	404.2	1068	350.5	3.37
1993	546.8	1468	400.00	4.06
1973-1993	546.8	1468	750.50	3.64

Cuadro 2

Aunque las tasas de expansión de las décadas 1970-1980 y 1980-1990, disminuyeron considerablemente con respecto a la tasa de 9.10% anual de la década 1960-1970, podemos apreciar que la dinámica de crecimiento físico continúa por encima del 3.37% anual, duplicando su tamaño cada veinte años (Cuadro 1 y 2). Si tomamos el periodo 1973-1993, observamos que en términos absolutos el AUCM estuvo incrementando su superficie a un promedio de 37.52 Km² cada año. Por otra parte, si el área urbana hubiera seguido creciendo de 1993 a la fecha (1998) a la misma tasa de 1985-1993, en la actualidad estaría alcanzando una superficie de 1791.2 Km.²

¹²⁴Con base en las imágenes de satélite de 1973, 1985 y 1993.

4.2.2. Resultado 2: patrones de expansión física.

He contestado ya el cuánto y a qué ritmo creció el tejido urbano de la ciudad en el periodo de estudio. Sin embargo, falta aún resolver el cómo ha sido ese crecimiento. Es decir, ¿de dónde y hacia dónde creció el AUCM?, así como en qué forma: expansión axial, lateral concéntrica, de ciudad dormitorio o urbanización de salto e *infilling* (figura 1; capítulo I).

Para responder el de dónde y hacia dónde, es necesario desagregar las superficies de crecimiento del AUCM por sectores, para estudiar el dinamismo de cada parte de la urbe. Dado que el epicentro histórico de la expansión física de la Ciudad de México es el zócalo capitalino, he dividido la superficie geográfica del AUCM a partir de dos ejes perpendiculares (Norte-Sur y Oriente-Poniente), que se intersectan en la plaza de la Constitución y forman 4 cuadrantes de estudio: 1) cuadrante Norte-Este; 2) cuadrante Norte-Oeste; 3) cuadrante Sur-Oeste, y 4) cuadrante Sur-Este (figura 43). Hecho lo cual, se estimó el crecimiento absoluto de cada cuadrante en las tres fechas estudiadas, así como su tasa de crecimiento geométrica¹²⁵ (cuadros 3, 4 y 5).

	Superficie Km2.				
Año	Cuadrante N.E.	Cuadrante N.O.	Cuadrante S.O.	Cuadrante S.E.	Total
1973	194.55	177.75	167.65	177.55	717.5
1985	242.9	241.6	249.9	333.6	1068
1993	364.8	336.3	300.3	466.6	1468

Cuadro 3.

	Incremento N.E.	Incremento N.O.	Incremento S.O.	Incremento S.E.	Incremento Sup.
	Sup. Km2.	Sup. Km2.	Sup. Km2.	Sup. Km2.	Total Km2.
Periodo	***	***	***	***	***
1973-85	48.35	63.85	82.25	156.05	350.5
1985-93	121.9	94.7	50.4	133	400
1973-93	170.25	158.55	132.65	289.05	750.5

Cuadro 4.

	Tasa N.E.	Tasa N.O.	Tasa S.O.	Tasa S.E.	Tasa Global
Periodo	% anual				
1973-85	1.87	2.59	3.38	5.40	3.37
1985-93	5.22	4.22	2.32	4.28	4.06
1973-93	3.19	3.24	2.96	4.95	3.64

Cuadro 5.

$${}^{125}r = (Pt/Po)^{1/t} - 1$$

Con base en estos cuadros y las figuras 43, 44, 45 y 46, se puede apreciar que en términos absolutos y relativos, fue el cuadrante Sur-Este el que presentó una mayor expansión física en el lapso de 20 años transcurridos de 1973 a 1993. Esto con una dinámica de crecimiento de 4.95% anual, lo que equivale a doblar su tamaño cada 14 años. Lo siguió en dinamismo el cuadrante Norte-Oeste con un incremento absoluto de 158.55 Km.² y un ritmo de crecimiento de 3.19% anual. Sin embargo, fue el cuadrante Norte-Este el que tuvo un mayor ritmo en el periodo 1985-1993, con una tasa de 5.22%. Por otra parte, aunque en términos absolutos el cuadrante Sur-Oeste incrementó su superficie en 132.65 Km.² durante el periodo de estudio, fue el que presentó menos dinámica de crecimiento horizontal. Si bien tuvo un rápido crecimiento de 1973 a 1985, se desaceleró entre 1985 a 1993, tal vez como consecuencia de comenzar a crecer sobre las pendientes de las sierras del Ajusco y de las Cruces, que funcionan como barreras físicas que elevan los costos de urbanización.

Estas cifras se confirman al estudiar el movimiento del centroide geográfico del AUCM para cada una de las manchas urbanas: 1973, 1985 y 1993 (figura 47). He observado que el centroide se ha ido desplazando progresivamente hacia el oriente, y más recientemente ha tendido a moverse hacia el noreste. Lo que significa que, en promedio, de todo el crecimiento físico que experimentó el AUCM de 1973 a 1985, la mayor parte se dio hacia los 2 cuadrantes orientales de la ciudad (Nezahualcóyotl, Chalco, Chimalhuacan, Ecatepec, etc.). Para el periodo 1985-1993 la mayor parte del crecimiento se ubicó nuevamente hacia el este de la zona metropolitana, pero ahora se movió un poco hacia el norte, lo que significa que en conjunto los 2 cuadrantes del norte comenzaron a concentrar el crecimiento del área metropolitana: Naucalpan, Tlalnepantla, Atizapan, Cuatitlan Izcalli, Tultitlan, Ecatepec, Texcoco, etc.

4.2.3. Resultado 3: patrones de expansión física diferencial.

Sabemos que a nivel población en 1940 el 100% de los habitantes del AUCM se concentraban dentro de los límites políticos del D.F. Pero desde 1950 la proporción de habitantes entre el D.F. y el Estado de México se ha ido

Figura 43. Cuadrantes de expansión del AUCM.

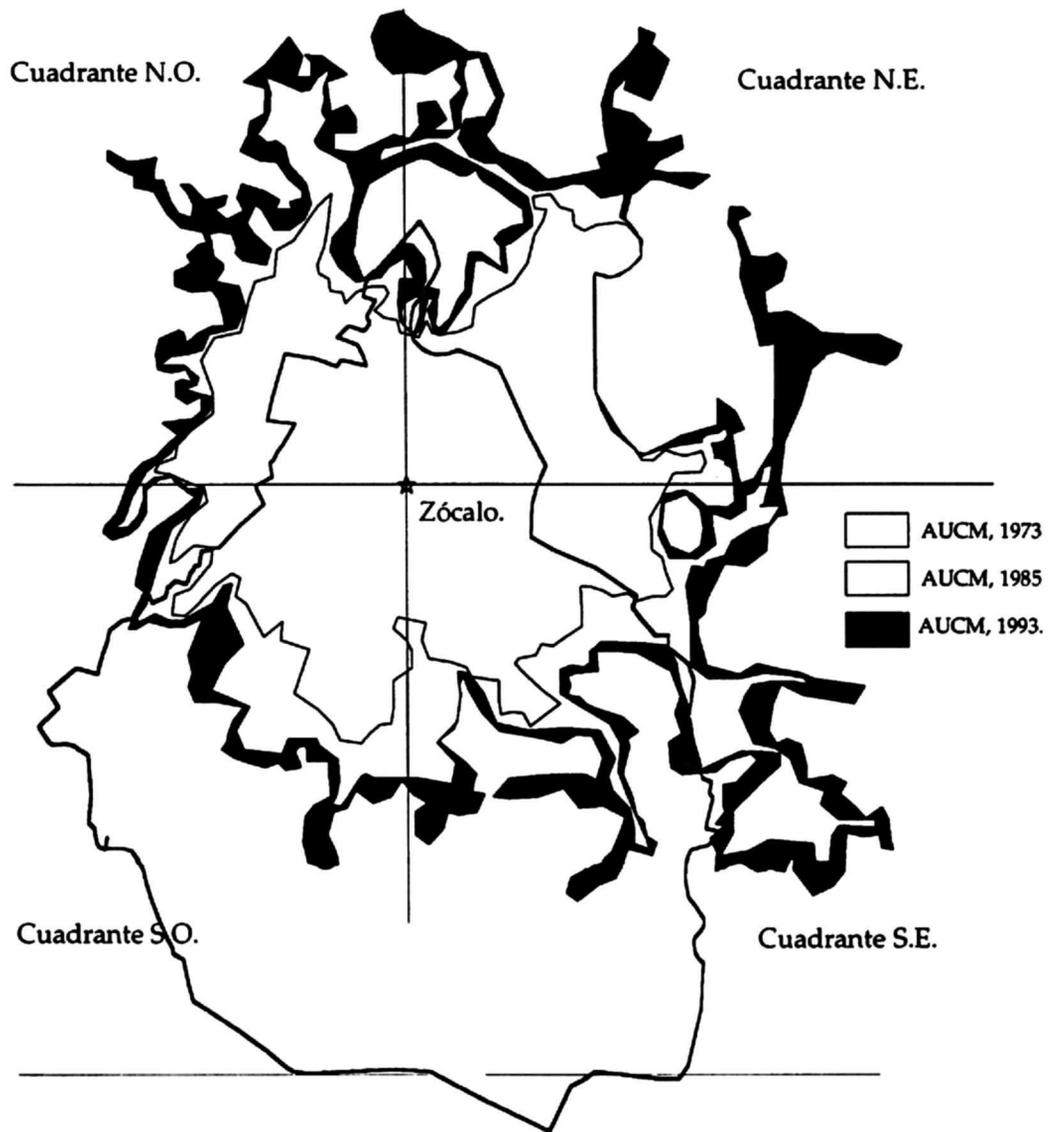
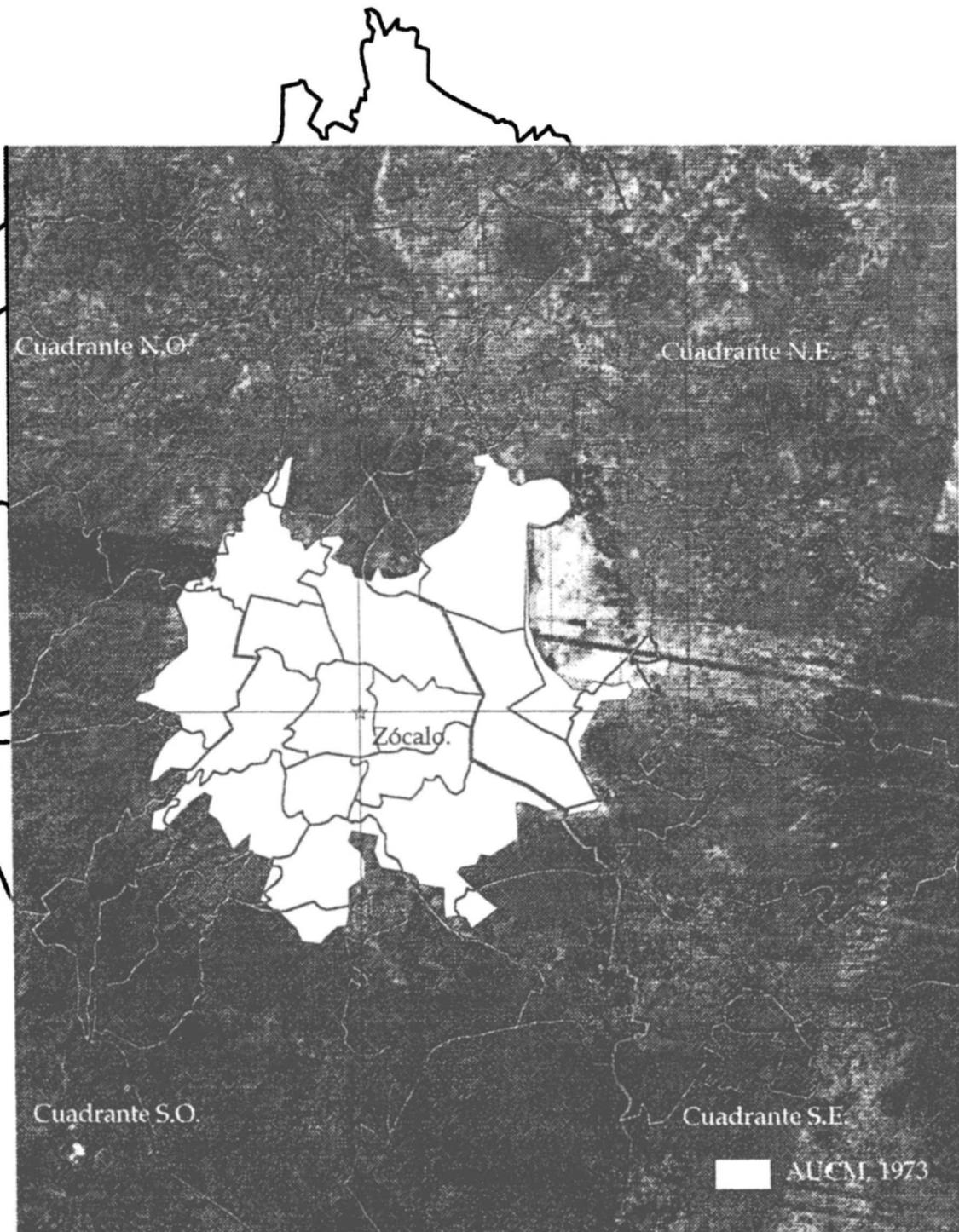


Figura 44. División política de la ZMCM y el AUCM (1973).



0 5 10
Kilometers

Figura 45. División política de la ZMCM y el AUCM (1985).

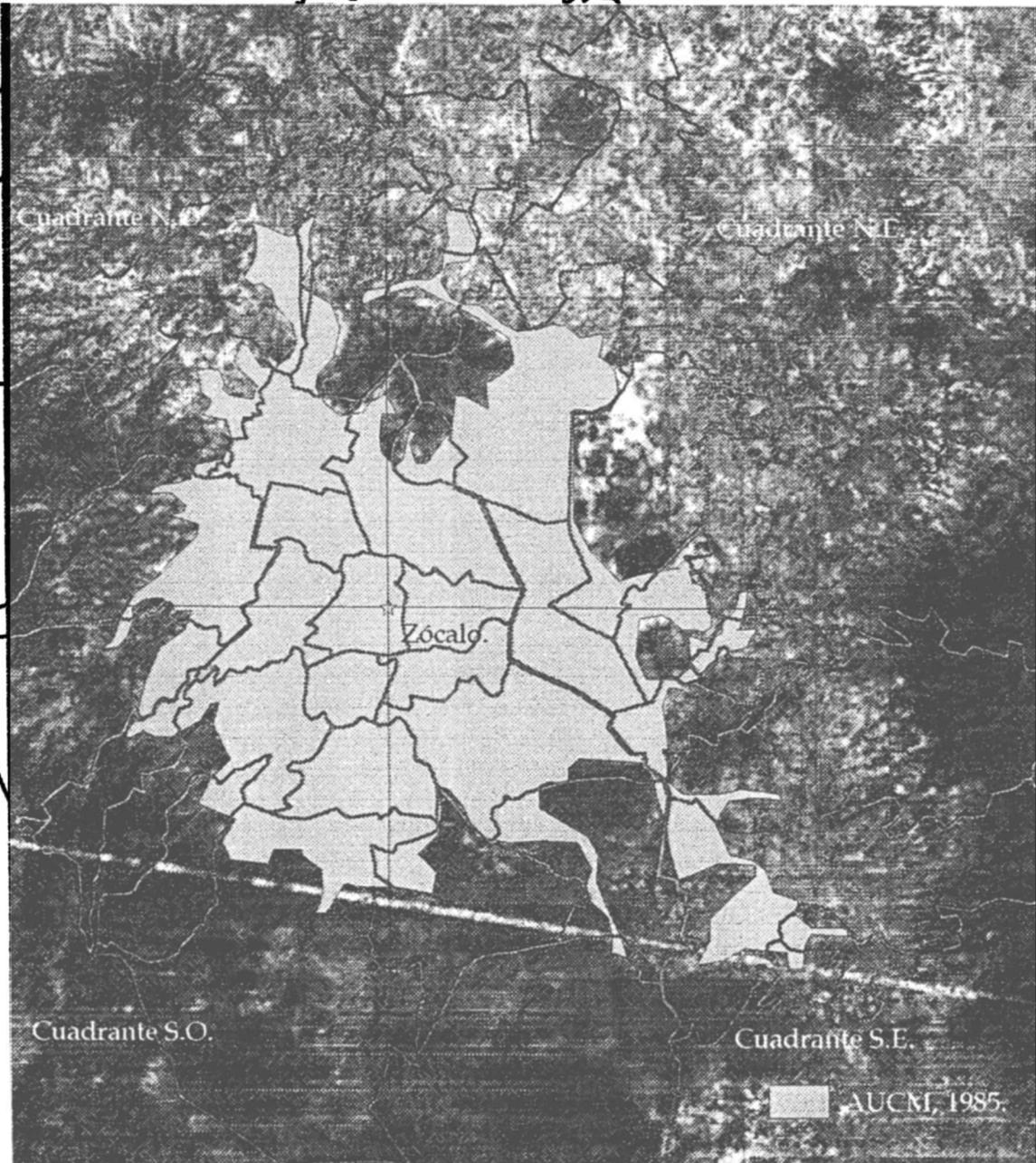
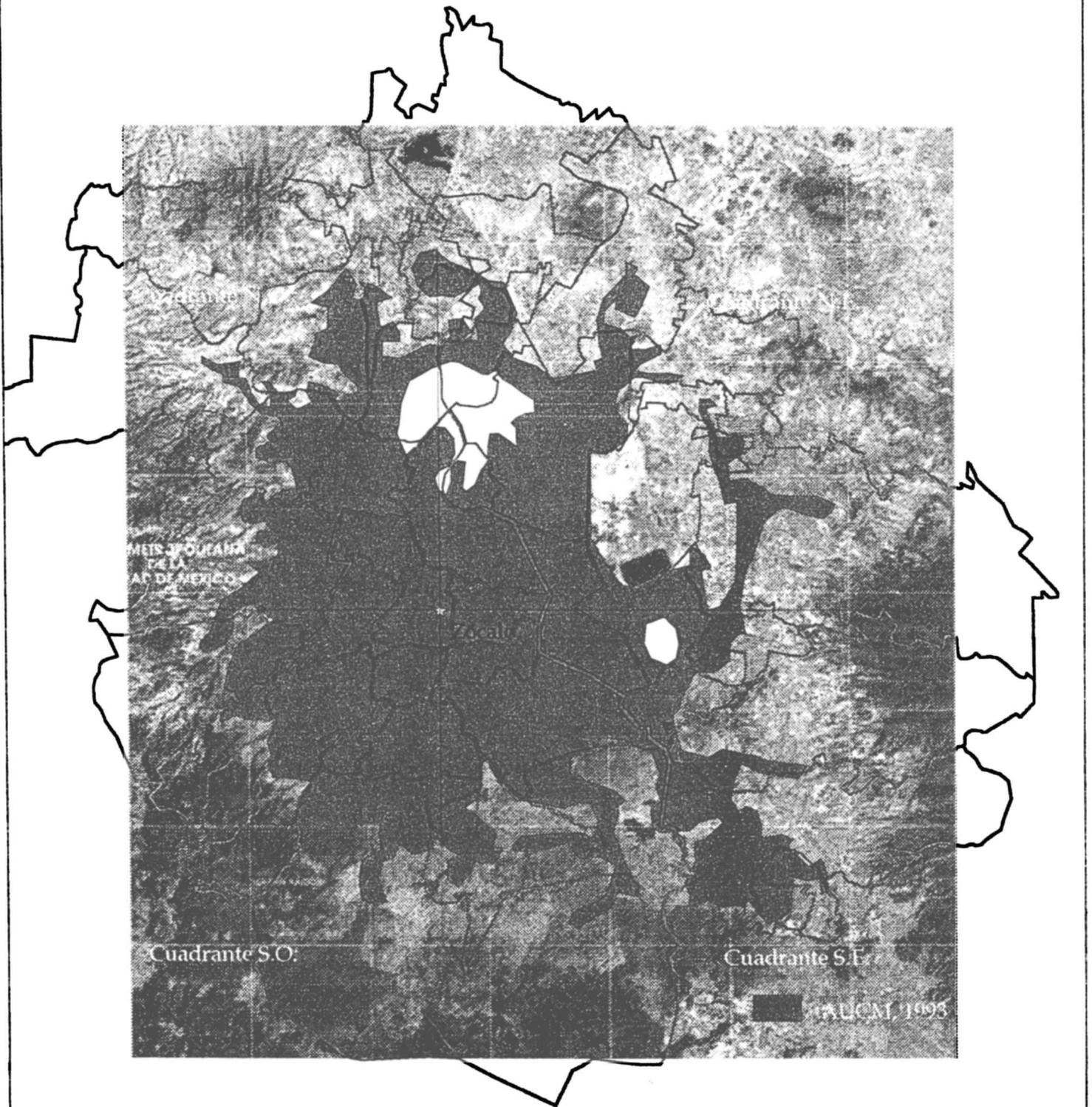
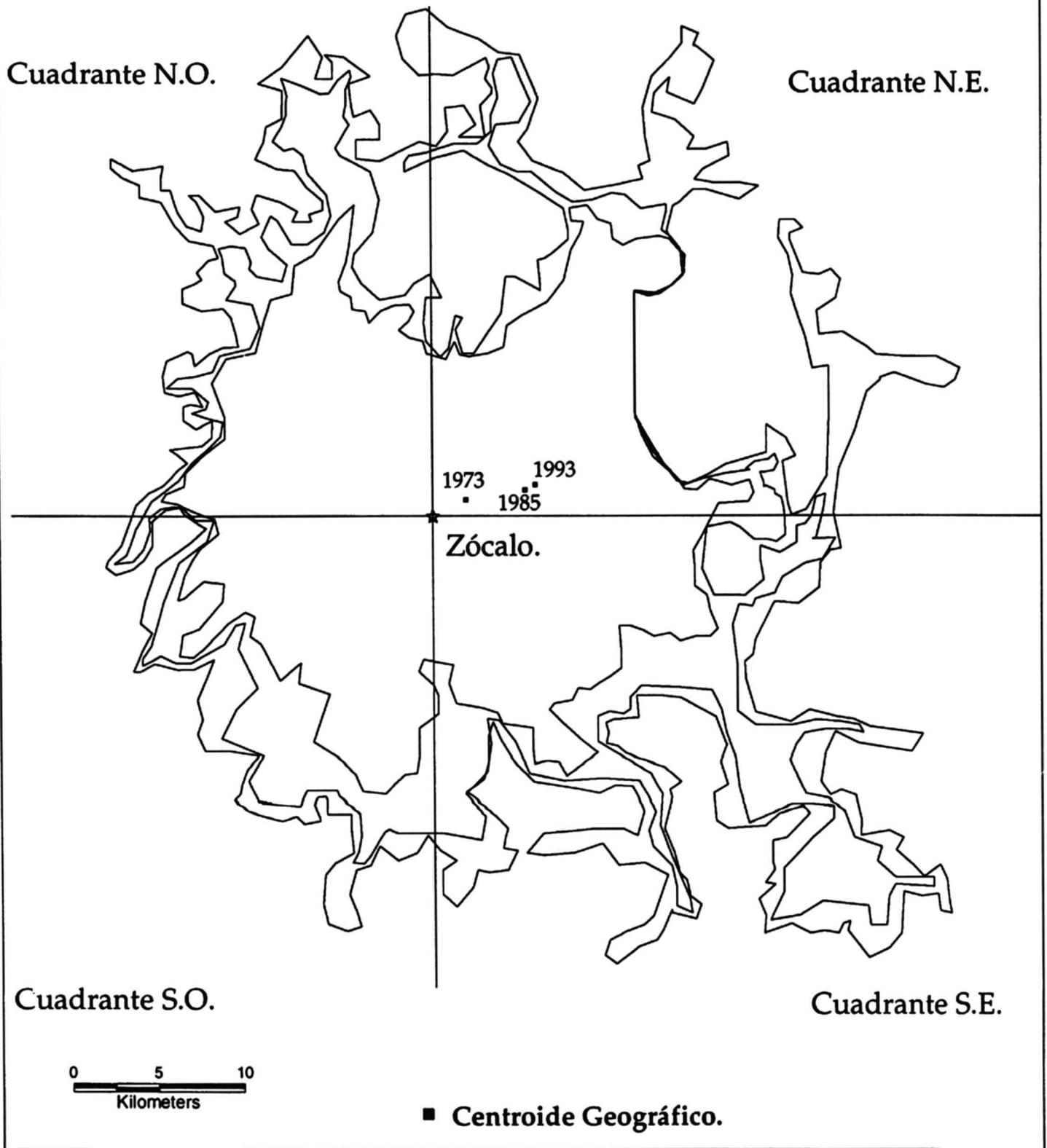


Figura 46. División política de la ZMCM y el AUCM (1993).



0 5 10
Kilometers

Figura 47. Desplazamiento del centroide geográfico del AUCM: 1973, 1985, y 1993.



equilibrando progresivamente.¹²⁶ De esta forma, para 1970 el diferencial de población entre ambas entidades era de 79% para el D.F. y 21% para el Estado de México. En 1980 los porcentajes indicaban que el 64.9% de la gente habitaba en el D.F. y el 35.1% en el Estado de México; mientras que el censo de 1990 reveló que la proporción se había situado en 54.6% para el Distrito Federal y 45.4% para el Estado de México. Es de esperarse que en el corto y largo plazo, el diferencial de población favorecerá definitivamente al Estado de México.¹²⁷

Sin embargo, cabe preguntarnos ¿cómo fue el crecimiento físico diferencial entre el Estado de México y el Distrito Federal en el periodo de estudio? El análisis de las imágenes de satélite (figura 48) revela que en 1973 el 60% de la mancha urbana estaba contenida dentro de los límites del Distrito Federal, es decir, que de los 717.5 Km² de espacio urbano existentes en esa época, 431.3 Km² estaban contenidos dentro del D.F. (cuadro 6).

	Sup. AUCM	Sup. AUD.F.	Sup. AUEdo. Mex.	%Sup. AUD.F.	%Sup. AUEdo. Mex.	%Sup. AUCM
año	Km2	Km2	Km2	Km2	Km2	Km2
1973	717.5	431.3	286.2	60.11	39.89	100.00
1985	1068	578.2	489.8	54.14	45.86	100.00
1993	1468	681.3	786.7	46.41	53.59	100.00

Cuadro 6.

La proporción se ha ido alterando en favor del Estado de México, por lo que en 1993 el 53.59% de la mancha urbana de la ciudad se encontraba fuera del D.F. Este resultado nos está indicando que la expansión periférica se ha vuelto más dinámica en los municipios conurbanos del Estado de México que en las delegaciones políticas del Distrito Federal. Fenómeno que se comprueba cuando se calcula la tasa de crecimiento anual del espacio urbano continuo en ambas entidades.

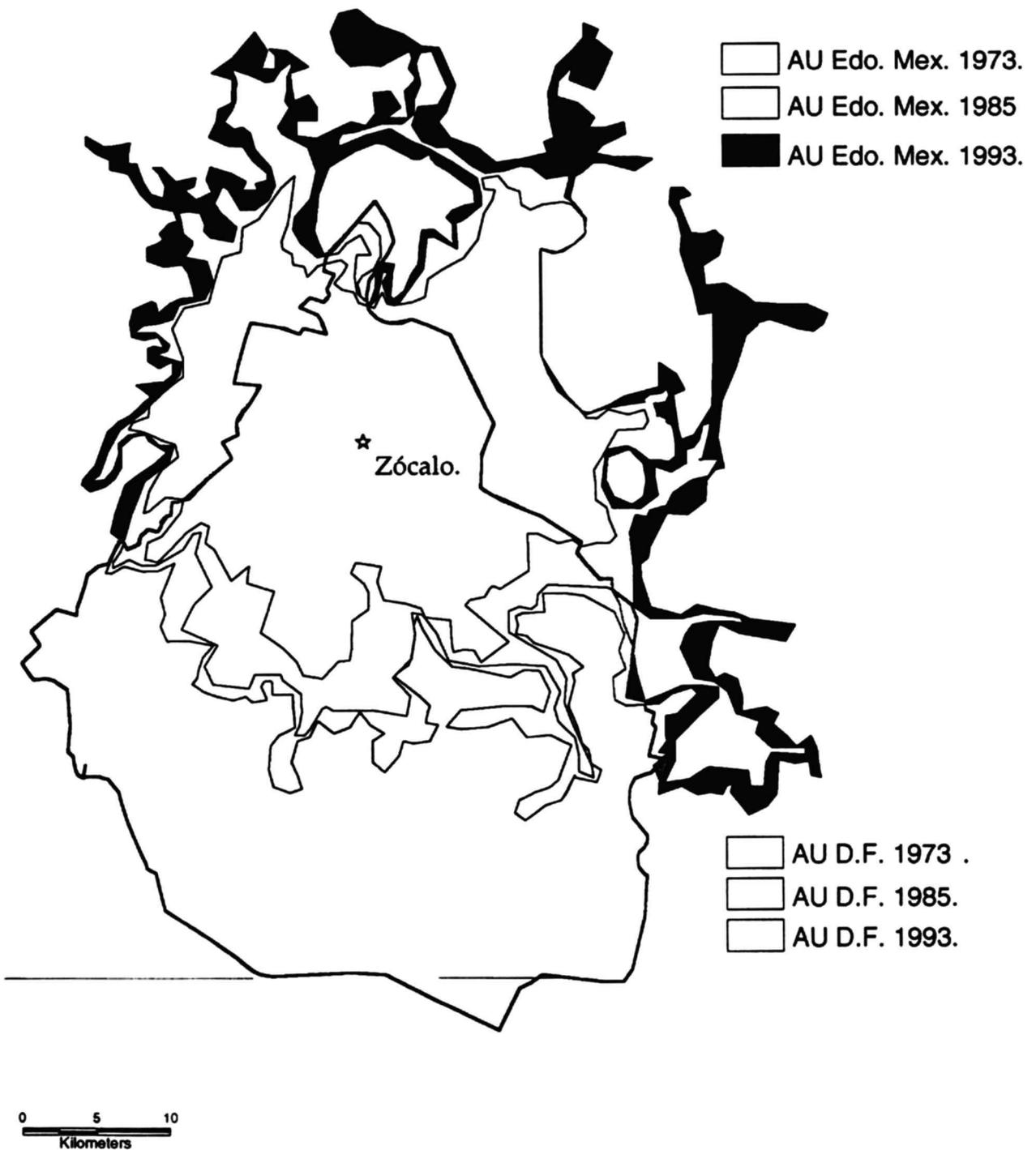
	Sup. AUCM	Sup. AUD.F.	Sup. AUEdo. Mex.	Tasa de crecimiento	Tasa de crecimiento
año	Km2	Km2	Km2	AUD.F.	AUEdo. Mex.
1973	717.5	431.3	286.2	****	****
1985	1068	578.2	489.8	2.47	4.58
1993	1468	681.3	786.7	2.07	6.10

Cuadro 7.

¹²⁶Camposortega. "Evolución y tendencias demográficas de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México", 1992.

¹²⁷*Idem.*

Figura 48. Crecimiento físico diferencial entre el área urbana en el Edo. Mex. y el D.F. 1973-1993.



En el cuadro 7 se observa que la tasa de expansión periférica del D.F. ha comenzado a disminuir, mientras que la del Estado de México aumentó de manera explosiva de 4.58%, en el periodo 1973-1985, a un 6.10% anual en el periodo 1985-1993. Si se calculan las tasas de ambas entidades durante el periodo 1973-1993, se aprecia que el D.F. creció a una tasa de 2.31% anual, mientras que el Estado de México tuvo un ritmo de expansión de 5.19%. Esto significa que si el crecimiento del área urbana siguiera creciendo con las mismas tendencias, entonces la superficie urbana en el Estado de México se duplicaría en 13 años; mientras que la del D.F. lo haría en 30 años. No obstante, para el caso del D.F., lo más seguro es esperar que su tasa de expansión se reduzca aún más. Paralelamente, en el Estado de México la dinámica de crecimiento tomará más tiempo en desacelerarse, debido a la presencia de grandes extensiones de terreno susceptible de urbanizarse y a cierta inercia en las expectativas de aquellos que buscan un espacio propio en la periferia.

4.2.4. Resultado 4: topografía y patrones de expansión física.

Debemos recordar que la Ciudad de México se localiza en un entorno fisiográfico complejo: encerrada por macisos volcánicos de varios miles de metros de altitud, y restos no consolidados de su antiguo sistema lacustre. Debido a ello, en la Ciudad de México los costos de urbanización están directamente relacionados con sus características topográficas. Ya se mencionó en el capítulo I que la expansión periférica tiende a seguir las líneas con los menores costos de urbanización posibles, hasta un punto en el cual los costos marginales de urbanización y transporte en el último sitio del área favorecida igualen los costos de desarrollo y transporte en el último sitio de una zona de altos costos, pero cercana al área urbana.

Históricamente esta premisa ha funcionado de forma regular en el AUCM. Las primeras líneas de expansión de la ciudad se presentaron hacia el poniente, el norte y el sur, debido a que esas zonas estaban más elevadas que las tierras al oriente de la ciudad. Esto ocasionó que una vez desecado el lago los suelos al poniente del zócalo se consolidaran más rápidamente que las tierras orientales, que permanecieron como terrenos sujetos a inundación haciendo costoso su desarrollo. Sin embargo, la expansión hacia el poniente y sur de la ciudad se ha topado ya con las sierras de las Cruces y Ajusco, dando como resultado que entre más avanza la frontera urbana en esas direcciones,

más costoso y difícil es su urbanización (figura 49 y 50). En el Norte la sierra de Guadalupe se erige como una pequeña obstrucción al crecimiento, por lo que ha tenido que ser rodeada por la mancha urbana sin grandes dificultades, escalando también sobre algunos de sus flancos (figuras 51 y 52). Cuando el proceso expansivo comenzó a enfrentar límites físicos en sus flancos poniente, norte y sur, las tierras del oriente se hicieron cada vez más atractivas, por lo que desde la década de los setentas su crecimiento ha sido frenético. Pero ya vimos que la expansión oriental de la ciudad se llevó a cabo con pocos servicios y sus principales actores fueron familias de bajos ingresos. Esto ha desincentivado a que familias de medianos y altos ingresos traten de establecerse en ese flanco de la periferia; además, cada día esa frontera se aleja más de las zonas donde estos grupos obtienen sus empleos tradicionalmente: sur, poniente y noroeste de la ciudad. Esto ha ocasionado que las clases medias y las familias de altos ingresos prefieran encarar costos de urbanización más altos en algunas laderas montañosas que salir a predios alejados en el oriente del área urbana (figuras 53, 54, 55 y 56). Pero las laderas no sólo han resultado atractivas para algunas familias pudientes, lo mismo ha sucedido para familias de bajos ingresos que se han infiltrado en ellas con o sin beneplácito de las autoridades, provocando en algunos lugares una rara convivencia entre familias ricas y pobres que habitan una al lado de otra (figura 57 y 58).

A diferencia de otras técnicas, principalmente planimetrías y fotogrametrías, la percepción remota nos permite explorar en términos cuantitativos la expansión de la mancha urbana sobre la topografía del terreno, ya sea por medio de planos bidimensionales o tridimensionales (figuras 59, 60 y 61). A través de estas tomas se ha cuantificado que en 1973 el 98.48% del AUCM se encontraba edificado entre los 2,240 y 2,499 msnm. Sólo el 1.52% de la urbanización (10.89 Km²) había rebasado la cota de los 2,500 msnm.¹²⁸ Este porcentaje de “urbanización de montaña” se incrementó

¹²⁸He estimado la superficie de urbanización en las laderas de la ciudad, a partir de la cota de los 2,500 msnm., porque desde esta curva las pendientes de las sierras de las Cruces y Ajusco alcanzan valores promedio del 10%, que hacen difícil la construcción e introducción de servicios. Una pendiente de 10% significa que por cada 100 m. longitudinales la altitud se elevará en 10 msnm. En la práctica es bueno saber que la cinta asfáltica de la autopista México-Río Frío no sobrepasa pendientes promedio del 6%. En otro ejemplo, la urbanización entre El Colegio de México y Reino Aventura tiene una

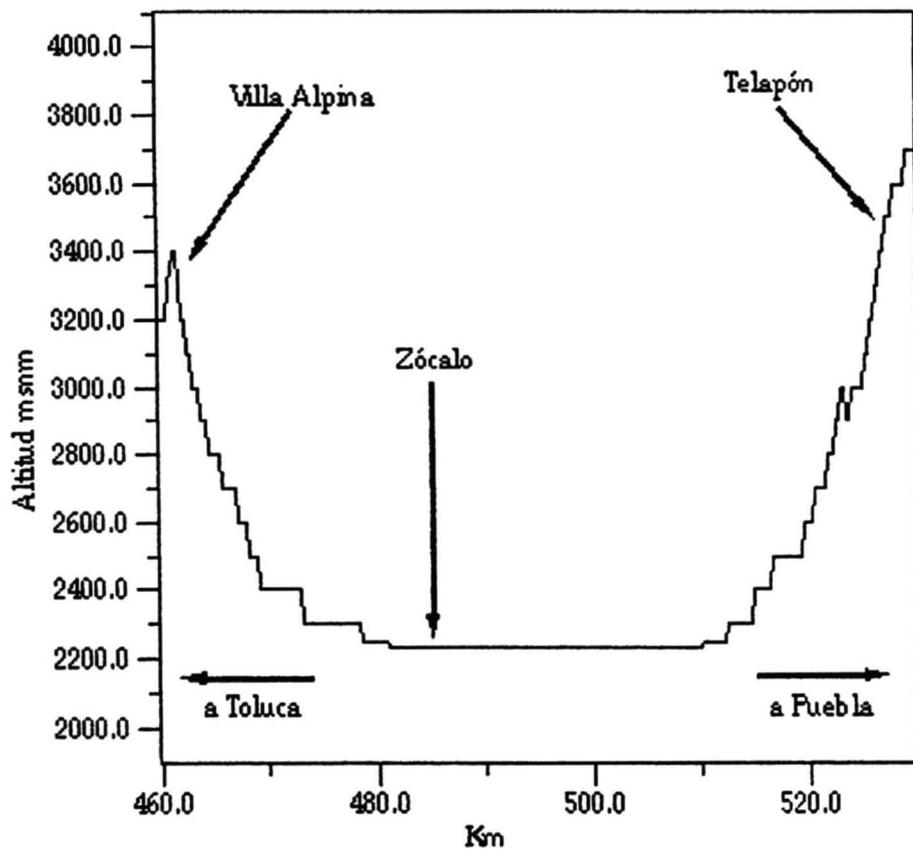


Figura 49. Perfil topográfico Este-Oeste de la Cuenca de México.



Figura 50. Urbanización en la Barranca de Hueltatitla, Alvaro Obregón, poniente de la ciudad, faldas de la Sierra de las Cruces, 1997. Nótese el límite físico que impone la topografía a la expansión urbana.

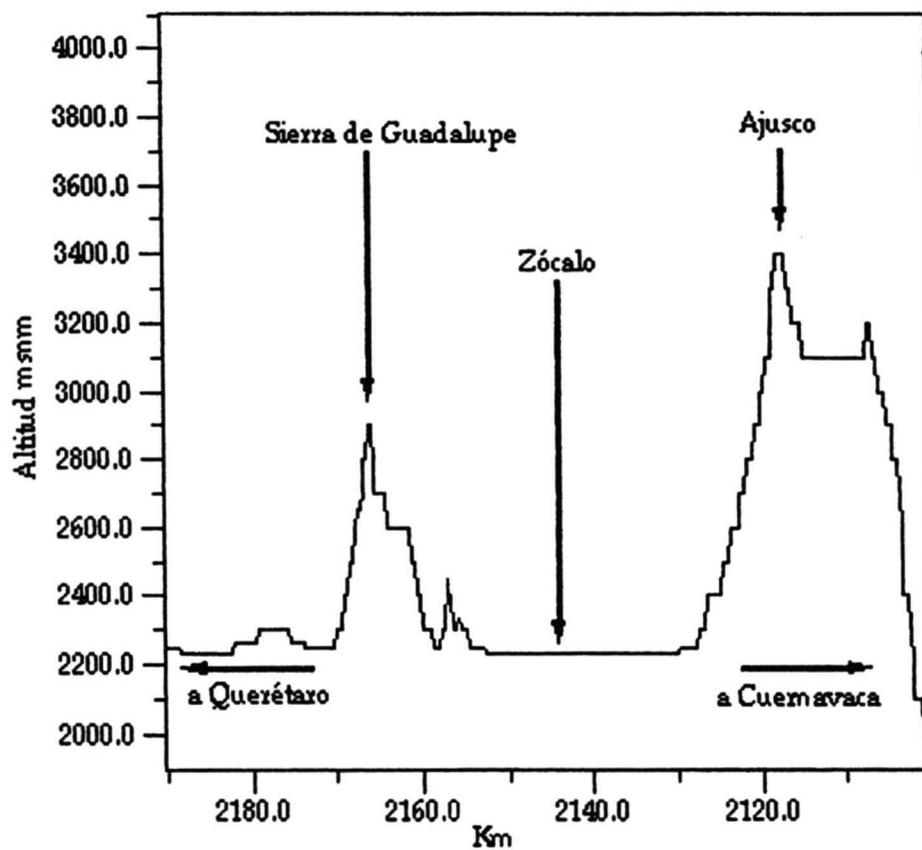


Figura 51. Perfil topográfico Norte-Sur de la Cuenca de México.



Figura 52. Expansión periférica en las faldas y alrededores de la sierra de Guadalupe, 1997.



Figura 53. Avance del tejido urbano sobre las laderas montañosas del AUCM. Cerro del Judío, 1997.



Figura 54. Crecimiento vertical en zonas de suelo costoso. Tecamachalco-Huixquilucan, 1997.



Figura 55. Departamentos de interés social para la clase media.
Huichapan, Xochimilco, 1997.

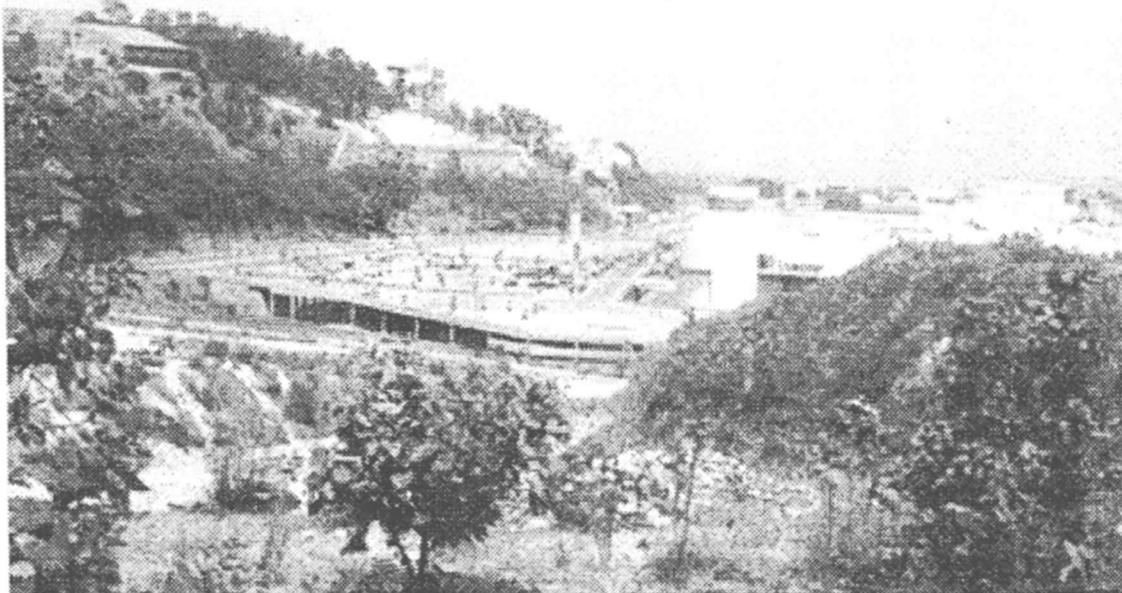


Figura 56. Centro comercial y condominios para familias de altos ingresos
en el redesarrollo urbano del antiguo tiradero de Santa Fé, 1997.



Figura 57. Urbanización de las laderas del poniente de la ciudad, 1997.



Figura 58. Convivencia espacial entre familias de altos y bajos ingresos en las laderas montañosas del poniente de la ciudad. Cerro del Judío, 1997.

ligeramente durante las dos décadas de estudio, llegando en 1993 a un 6.87% de la superficie del AUCM (cuadro 8).

	Sup. AUCM	Sup. AUCM < 2500 m	Sup. AUCM Km ²	Sup. AUCM < 2500 m.	Sup. AUCM Km ²
Año	Km ²	Km ²	UP 2500 m.	%	UP 2500 m. %
1973	717.5	706.6	10.9	98.48	1.52
1985	1068	1015.9	52.1	95.12	4.88
1993	1468	1367.2	100.8	93.13	6.87

Cuadro 8

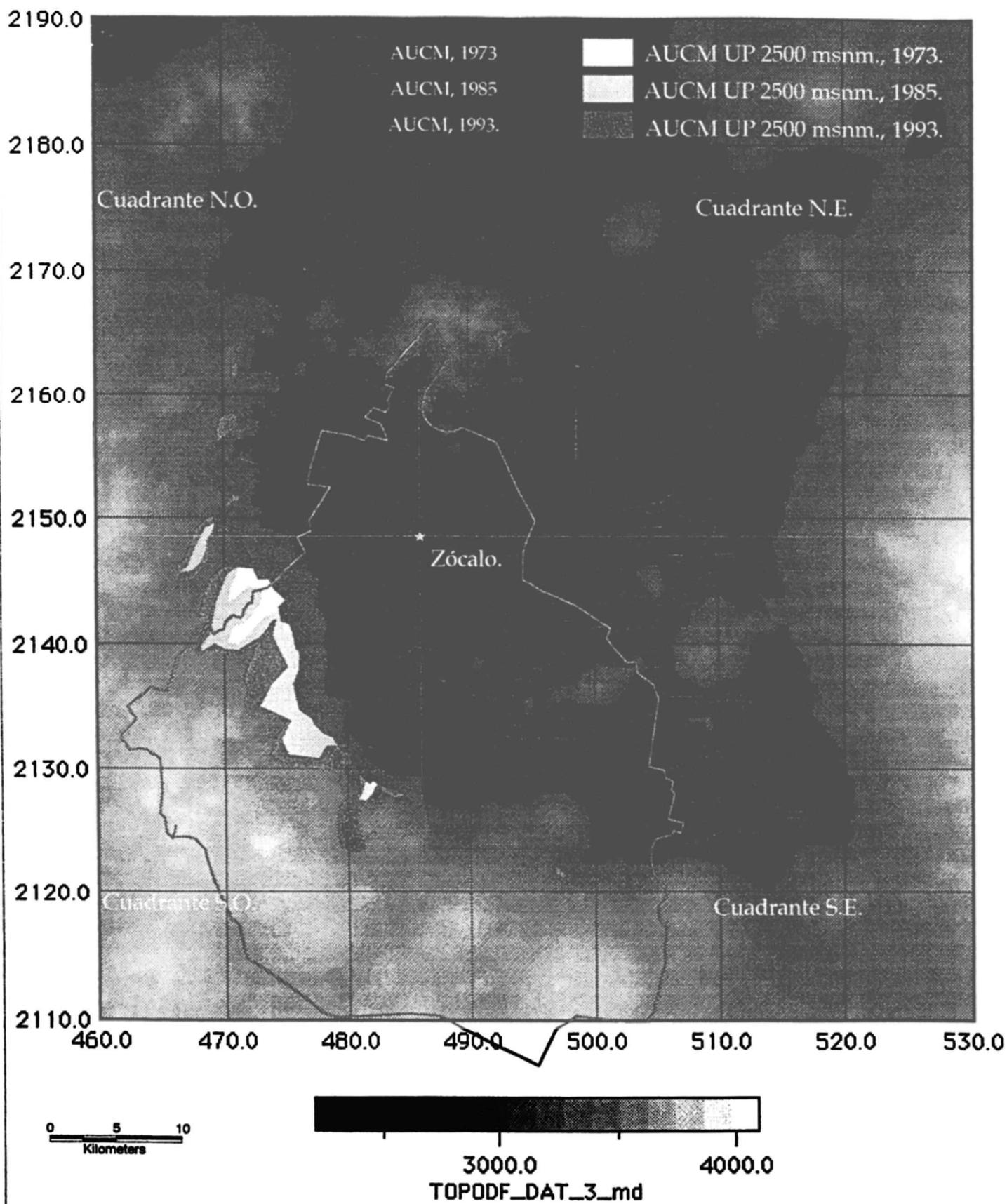
Dadas las magnitudes de la Ciudad de México en 1993, una urbanización de 100.8 Km² por encima de los 2,500 msnm. se antoja algo de poca monta, pero cuando pensamos que esta cantidad equivale a la superficie total que tenía la ciudad a mediados de la década de 1930-40, y que representa 1/3 de la superficie urbanizada en el cuadrante Sur-Oeste de la ciudad, entonces cambia nuestra percepción del fenómeno. Llama la atención que la tasa de expansión urbana por arriba de los 2,500 msnm. tuvo un ritmo de crecimiento de 11.77% anual, lo que significa que estuvo duplicando su tamaño cada cinco años. Situación alarmante en términos ecológicos, ya que esta urbanización se está realizando sobre los bosques donde se recargan el acuífero de la ciudad.

Cabe mencionar que el AUCM posee un rango altitudinal en su urbanización de 610 m., ya que su espacio construido continuo corre desde los 2240 msnm. en su parte más baja (Vía Tapo), hasta los 2850 msnm. en San Miguel Ajusco.

Relacionado con el tema, es notorio que en su crecimiento periférico el AUCM ha organizado sistemáticamente su retícula urbana siguiendo la retícula rural (figura 39). De hecho el tamaño de los predios urbanos (+/- 200 m.²) está relacionado con las subdivisiones de las parcelas. Del mismo modo los caminos rurales se convierten en calles y avenidas durante el proceso de

pendiente de apenas 5%; mientras que pendientes del 30% han sido capaces de detener o redireccionar la expansión urbana en los volcanes de Tláhuac. En contraste, incrementando los costos de construcción con terrazas, los colonos del Cerro del Judio han podido urbanizar pendientes del 40%. Pero, en este mismo lugar no han podido superar una pendiente del 120%; que en términos de construcción, obligaría a levantar primero una terraza de 6 m. de altura, antes de poder construir a nivel un cuarto de 5*5 m. (figura 53).

Figura 59. Topografía y expansión urbana del AUCM, 1973, 1985, 1993.



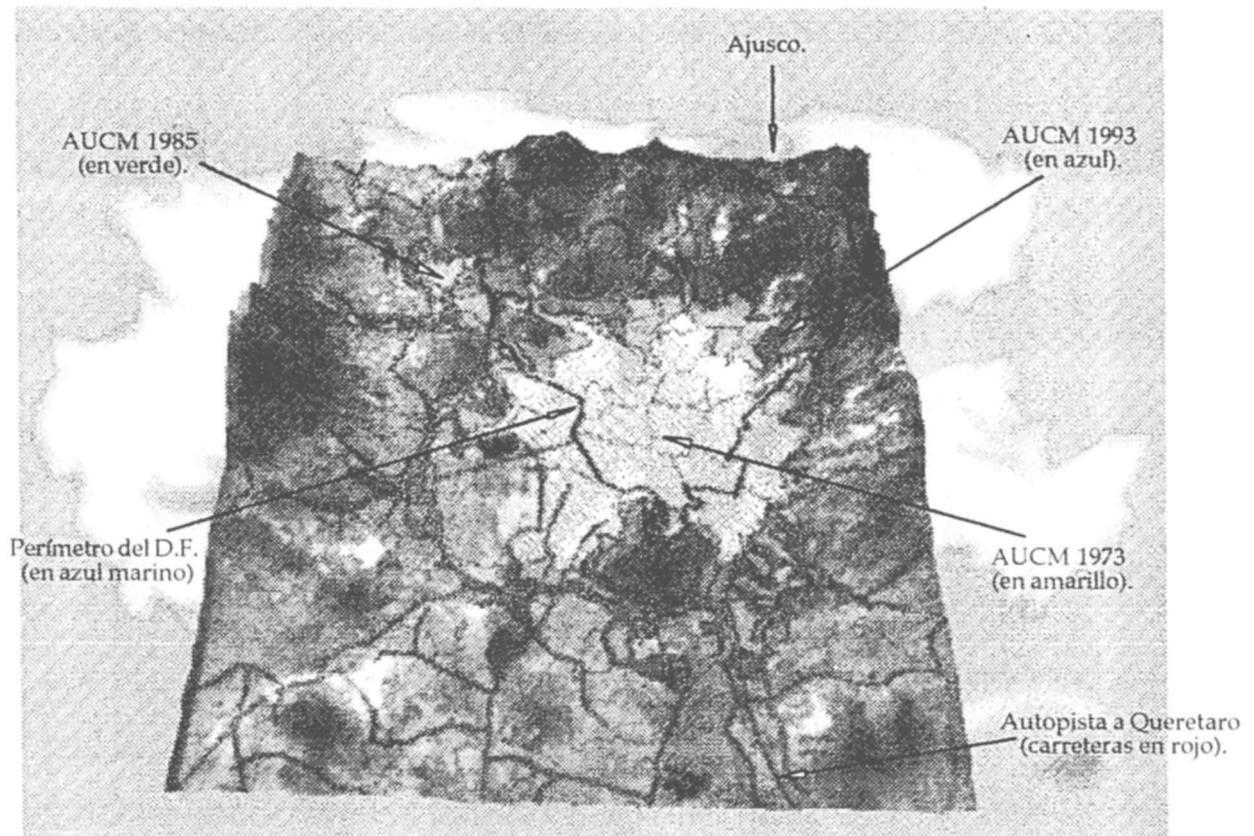


Figura 60. Crecimiento del AUCM en el contexto topográfico de la Cuenca de México.

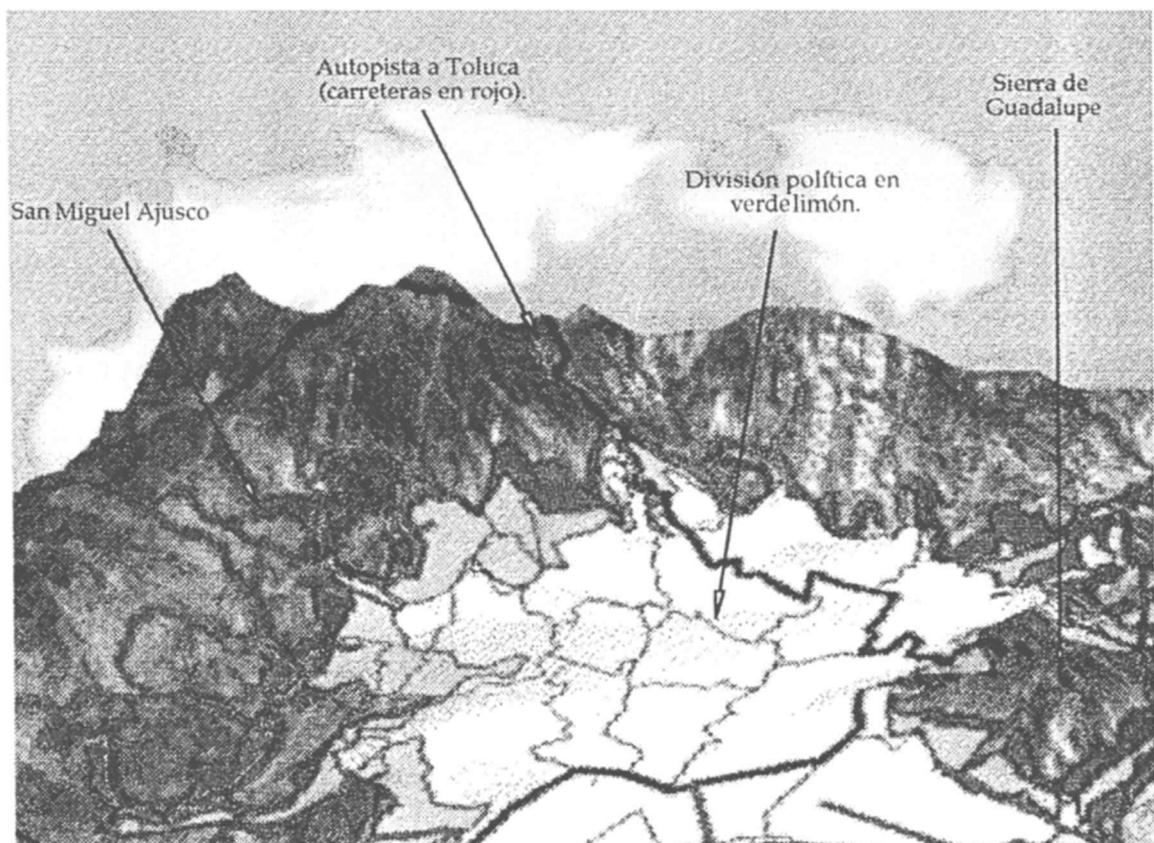


Figura 61. Crecimiento del AUCM sobre las laderas montañosas del poniente y sur de la ciudad.

expansión (figura 62). No obstante este fenómeno no es propio de la Ciudad de México y se ha observado regularmente en otras regiones del mundo.¹²⁹

4.2.5. Resultado 5: división política y patrones de expansión física.

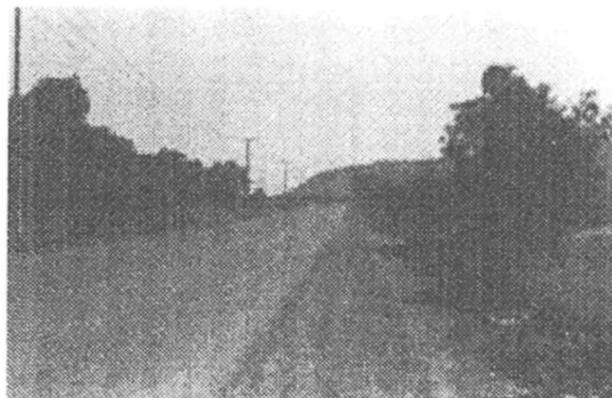
Aunque con diferentes niveles de consolidación urbana y densidad poblacional, en el año de 1973 el AUCM ya había alcanzado a 12 delegaciones del D.F. y 11 municipios de Estado de México.¹³⁰ Algunos con el 100% de su territorio urbanizado y otros con apenas desbordes más o menos continuos de urbanización. La morfología de la cubierta urbana nos muestra una ciudad más bien compacta que fue creciendo a través de un patrón lateral concéntrico. La expansión axial no es muy notoria, pero comienza a presentarse a lo largo de la autopista México-Queretaro y la carretera México-Toluca (figura 44).

Para 1985 la morfología de la planta urbana se afecta claramente por un proceso de expansión axial a lo largo de las principales vías de comunicación que conectan a la ciudad con su *hinterland*: autopista México-Queretaro, México-Puebla (libre y cuota), camino al Ajusco, Desierto de los Leones, Atizapan-Tlalnepantla, México-Texcoco, México-Pachuca, México-Pirámides, Avenida José López Portillo y México-Xochimilco-Tulyehualco (figura 45). Existe un fuerte proceso de *infilling* en los municipios de Ecatepec, Chimalhuacan, Naucalpan y Huixquilucan. Hacia el poniente la urbanización ha chocado contra la Sierra de las Cruces, que le impone una barrera física considerable, no obstante, el *sprawl* entra profundamente en las barrancas, al tiempo que se densifica la población en las faldas de la sierra. Entre insurgentes y el camino al Ajusco tenemos un proceso de *infilling* impulsado por fraccionamientos, centros comerciales y un parque de diversiones, enfocados para familias de altos ingresos, al mismo tiempo se da una expansión lateral hacia Pedregal de San Nicolas, Héroes de Padierna, Torres de Padierna y Lomas de Padierna, provocada por infiltraciones de familias de bajos ingresos. Actualmente se puede observar en esta zona un

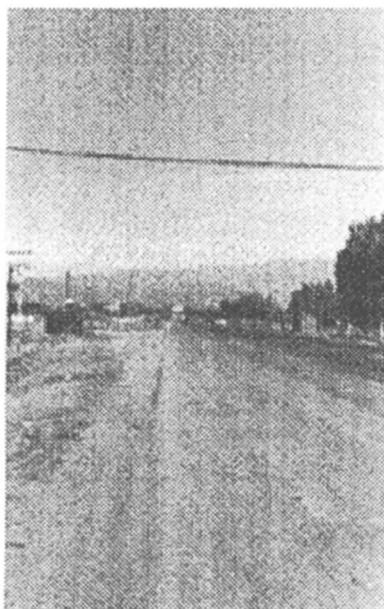
¹²⁹Spiro Kostof, *The City Shape: Urban Patterns and Meanings Through History*. 1991.

¹³⁰D.F. (Tlalpan, Coyoacán, Cuajimalpa, Iztapalapa, Benito Juárez, Alvaro Obregón, Iztacalco, Venustiano Carranza, Cuauhtemoc, Miguel Hidalgo, Azcapotzalco y Gustavo A. Madero); Estado de México (Tlalnepantla, Atenco, Atizapan, Ecatepec, Tultitlán, Cuautitlán Izcalli, La Paz, Huixquilucan, Chimalhuacan, Nezahualcóyotl y Naucalpan).

Figura 62. Conversión de caminos rurales a urbanos en diferentes etapas de transición. Perifería oriental, 1998.



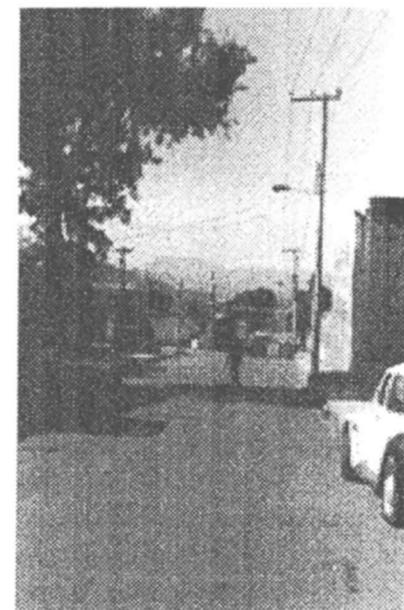
Carretera Rural



Expansión axial a las orillas del camino.



Consolidación urbana de los predios axiales.



Consolidación urbana y densificación de los predios axiales.

proceso de inmobiliario, en el que familias de altos ingresos compran sus terrenos a algunas familias de bajos ingresos, principalmente a lo largo del boulevard Picacho-Ajusco. En este periodo se observa también la anexión del valle de Chalco al AUCM. A diferencia del crecimiento lateral concéntrico, en este caso fue Chalco el que creció hacia el área urbana como un fenómeno de ciudad dormitorio. Para estas fechas la mancha urbana se expande sobre las 16 delegaciones del Distrito Federal y 17 municipios del Estado de México.¹³¹

Para 1993 el AUCM siguió creciendo de forma axial, sin embargo, el *infilling* y la expansión lateral comienzan a dominar nuevamente, lo que sin duda llevará a que en el futuro la morfología de área urbana se vuelva a compactar (figura 46). Cabe notar la anexión definitiva de Texcoco a la urbanización continua, con un proceso combinado de crecimiento axial y ciudad dormitorio. Hacia el poniente, la Sierra de las Cruces ha impuesto una barrera topográfica eficiente a la urbanización horizontal, elevando sus costos, lo que está provocando un crecimiento vertical de la planta urbana (Figura 63). En la Sierra del Ajusco o Chichinautzin comenzamos a notar un fenómeno parecido, pero más incipiente, debido a que todavía existen terrenos con posibilidades de urbanizarse horizontalmente a pesar de los controles burocráticos. En 1993 el AUCM se extendía sobre todas las delegaciones del Distrito Federal y tocaba 27 municipios del Estado de México,¹³² siendo una de las manchas urbanas continuas más grandes del orbe.

4.3. Patrones de densidad.

En el Distrito Federal, una parte sustancial del aumento en la población está siendo absorbida por el uso más intensivo de los terrenos existentes. Este fenómeno se presenta cuando, una vez ocupados todos los terrenos en un asentamiento, se inicia un proceso de densificación, ya que los habitantes más jóvenes empiezan a tener hijos. Estas nuevas familias son acomodadas en edificios departamentales construidos por pequeños especuladores inmobiliarios o dentro de los terrenos de los padres, en las viviendas ya

¹³¹Al D.F. se agregan: Magdalena Contreras, Milpa Alta, Tlahuac y Xochimilco. Al Estado de México se añaden: Chalco, Chicoloapan, Coacalco, Cocotitlan. Cuautitlan e Ixtapaluca.

¹³²Se añaden los municipios de Nicolás Romero, Tezoyuca, Acolman, Temamatla, Texcoco, Chinconcuac, Tecamac, Tultepec, Melchor Ocampo, y Nextlalpan.



Figura 63. Proceso de ocupación de baldíos, *infilling*, Interlomas-Lomas de Tecamachalco, 1997.

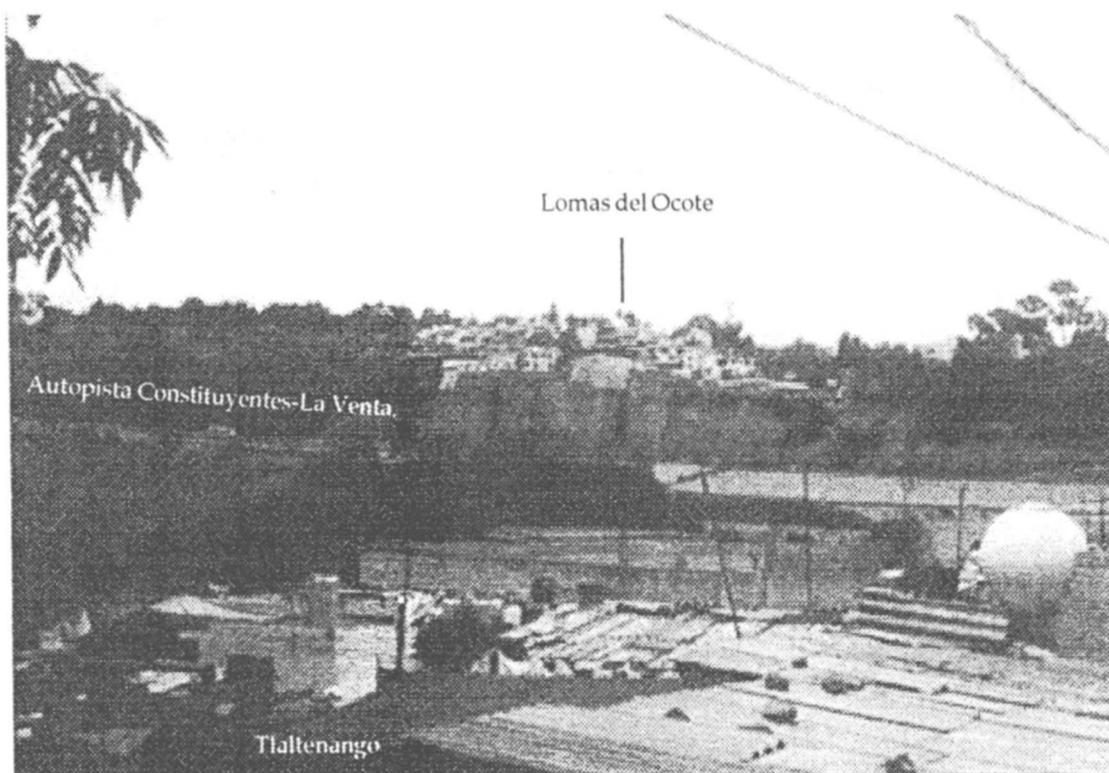


Figura 64. Segregación espacial. Nótese como la autopista Constituyentes-La Venta-La Marquesa marca una frontera entre una colonia de altos ingresos (Lomas del Ocote) y una de bajos (Tlaltenango).

existentes o levantando nuevos cuartos.¹³³ Este proceso influye de forma considerable en las densidades de población de la ciudad.

Hasta principios de la década de 1950, las densidades de la población en la Ciudad de México correspondían a la distribución normal de curva de campana. Las densidades eran altas en el centro de la ciudad y disminuían en la parte externa. Sin embargo, estas densidades y la naturaleza de la curva han cambiado de manera importante desde entonces. En particular ha habido una importante diferencia entre los cambios de densidad experimentados en el Distrito Federal y en el Estado de México. En el primero, las densidades promedio aumentaron en forma constante de 12,700 a 17,200 hab/Km², entre 1960 y 1981. En el Estado de México, donde los asentamientos recientes llevaron a densidades mucho más bajas que éstas, también han fluctuado: aumentado de 2,300 hab/Km² en 1960 a 13,500 en 1975, pero disminuyendo a 12,100 y 11,200 hab/Km² en 1981 y 1983, respectivamente.¹³⁴ Otro cambio importante es que la parte superior de la curva de campana comenzó a desplomarse al bajar las densidades en la zona centro de 80,000 a 55,000 hab/Km² de 1940 a 1970. Esto se debió a la disminución absoluta en oportunidades de vivienda barata y a la baja rentabilidad de las inversiones en vivienda en esta zona desde la década de 1940, que junto con una producción general de asentamientos irregulares llevó a la rápida expansión del área construida, ya que muchas personas dejaron de alquilar viviendas para convertirse en propietarios ilegales. Estas densidades se han reducido todavía más como resultado del daño producido en el centro por el terremoto de 1985, esto a pesar de la intensiva reconstrucción y el redesarrollo de viviendas *in situ* que se realizó.¹³⁵ María Eugenia Negrete ha estudiado este problema a fondo, y ha encontrado que la densidad total de la ciudad de México ha ido en descenso de 1970 a 1990, con una baja equivalente al 33% (en donde antes había 4 habitantes, ahora sólo hay 2). Del mismo modo las delegaciones centrales han llegado a densidades de entre 16,000 a 20,000 hab/Km², mientras que en las áreas más periféricas la densidad fluctúa entre

¹³³Lomnitz, *Networks and marginality*, 1977.

¹³⁴Connolly, "Crecimiento urbano, densidad de población y mercado inmobiliario", 1988.

¹³⁵*Idem*.

los 1,000 a 8,000 hab/Km.²¹³⁶ En este mismo trabajo la autora hace notar que las causas más plausibles de tal fenómeno pueden asociarse con: 1) un desplazamiento de los usos de suelo residenciales, en el área consolidada, por usos comerciales o de otra índole; 2) cambios económico culturales donde las familias prefieren espacios propios y más amplios; 3) una reducción del tamaño de las familias.¹³⁷

4.4. Patrones de segregación espacial.

Dada la baja resolución de las imágenes de satélite con que conté, no me es posible realizar inferencias válidas sobre este aspecto utilizando la percepción remota. Sin embargo, en mis recorridos de campo me fue posible corroborar la existencia de ciertos patrones de segregación espacial detectados anteriormente por otros autores.¹³⁸ Las crisis que ha afrontado el país en la últimas dos décadas, ha llevado a que muchas familias de bajos ingresos se movilen constantemente en busca de menores rentas, o bien hayan ocupado predios ilegalmente. Durante su expansión urbana la Ciudad de México ha conservado más o menos los patrones de segregación espacial impuestos por la primera ola de crecimiento urbano del porfiriato: en el sur y occidente los más adinerados, y en el norte y oriente los de menores ingresos. Las tierras salitrosas y mal drenadas de la parte oriental del lago de Texcoco eran indeseables para las clases medias, por lo que fueron ocupadas por familias pobres en condiciones de urbanización muy deficientes. Lo mismo sucedió con las áreas aledañas a las zonas industriales del noreste y noroeste de la ciudad. Estos dos factores determinaron que el extremo más barato del espectro del mercado de bienes raíces fuera hacia el oriente y el norte, marcando claramente áreas de diferenciación social.¹³⁹

¹³⁶Negrete, "Dinámica demográfica y densidad poblacional en la zona metropolitana del valle de México", 1994.

¹³⁷*Idem.*

¹³⁸Ward, *op. cit.*, 1991 y 1989; Gilbert, *op. cit.*, 1989; Messmacher, *México: Megalópolis. Evolución y dinámica de los municipios conurbados de la Ciudad de México*, 1987; Conolly, *op. cit.*, 1982.

¹³⁹Por supuesto que se han presentado varias infiltraciones en uno u otro sentido: siendo muy notorias las invasiones de paracaidistas en las tierras ejidales del sur de la ciudad

Mientras que las clases pobres continúan expandiéndose al oriente de la ciudad, los grupos de mayores ingresos crean nuevas áreas de exclusividad hacia el occidente, en las cuales se exhiben símbolos de riqueza. El deseo de contar con zonas claramente definidas y protegidas contra la llegada de otros grupos ha producido el surgimiento de sectores de cuña, que siguen los contornos de la tierra y utilizan barreras naturales como divisiones (figura 64). Algunas zonas residenciales elitistas se crearon también con la remodelación y repoblación de los antiguos pueblos que rodeaban a la ciudad, principalmente San Angel y Tlalpan. Por su parte, antiguas áreas exclusivas de las élites han perdido ligeramente su rentabilidad en el mercado debido a la infiltración de grupos de ingresos medios en residencias y terrenos dejados por sus antecesores más ricos, quienes se han mudado a zonas más exclusivas en los desarrollos en Santa Fé y Tecamachalco.

4.5 Estructura interna.

Al ampliarse la ciudad en tamaño y amplitud sus funciones han evolucionado creando una variedad de áreas espacialmente descentralizadas dentro del área metropolitana. Por consiguiente, la mayoría de la población ya no acude al viejo núcleo histórico de la ciudad para obtener servicios y satisfacer sus necesidades cotidianas. En lugar de ello, se dirige a los subcentros locales más cercanos, que en muchas ocasiones son los antiguos centros comerciales de las ciudades periféricas absorbidas por el crecimiento: Tacuba, Azcapotzalco, Tacubaya, Tlalnepantla, Tepeyac, Tepetzotlán, Coacalco, Chinconcuac, Mixcoac, Iztapalapa, Coyoacan, San Angel, Ecatepec, Contreras, Tlalpan, Xochimilco, Chalco y Milpa Alta. En otros casos, estos centros urbanos metropolitanos fueron creados *ex profeso* para servir ciertas áreas donde no existían: Nezahualcóyotl y Pantitlan.¹⁴⁰

Entre 1960 y finales de la década de 1980, hubo un movimiento general de los establecimientos industriales del centro hacia las periferias,¹⁴¹ permaneciendo en el centro de la ciudad las actividades que requieren menos

durante la década de 1970; así como el establecimiento de algunas colonias de altos ingresos en el Naucalpan.

¹⁴⁰Messmacher, *op. cit.*, 1991.

¹⁴¹Garza, *Ciudad de México: dinámica económica y factores locacionales*, 1978; Unikel y Lavell, "El problema urbano regional en México", 1979.

espacio: alimentos, bebidas, calzado, ediciones, etc. Mientras que en un anillo intermedio se concentran bienes de capital y artículos de consumo no perecedero con requerimientos variables espacio. Finalmente, en el anillo urbano periférico se han alojado las actividades que necesitan más espacio y cubre una amplia gama de producción industrial (Figuras 65 y 66).¹⁴²

La distribución espacial de los servicios y las funciones industriales imponen el patrón de viajes cotidianos para muchos (más del 50% de todos los viajes diarios). En segundo lugar están los viajes a la escuela (35%). Y finalmente, los viajes de compras y recreacionales (8%).¹⁴³ Los servicios de autobuses urbanos y suburbanos en conjunto han sido el medio más importantes que utiliza la población para su transportación; sin embargo, el Metro es si duda el transporte troncal de la ciudad.¹⁴⁴ Ante el vacío de rutas dejado por la municipalización de los autobuses urbanos del D.F. en 1981, tomaron fuerza las famosas "peseras", que año con año adquieren un papel más protagónico en los sistemas de transporte colectivo de la ciudad. Por cierto que la magnitud espacial de la ciudad ha incrementado el tiempo de viaje de un punto a otro de la ciudad (52 minutos promedio), tornándolo cada vez más difícil en la horas pico, por lo que la gente ha reducido sus actividades a un sólo sector de la ciudad.¹⁴⁵ En 1993, el radio promedio del zócalo a la frontera urbana rural era de 26.2 Km., por lo que en promedio para atravesar la ciudad entre 2 puntos opuestos de la periferia se deben viajar 52.4 Km.¹⁴⁶

Además de las funciones de servicio que proporcionan los viejos núcleos de población y otros centros metropolitanos, se han establecido enormes centros comerciales a lo largo del periférico en sus secciones norte, sur y oeste, así como en Miramontes, Inter-lomas y Santa Fé, la mayoría de

¹⁴²Villegas, "Zona metropolitana de la Ciudad de México: localización y estructura de la actividad industrial", 1988.

¹⁴³Lizt Mendoza, "Respuestas del transporte urbano en las zonas marginadas", 1988.

¹⁴⁴Dominguez, "Sistema de transporte colectivo: el Metro", 1987.

¹⁴⁵Lizt, *op. cit.*, 1988.

¹⁴⁶Este valor se obtuvo con base en 8 mediciones, siguiendo los ejes marcados por la rosa de los vientos: Norte (30 Km.), Nor-Oeste (29 Km.), Oeste (18.7 Km.), Sur-Oeste (19.9), Sur (20 Km.), Sur-Este (38 Km.), Este (25 Km.), Nor-Este (29 Km.).



**Figura 65. Actividades con amplios
requerimientos de espacio.
Tultitlán, 1988.**



**Figura 66. Actividades con amplios
requerimientos de espacio. Vía José
López Portillo, 1988.**

ellos diseñados casi exclusivamente para el transporte privado y enfocados a servir a las clases de altos y medianos ingresos.

4.6. Impacto del crecimiento urbano sobre los suelos.

Nuevamente debido a las limitaciones impuestas por la resolución de mis imágenes, resulta difícil realizar algún tipo de valoración cuantitativa o cualitativa sobre el tipo de suelos que se perdieron con el crecimiento urbano, si bien se pueden hacer algunos comentarios generales. Lo primero que salta a la vista es que en su rápido crecimiento, la ciudad de México ha devorado los pueblos satélites de la antigua capital, convirtiéndose de manera explosiva en una inmensa megalópolis que transforma irremediamente los ecosistemas inmediatos a ella. Las cadenas montañosas al sur y al oeste de la cuenca, hasta hace unos veinte años poco afectadas por el crecimiento de la ciudad, sufren ya las consecuencias de este desordenado desarrollo urbano. Así, entre 1950 a 1980 el espacio construido se edificó sobre suelos agrícolas de alto valor productivo, lo que ha agregado un costo adicional al crecimiento de la ciudad: más de 500 Km.² de buenos suelos agrícolas se perdieron durante esas tres décadas y continúan perdiéndose hoy día. Adicionalmente, los nuevos desarrollos urbanos que no ocupan suelos agrícolas han sido creados sobre las laderas de la cuenca, sin tomar previsiones adecuadas en relación con el problema de la escorrentía y de la erosión hídrica que generan la tala y la construcción en áreas de fuerte pendiente. Como consecuencia, las avenidas de agua y la erosión del suelo han aumentado significativamente.¹⁴⁷

Como hemos visto, al crecer la mancha urbana más rápido que la población, las densidades poblacionales han tendido a disminuir y se esperaría que las menores densidades generaran una mayor disponibilidad de áreas verdes dentro de la ciudad. Sin embargo, no es así. La expansión de las áreas urbanas no mantuvo el viejo estilo de desarrollo de la "ciudad jardín". Al contrario, las nuevas urbanizaciones muestran una gran heterogeneidad, según el nivel de ingreso de los grupos sociales que las habitan, pero en general son pobremente planeadas e incluyen pocos espacios verdes. La distribución de las áreas verdes, como la distribución de la riqueza, es muy desigual y varía considerablemente de una parte a otra de la ciudad. Aunque

¹⁴⁷Galindo y Morales. "El relieve y los asentamientos humanos en la Ciudad de México", 1987.

algunos sectores tienen más de 10 m² de áreas verdes por habitantes, la mayoría tiene mucho menos, tal es el caso de Azcapotzalco con 0.9 m² de áreas verdes por habitante.¹⁴⁸ La proporción de todos los espacios verdes dentro del trazo urbano está disminuyendo, pero el fenómeno ocurre a tasas variables. Los terrenos agropastoriles, antiguamente muy importantes dentro de la ciudad, como granjas lecheras y milpas, se han extinguido rápidamente hasta ser casi inexistentes en la actualidad. La mayor parte de este espacio ha sido ocupado por industrias y complejos habitacionales. De la misma forma, los parques y espacios públicos están sufriendo disminuciones importantes, al transformarse muchos de ellos en áreas pavimentadas para aliviar el tráfico vehicular de la ciudad.¹⁴⁹

4. 7. Límites al crecimiento físico. Conclusión.

A lo largo de los cuatro capítulos que conforma esta tesis, he intentado dar un panorama general sobre los factores causales del crecimiento horizontal de las ciudades y cómo es posible medir esta dinámica a través de los sensores remotos. Hemos visto que la técnica de percepción remota es un aliado potente en el monitoreo y medición de un fenómeno tan dinámico como es el crecimiento de la periferia urbana, si bien tiene limitaciones que ya se han mencionado. Una vez revisados los conceptos económicos fundamentales de los patrones de crecimiento horizontal en un contexto de libre mercado (capítulos I), se pasó al capítulo II, donde realizó un rápido recorrido por la historia de la expansión física de la ciudad, detectando algunas convergencias y divergencias entre el caso práctico y la teoría. Como una primera conclusión de estos dos capítulos se hace una llamada de atención sobre la imposibilidad de realizar aplicaciones mecánicas de los modelos teóricos a casos concretos donde intervienen, además de consideraciones económicas, factores de orden político.

En el capítulo III se presentó la técnica de medición utilizada en este trabajo, con base en la cual se llegaron a todos los resultados presentados en el capítulo IV. Observamos cómo de tasas de expansión pequeñas (1521-1900), se ha pasado a ritmos explosivos de crecimiento, alcanzando en algunos

¹⁴⁸Barradas y J-Seres, "Los pulmones urbanos", *Ciencia y Desarrollo* 79, 1987:61-72.

¹⁴⁹Lavín, *Cambios en las áreas verdes de la zona metropolitana de la Ciudad de México de 1940 a 1980*, 1983.

momentos tasas superiores al 9% anual (1960-1970). Y aunque ha habido una disminución considerable en el ritmo de expansión (3.64% anual, 1973-1993), los crecimientos absolutos continúan por encima de los 300 Km.² cada década.

Un asunto que aún debe resolverse es ¿hacia dónde se expandirá el AUCM en las próximas décadas? Realmente ya no hay muchas opciones, el terreno libre hacia el poniente de la ciudad prácticamente se ha terminado, por lo que en esos cuadrantes lo único que podemos esperar es una redensificación del espacio. Hacia el Ajusco también presenciaremos una disminución en la dinámica de expansión horizontal, y no precisamente por las medidas de protección ecológica del D.D.F., si no por que los costos de urbanización se incrementan rápidamente en cuanto asciende la cota altimétrica. Llegará un momento en que la propia pendiente marcará los límites al crecimiento en esta zona. Definitivamente la expansión seguirá las líneas de mínimo esfuerzo que posean además una infraestructura carretera más o menos adecuada. Estos requisitos los cumplen la parte norte de la Cuenca de México, así como el oriente y sureste de la misma. Es notorio que en el lapso de unos pocos años el AUCM incorporará la zona de Amecameca a su tejido urbano. Podemos esperar también una expansión sobre los terrenos de cultivo de los poblados orientales de la cuenca: de Ayotla, Coatepec, Huexotla y Chiautla (figuras 67 y 68). Sin embargo, llegará un momento en el cual el tejido urbano tope, en estos cuadrantes, con el límite físico de la Sierra Nevada (Parque Nacional Zoquiapan). La única ruta libre entonces es hacia el norte: Tepeji del Río, Pachuca, Tulancingo y los Llanos de Apan. Analizando fríamente la situación, la Ciudad de México tiene aún mucho espacio sobre el cual extenderse y ese no es su problema. El problema es si estamos dispuestos a pagar el costo de este crecimiento: costos creados por las deseconomías de escala, producto de una ciudad muy extensa y congestionada. Pero sobre todo el costo ecológico de continuar perdiendo grandes áreas de suelo agrícola y forestal.

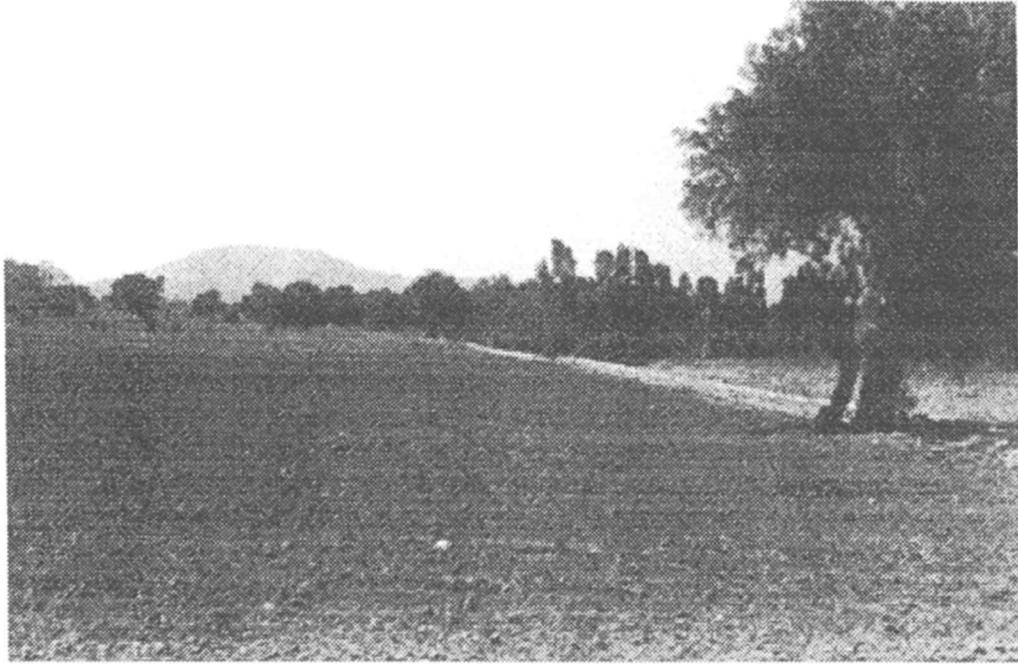


Figura 67. Tierras agrícolas del pueblo de Santa Rosa, al oriente del AUCM, 1988. Nótese que estas tierras sirven de reserva para el crecimiento futuro de la mancha urbana.



Figura 68. Tierras agrícolas del pueblo de Coatepec, al oriente del AUCM, 1988. Nótese el límite físico que impondrá la Sierra Nevada a la expansión urbana de la ciudad.

Bibliografía.

Bibliografía.

ADENIYI, P.O.

1987 "Using remotely sensed data for census survey and population estimation in developing countries: examples from Nigeria", *Geocarto Internacional*, vol. 2, pp. 11-32.

ALONSO, W.

1964 "The Historic and Structural Theories of Urban Form: Their Implications for Urban Renewal", *Land Economics*, 40 (2), Mayo.

ALVAREZ, J. R. (coord.)

1985 *Imagén de la Gran Capital*, Enciclopedia de México, México.

ANÓNIMO.

1941 *El Conquistador Anónimo, relación de algunas cosas de la Nueva España y de la gran ciudad de Temestitán México, escrita por un compañero de Hernan Cortés*. México, ed. América.

ATKINSON, P., CUSHNIE, J.L; TOWNSHED, J.G.R; y WILSON, A.

1985 "Improving Thematic Mapper land cover classification using filtered data", *International Journal of Remote Sensing*, vol. 6, pp. 955-961.

BANZO, M. Y LINCK, T.

1996 "Mexico ou la Région Centre", *Periferias urbanas, Trace* 29, Junio.

BARRADAS, V. y J-SERES, R.

1987 "Los pulmones urbanos", *Ciencia y Desarrollo* 79, pp. 61-72.

BEST, R. H. y CHAMPION, A. G.

1970 "Regional conversion of agricultural land to urban use in England and Wales, 194-1967", *Transactions of the Institute of British Geographers* 49, U.K.

BIRD, A. C.

1990 "Principles of Remote Sensing: Electromagnetic Radiation, Reflectance and Emissivity", *Remote Sensing and Geographical Information Systems for Resource Management in Developing Countries*, ed. Alan S. Belward and Carlos R. Valenzuela, Kluwer Academic Publisher, Netherlands, pp 1-15.

BOURNE, L. S.

1967 *Private Redevelopment of the Central City*, University of Chicago, Department of Geography Research Paper No. 112, Chicago.

BURBY, R. J.

1962 *Lake-oriented Subdivision in North Carolina: Decision Factors and Policy Implications for Urban Growth Patterns*, Center for Urban and Regional .Studies,

Institute for Research in Social Science, University of North Carolina, Chapel Hill.

BURROUGH, P.A.

1986 *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*, Oxford, Clarendon Press.

CAMPBELL, A. K. y BURKHEAD, J.

1968 "Public Policy for Urban America", *Issues in Urban Economics*, Perloff H. S. y Wingo L. (eds.), Johns Hopkins, Baltimore.

CAMPOSORTEGA, C. S.

1992 "Evolución y tendencias demográficas de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México", *La Zona Metropolitana de la Ciudad de México: problemática actual y perspectivas demográficas urbanas*, pp. 3-16, CONAPO, México.

CARTER, H.

1981 *The Study of Urban Geography*, Edward Arnold, Suffolk, U.K.

1983 *An Introduction to Urban Historical Geography*, Ed. Edward Arnold Baltimore, Maryland.

CHAPIN, F. S. y WEISS, S. F.

1962 *Urban Growth Dynamics*, (eds.), Wiley, New York.

CHÁVEZ, P. S. y KWARTEN, A. Y.

1989 "Extracting Spectral Contrast in Landsat Thematic Mapper Image Data Using Selective Principal Component Analysis", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.*, vol. 55, pp. 339-348.

CHUVIECO, E.

1985 *Aplicaciones del tratamiento digital de imágenes Landsat a la cartografía de ocupación del suelo*, Facultad de Geografía e Historia de la Universidad Complutense, Madrid.

1990 *Fundamentos de teledetección espacial*, Ed. Rialp, Madrid.

CLAWSON, M.

1962 "Urban sprawl and speculation in suburban land", *Land Economics* 38 (2), Mayo.

COCKCROFT, J.D.

1983 *México. Class formation, capital accumulation and the state*, Monthly Review Press, New York.

CONNOLLY, Priscilla

1982 "Uncontrolled Settlements and Self-build: What Kind of Solution? The Mexico City Case." *Self-help Housing: A Critique*, Peter Ward (ed.), London: Mansell.

1988 "Crecimiento urbano, densidad de población y mercado inmobiliario", *Revista A* (25), pp. 61-85.

D.D.F.

1975 *Memorias de las obras del sistema de drenaje profundo del Distrito Federal*, ed. Roberto Ríos Elizondo, Talleres Gráficos de la Nación, México.

DELGADO, J.

1988 "El patrón de ocupación territorial de la Ciudad de México al año 2000", *Estructura territorial de la Ciudad de México*, O. Terrazas y E. Preciat (comps), pp. 101-141, Plaza y Janes-DDF, México.

DIAZ DEL CASTILLO, B.

1986 *Historia verdadera de la conquista de la Nueva España*, ed. Porrúa, Sepan Cuantos, #5, México.

DIETRICH, D.L. y H.M. LACHOWSKI

1978 "Identification and Delineation of Urbanized Areas Using Landsat Data", *Proc. 12th Inter. Symp. on Remote Sensing, Ann Arbor*, pp. 1083-1090.

DICKINSON, R. E.

1951 "Regional relations of the city", Hatt, P.K., and Reiss, A.J. (eds.), *Cities and Society*, Free Press, Glencoe, pp. 260-273.

DOMÍNGUEZ, L.

1987 "Sistema de transporte colectivo: el Metro", *El Atlas de la Ciudad de México*, G. Garza (comp.), pp. 198-201, DDF-El COLMEX, México.

DURAN, Diego

1984 *Historia de Las Indias de Nueva España y Islas de Tierra Firme*, ed. Porrúa, 2 vols, México.

ESTES, J. E. y SIMONETT, D. S.

1975 "Fundamentals of image interpretation", *Manual of Remote Sensing*, R.G. Reeves (ed.), pp. 869-1076, American Society of Photogrammetry, Falls Church.

EZCURRA, Exequiel

1995 *De las Chinampas a la Megalópolis. El medio ambiente de la cuenca de México*. F.C.E., La ciencia desde México, núm. 91, México.

FIREY, W.

1951 "Ecological considerations in planning for urban fringes", en Hatt, P.K. y Reiss, A.J. (eds.), *Cities and Society*, Free Press, Glencoe, pp. 791-804.

GALINDO, G. y MORALES, J.

1987 "El relieve y los asentamientos humanos en la Ciudad de México". *Ciencia y Desarrollo* 76, pp. 67-80.

GARZA, Gustavo

1978 *Ciudad de México: dinámica económica y factores locacionales*, Temas de la Ciudad, México.

1985 *El proceso de industrialización en la ciudad. de México: 1821-1970*. COLMEX, México.

GARZA, G. y SCHTEINGART, M.

1978a "México City: the Emerging Megalopolis", *Metropolitan Latin America: the Challenge and the Response. Latin American Urban Research*, v. 6. Cornelius y Kemper (ed.), SAGE Publications, Londres.

1978b *La acción habitacional del estado mexicano*, El Colegio de México, México.

GILBERT, A. y VARLEY, A.

1989 "From renting to self-help ownership? Residential Tenure in urban Mexico since 1940". *Housing and Land in Urban Mexico*, Alan Gilbert (ed.), Center for U.S.-Mexican Studies, University of California, San Diego.

GIRAULT RAMOS, M.

1971 *Distribución de población en el valle de México*, Taller de Litografía Universo, México.

GOODALL, B.

1970 "Some effects of legislation on land values", *Regional Studies* 4(1).

1974 *The Economics of Urban Areas*, Pergamon Press, Great Britain.

GOTTMANN, J.

1957 "Megalopolis or the urbanization of the Northeastern Seaboard", *Economic Geography*, Vol. 33, No. 33, Julio, pp. 189-200.

1961 *Megalópolis*, The Twentieth Century Fund, New York.

GOVELA, Alfonso

1984 *Análisis de la transformación físico-espacial de las colonias populares en la Ciudad de México*. Dirección General de Planificación, D.D.F.

GUERRERO, G., MORENO A. y GARDUÑO H.

1982 *El sistema hidráulico del Distrito Federal*, DDF, DGCOH, México.

- HALL, D. K. y MARTINEC J.
1985 *Remote sensing of ice and snow*, Chapman and Hall, Londres.
- HANSEN, R.
1974 *The politics of Mexican development*, Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- HARRIS, B.
1967 "The city of the future: the problem of optimal design", *Regional Science Association Paper* 19, 185-195.
- HARRIS, R.
1987 *Satellite Remote Sensing. An Introduction*, Routledge Kegan Paul, Londres.
- HARVEY, R.O. y CLARK, W. A. V.
1965 "The nature of economics of urban sprawl", *Land Economics* 41 (1), Febrero.
- HIERNAUX, N. D.
1992 "Cambios económicos y reordenamiento territorial de la Ciudad de México: algunos comentarios", *La Zona Metropolitana de la Ciudad de México: problemática actual y perspectivas demográficas urbanas*, pp. 71-75, CONAPO, México.
- HIRSH, W.Z.
1977 *Análisis de economía urbana*, Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid.
- HUMBOLDT, A.
1984 *Ensayo político sobre el reino de la Nueva España*. Ed. Porrúa, Colección Sepan cuantos, núm. 39. México.
- HYATT, E.
1988 *Keyguide to Information Sources in Remote Sensing*, Mansell, Londres.
- JÁUREGUI, E.
1971 "La erosión en los suelos vecinos al Lago de Texcoco", *Revista de Ingeniería Hidráulica* XXV, pp. 103-118.

1983 "Variaciones de largo periodo de la visibilidad en la Ciudad de México", *Geofísica Internacional* 22-23, pp. 251-275.
- JENSEN, J.R. y TOLL D.L.
1982 "Detecting residential land-use development at the urban fringe", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.*, vol. 48, pp. 629-643.
- KAISER, E. J.

1968 "Locational decision factors in a producer model of residencial development", *Land Economics* 44 (3), Agosto.

KINGSGLEY, D.

1955 "The Origin and Growth of Urbanization in the World", *The American Journal of Sociology*, Vol. LX (5), Marzo, pp. 427-45.

KNOX, P.

1994 *Urbanization: An introduction to Urban Geography*. Prentice Hall, New Jersey.

KOSTOF, S.

1991 *The City Shape: Urban Patterns and Meanings Through History*. Bulfinch Press Book.

LAVÍN, M.

1983 *Cambios en las áreas verdes de la zona metropolitana de la Ciudad de México de 1940 a 1980*, Instituto de Ecología, México.

LEAN, W.

1969 *Economics of Land Use Planning: Urban and Regional*, Estates Gazette, Londres.

LEAN, W. y GOODALL, B.

1966 *Aspects of Land Economics*, Estates Gazette, Londres.

LESSINGER, J.

1962 "The case for scatteration", *Journal American Institute of Planners*, 28, Agosto.

LIZT MENDOZA, S.

1988 "Respuestas del transporte urbano en las zonas marginadas", *Grandes problemas de la Ciudad de México*, R. Benitez y J. Benigno Morelos (comps.), pp. 215-242, Plaza y Janes-DDF, México.

LOMNITZ, L.

1977 *Networks and marginality*, Academic Press, New York.

LÓPEZ, S. y CASELLES, V.

1989 "A multi-temporal study of chlorophyll A concentration in the Albufera lagoon of Valencia, Spain, using Thematic Mapper data", *International Journal of Remote Sensing*, vol. 11, pp. 301-311.

LULLA, K.

1985 "Some observations on geobotanical remote sensing and mineral prospecting", *Canadian Journal of Remote Sensing*, vol. 11, pp. 17-38.

MALISZ, B.

1961 "Implications of Threshold Theory for Urban and Regional Planning", *Journal Town Planning Institute*, 55 (3), March.

MAYER, A.

1967 *The Urgent Future: People, Housing, City, Región*, McGraw-Hill, New York.

MELIÁ, J.

1986 *Signaturas espectrales e índices de vegetación*, Burjassot, Facultatd de Ciències Físicas U. Valencia.

MESSMACHER, M.

1987 *México: Megalópolis, Evolución y dinámica de los municipios conurbados de la Ciudad de México*, SEP-Foro 2000, México.

MOSER, C.A. y SCOTT, W.

1961 *British Towns: A Statistical Study of the Social and Economic Differences*, Oliver & Boyd, Edinburgh.

MULDERS, M.A.

1987 *Remote sensing in soil science*, Elsevier, Amsterdam.

MURTHA, P. A.

1978 "Remote sensing and vegetation damage: a theory for detection and assessment", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 44, pp. 1147-1158.

NEGRETE, S. Ma. E.

1994 "Dinámica demográfica y densidad poblacional en la zona metropolitana del valle de México", *Trace: Demografía*, #26, diciembre 1994, CEMCA, México.

NIEDERBERGER, Ch.

1987 *Paléopaysages et archéologie préurbaine du Bassin de Mexico*, Centre d'études Mexicaines et Centraméricaines, dos tomos, México.

OROZCO Y BERRA, M.

1973 *Historia de la Ciudad de México*, SepSetentas, No. 112. México D.F.

PADILLA ARAGÓN, E.

1981 *México: hacia el crecimiento con distribución del ingreso*, Siglo XXI, México.

PARTIDA, V.

1987 "Proyecciones de la población de la zona metropolitana de la Ciudad de México", *El Atlas de la Ciudad de México*, G. Garza (comp.), pp. 410-414, DDF-El COLMEX, México

PUENTE, S.

1987 "Estructura industrial y participación de la zona metropolitana de la ciudad de México en el producto interno bruto", *El Atlas de la Ciudad de México*, G. Garza (comp.), pp. 92-95, DDF-El COLMEX, México.

RESTREPO, I. y PHILIPS, D.

1985 *La basura: consumo y desperdicio en el Distrito Federal*, Centro de Ecodesarrollo, 1985.

SANDERS, W. y PRICE, B.

1968 *Mesoamérica: the evolution of a civilization*, Random House, New York.

SLATER, P.N.

1980 *Remote Sensing, Optics and Optical Systems*, Readings, Addison Wesley, MA.

SOUSTELLE, J.

1956 *La vida cotidiana de los aztecas en vísperas de la conquista*, F.C.E., México.

TEICHMAN, J.

1988 *Policy making in Mexico: from boom to crisis*, Allen & Unwin, Boston.

TELLO, C.

1978 *La política económica en México, 1970-1976*, Siglo XXI, México.

THOMPSON, W. R.

1965 *A Preface to Urban Economics*, Johns Hopkins, Baltimore.

TINDAL, M.A.

1978 *Educator's guide for mission to earth: Landsat views the World*, Greenbelt, Maryland, NASA, Goddard Space Flight Center.

TREJO VÁZQUEZ, R.

1987 "La disposición de desechos sólidos urbanos", *Ciencia y Desarrollo* 74, pp. 79-90.

UNIKEL, L. y LAVELL, A.

1979 "El problema urbano regional en México", *Gaceta UNAM*, cuarta época, vol. 3, suplemento 20, de agosto, México.

VERBYLA, D.

1995 *Satellite Remote Sensing of Natural Resources*, Lewis Publisher, USA.

VARLEY, A.

1985 "Ya somos dueños." *Ejido Land Regularization and Development in México City*. Ph. D. thesis, University of London.

1987 "The relationship between tenure legalization and housing improvements: evidence from Mexico City", *Development and Change*, **18**, pp. 463-481.

VÁZQUEZ, D.

1989 "Rural-Urban Land Conversion on the Periphery of Guadalajara." en *Housing in Urban México*, Alan Gilbert (ed.), University of California, pp. 101-108.

VIDRIO, M.

1987 "El transporte de la Ciudad de México en el siglo XXI", *El Atlas de la Ciudad de México*, G. Garza (comp.), pp. 68-71, DDF-El COLMEX, México.

VILLEGAS, J.

1988 "Zona metropolitana de la Ciudad de México: localización y estructura de la actividad industrial", *Estructura territorial de la Ciudad de México*, O. Terrazas, y E. Preciat (comps.), pp. 161-188, Plaza y Janes-DDF, México.

WARD, P.

1976 "The Squatter Settlement as Slum or Housing Solutions: The Evidence from México City," *Land Economics* #52, pp. 330-346.

1989 "Political Mediation and Illegal Settlement in México City", en *Housing in Urban México*, Alan Gilbert (ed.), University of California, pp. 135-155.

1990 "México", *International handbook of housing policies and practices*, W. Van Vliet (comp.), Greenwood Press, Connecticut.

1991 *México una megaciudad. Producción y reproducción de un medio ambiente urbano*, CONACULTA-Alianza Editorial, México.

WEISS, S. F., SMITH, J. E., KAISER, E. J. y KENNEY, J. B.

1966 *Residential Developer Decision. A Focused View of the Urban Growth Process*, Center for Urban and Regional Studies, Institute for Research in Social Science, University of North Carolina, Chapel Hill.

WEISSKOFF, R. y FIGUEROA, A.

1976 "Traversing the social pyramid: a comparative review of income distribution in Latin America," *Latin American Research Review* **2**, pp. 71-112.

WELCH, R.

1980 "Monitoring Urban Population and Energy Utilization from Satellite Data". *Remote Sensing of Environment*, vol. 3, pp. 1-9.

1982 "Spatial Resolution requirements for Urban Studies", *International Journal of Remote Sensing*, vol. 3, pp. 139-146.

WIBBERLY, G.

1959 *Agriculture and Urban Growth*, Michael Joseph, Londres.